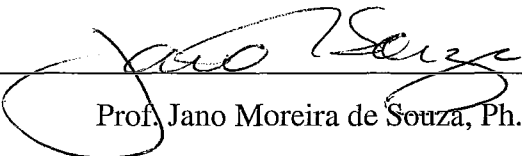


DECISIO: UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO  
AMBIENTAL


Manuel Antônio de Castro Júnior

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

  
Prof. Jano Moreira de Souza, Ph.D.

  
Prof.<sup>a</sup> Júlia Célia Mercedes Strauch, D.Sc.

  
Prof. José Palazzo Moreira de Oliveira, Dr.

  
Prof. Sérgio Palma da Justa Medeiros, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

JULHO DE 2003

JÚNIOR, MANUEL ANTÔNIO DE CASTRO

DECISIO: um Sistema de Apoio a Decisão  
para o Planejamento Ambiental

[Rio de Janeiro] 2003

XIV, 134 p., 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,  
Engenharia de Sistemas e Computação, 2003)

Tese – Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, COPPE

1. Sistemas de Apoio à Decisão
2. Planejamento Ambiental
3. CSCW
4. Sistemas de *Workflow*

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Aos professores Maria da Conceição Rainho e  
Manuel Antônio de Castro, meus pais,  
e à Dra. Flávia Silva Farah Ferreira Braga,  
minha namorada, por todo o carinho, amor e apoio.

## **Agradecimentos**

Sobretudo, a Deus, pela força que me proporciona a ultrapassar os obstáculos da vida e com quem compartilho todos os momentos de felicidade.

Ao meu orientador Jano Moreira de Souza pela grande oportunidade de elaborar e acompanhar este trabalho e à minha co-orientadora e amiga Julia Strauch pela ajuda, constante carinho e atenção.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e, conseqüentemente, ao povo brasileiro pelo apoio prestado durante a elaboração deste trabalho.

Aos professores Prof. José Palazzo e Prof. Sergio Palma por aceitarem fazer parte da banca, mesmo diante de tantos compromissos e atividades.

Aos professores da COPPE, UFF e do Colégio Pentágono, que tanto se empenharam em passar um pouco do seu conhecimento com tanta dedicação e vontade.

Ao meu irmão Marcus Langer e aos meus sobrinhos Patrick Langer e Clara Langer e suas respectivas mães Ana Cristina e Cláudia.

Aos meus novos amigos, Pablo Vieira Florentino e Jonice Oliveira pelo companheirismo, carinho e lealdade que despenderam comigo. Acredito que sem vocês, este trabalho seria muito mais difícil de ser concluído.

Aos meus antigos e fiéis amigos Érica Barollo Oliveira, Leonardo Fraga Gonçalves, Fábio Barreto, Juliana Bernardes e Lícia Paula Ancelmo, que mesmo tendo que ouvir minhas lamúrias de mestrando, continuaram ao meu lado me ajudando a lutar.

Aos amigos Daniele El-Jaick e José Chenú pela grande força e companheirismo durante o período de desenvolvimento desta dissertação.

À Renata Mendes de Araújo pela boa vontade e grande ajuda prestada no esclarecimento de algumas dúvidas.

Aos meus colegas de mestrado pelos bons momentos que tivemos durante o desenvolvimento do curso e aos colegas do projeto SPeCS pelas reuniões em grupo, o apoio e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários e professores do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação que com sua boa vontade e dedicação proveram toda a infra-estrutura necessária para o desenvolvimento deste trabalho.



A todos aqueles que, de alguma forma, prejudicaram o andamento deste trabalho. O convívio com vocês me fez aprender muito, e o resultado deste trabalho possui maior sabor de vitória.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## DECISIO: UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Manuel Antônio de Castro Júnior

Julho / 2003

Orientador: Jano Moreira de Souza

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

A necessidade de se utilizar racionalmente os recursos naturais tem destacado a importância da atividade de planejamento ambiental nos últimos anos. O gerenciamento de recursos naturais é uma atividade que se torna cada vez mais comum nas empresas no intuito de melhor explorar esses recursos e garantir a preservação do meio ambiente. As principais características do planejamento ambiental são a multidisciplinaridade, a singularidade dos problemas a serem resolvidos e a associação a uma grande quantidade de dados e informações georeferenciados. Para apoiar este tipo de atividade, é comum a utilização de Sistemas de Apoio à Decisão. Nesse contexto, surgiu a proposta do Sistema de Apoio à Decisão Ambiental DECISIO, que tem como principal finalidade apoiar as atividades decisórias em projetos de planejamento ambiental. Seu principal objetivo é fornecer um ambiente onde os diferentes profissionais envolvidos no planejamento ambiental possam executar atividades colaborativamente e todos os recursos necessários a estas atividades sejam providos. Para tanto, o sistema permite a coordenação do processo através de um sistema de *Workflow*, provê ferramentas de auxílio ao trabalho em grupo para facilitar a interação entre os profissionais e possibilita a criação de um ambiente onde os conhecimentos gerados possam ser capturados, facilitando a constituição da memória organizacional de processos ambientais.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

DECISIO: A COLLABORATIVE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR  
ENVIRONMENTAL PLANNING

Manuel Antônio de Castro Júnior

July / 2003

Advisor: Jano Moreira de Souza

Department: Computer and Systems Engineering

The need for rational usage of natural resources has increased the importance of environmental planning activities in recent years. Natural resource management is an activity that has become common in organizations, which want to better explore these resources while guaranteeing environmental preservation. Important characteristics of environmental planning are multidisciplinary, uniqueness of problems being addressed and large amount of geo-referenced data and information. The use of decision support systems to support this type of activity is common. In this context, we propose the DECISIO Environmental Decision Support System, which has as its main objective the support of decision making activities in environmental planning projects. DECISIO is an environment where different professionals involved in environmental planning may collaboratively execute activities and all resources necessary to these activities are provided. To achieve this, the system allows the coordination of the process through a workflow system, provides cooperative work tools to facilitate interaction between professionals and enable the creation of an environment where generated knowledge may be captured, making it easy to build an organizational memory for environmental processes.

# Sumário

Agradecimentos .....	iv
Sumário .....	viii
Lista de Figuras.....	xii
Lista de Tabelas .....	xiv
Capítulo 1 – Introdução .....	15
1.1 – Motivação .....	15
1.2 – Objetivos.....	16
1.3 – Contexto.....	18
1.4 – Organização da Dissertação.....	19
Capítulo 2 – Revisão da Literatura .....	21
2.1 – Planejamento Ambiental.....	21
2.2 – Decisão Espacial Colaborativa .....	24
2.2.1 – Tomada de decisão .....	24
2.2.2 – Classificação das Decisões .....	25
2.2.3 – Modelos de Decisão.....	27
2.2.3.1 – Modelo Racional.....	28
2.2.3.2 – Modelo Político .....	29
2.2.3.3 – Modelo Processual.....	30
2.2.3.4 – Modelo Ambíguo.....	31
2.2.4 – O Processo Decisório.....	31
2.2.4.1 – Inteligência .....	32
2.2.4.2 – Projeto.....	34
2.2.4.3 – Escolha.....	36
2.2.4.4 – Implementação.....	37
2.2.5 – Decisão com Múltiplos Critérios .....	37
2.2.6 – Estratégias de Decisão .....	39
2.2.6.1 – Otimização .....	39
2.2.6.2 – Satisfação .....	39
2.2.6.3 – Eliminação através da análise de um aspecto .....	40
2.2.6.4 – Incremental .....	41
2.2.6.5 – Varredura mista .....	41

2.2.6.6 – Processo Analítico Hierárquico .....	41
2.2.7 – Decisão sob Certeza e Incerteza .....	43
2.2.8 – Decisão em Grupo .....	44
2.2.9 – Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) .....	46
2.2.9.1 – Classificação de um SAD .....	47
2.2.10 – Sistema de Apoio à Decisão em Grupo (SADG).....	48
2.2.11 – Sistema de Apoio à Decisão Ambiental .....	48
2.3 – Gestão de Conhecimento .....	51
2.3.1 – Conhecimento .....	51
2.3.2 – Gestão do conhecimento .....	52
2.3.3 – Tecnologia da Informação na Gestão do Conhecimento .....	55
2.3.4 – Memória Organizacional .....	55
2.3.5 – Aprendizado Organizacional .....	56
2.3.6 – Gerência de Conhecimento no Processo Decisório .....	57
2.4 – CSCW e <i>Workflow</i> como tecnologias de apoio à decisão .....	61
2.4.1 – CSCW e <i>Groupware</i> .....	61
2.4.1.1 – Classificações de <i>Groupware</i> .....	62
2.4.1.2 – Salas de Reunião Eletrônica .....	63
2.4.1.3 – Coordenação do trabalho .....	64
2.4.2 – <i>Workflow</i> .....	65
2.4.3 – <i>Workflow</i> e o Processo Decisório .....	69
Capítulo 3 – DECISIO .....	72
3.1 – O projeto SPeCS .....	72
3.1.1 – DECISIO - Apoio à Decisão Colaborativa .....	73
3.1.2 – EPISTHEME - Gestão do Conhecimento.....	74
3.1.3 – DOC - Gerência de Documento e Conteúdo .....	74
3.1.4 – BOE - Gerência de Experimentos Científicos .....	74
3.1.5 – X-ARC - Integração de Dados.....	75
3.2 – DECISIO – Apoiando Decisões .....	76
3.2.1 – Apoiando Decisões no Planejamento Ambiental .....	77
3.2.2 – Principais características propostas pelo DECISIO.....	78
3.2.3 – Definição e Execução de Processos.....	80
3.2.4 – Casos Decisórios Passados .....	83
3.2.5 – Planejamento e Acompanhamento da Decisão.....	86

3.2.6 – Reunião Eletrônica.....	87
3.2.7 – Geração de Idéias (Brainstorm).....	88
3.2.8 – Análise de Alternativas.....	89
3.2.9 – Votação.....	90
3.2.10 – Classificação.....	91
3.2.11 – Avaliação.....	91
3.2.12 – Integração com outros módulos do projeto SPeCS.....	92
3.2.12.1 – Integração do DECISIO com o EPISTHEME.....	92
3.2.12.2 – Integração do DECISIO com o DOC.....	92
3.2.12.3 – Integração do DECISIO com o BOE.....	92
3.2.12.4 – Integração do DECISIO com o X-ARC.....	93
3.2.13 – Atividades Decisórias Apoiadas.....	93
3.2.14 – Conhecimento no Processo Decisório.....	94
3.3 – Implementação do Protótipo.....	96
3.3.1 – Definição e Execução de Processos.....	98
3.3.2 – Casos Decisórios Passados.....	99
3.3.3 – Reunião Eletrônica.....	99
3.3.4 – Geração de Idéias ( <i>Brainstorm</i> ).....	100
3.3.5 – Análise de Alternativas.....	100
3.3.6 – Planejamento da Decisão, Votação, Classificação e Avaliação ...	101
Capítulo 4 – Estudo de Caso.....	103
4.1 – O Projeto AgroMet.....	103
4.2 – Zoneamento Agro-Climático.....	105
4.3 – Principais dificuldades.....	107
4.4 – Aplicação do DECISIO na Melhoria do Processo.....	109
Capítulo 5 – Conclusões.....	112
5.1 – Contribuições.....	113
5.2 – Trabalhos Futuros.....	114
Referências Bibliográficas.....	115
APÊNDICE A – Sistemas de Informação Geográfica.....	122
Principais Conceitos de um Sistema de Informação Geográfica.....	122
Entrada de Dados.....	123
Saída de Dados.....	124
Camadas de dados.....	125

Manipulação e Análise de Dados .....	126
APÊNDICE B – Casos de Uso .....	128
APÊNDICE C – Diagramas de Classe do Workflow .....	129
APÊNDICE D – Esquemas Lógicos de Banco de Dados.....	130

## Lista de Figuras

Figura 1- Arquitetura SPeCS (MEDEIROS, 2002).....	18
Figura 2 - Classificações de um processo decisório quanto a estruturação (adaptado de (TURBAN & ARONSON, 2001)) .....	27
Figura 3- Modelos de decisão (adaptado de(SHIMIZU, 2001)) .....	28
Figura 4-Modelo do processo de tomada de decisão (Adaptado de (MARAKAS, 1998)) .....	32
Figura 5 - Certeza e incerteza na tomada de decisão (adaptado de (TURBAN & ARONSON, 2001)) .....	43
Figura 6-Ambiente de tomada de decisão em grupo utilizando dados espaciais .....	50
Figura 7-Dado, informação e conhecimento .....	52
Figura 8-Processos de criação do conhecimento (adaptado de (BOLLOJU, KHALIFA et al., 2002)).....	54
Figura 9-Processos de criação de conhecimento envolvidos no processo decisório.....	59
Figura 10-Processos de criação de conhecimento envolvidos na reunião decisória .....	60
Figura 11-Classificação de <i>Groupware</i> (Adaptado de (ELLIS, GIBBS et al., 1991))..	63
Figura 12-Classificação de Sistemas de <i>Workflow</i> .....	68
Figura 13-Comparação da classificação de Sistemas de <i>Workflow</i> e Processos Decisórios .....	70
Figura 14 - Arquitetura de desenvolvimento do projeto SPeCS .....	73
Figura 15 - Exemplo de dados gerados pelo XArc.....	75
Figura 16 - Arquitetura DECISIO .....	80
Figura 17 - Definição x Execução de Processos.....	82
Figura 18 – Execução de uma tarefa no Sistema de Workflow do Decísio .....	83
Figura 19 - Ciclo básico de processamento em CBR(adaptado de (KOLDNER & JONA, 1991)) .....	84
Figura 20 - Sistema de Reunião Eletrônica no Decísio .....	88
Figura 21 – Estabelecimento de Hierarquia de decisão no DECISIO .....	89
Figura 22 - Análise comparativa pareada de critérios no Decísio .....	90
Figura 23 - Ferramentas do DECISIO no processo decisório .....	93
Figura 24 - Conversão de conhecimento através das ferramentas do DECISIO.....	96
Figura 25 - Arquitetura de Sistema do DECISIO.....	97



Figura 26 - Arquitetura de Funcionamento da Máquina de <i>Workflow</i> .....	99
Figura 27 - Arquitetura de funcionamento do Sistema de Reunião Eletrônica.....	100
Figura 28 - Arquitetura de Funcionamento dos demais módulos.....	101
Figura 29 - Visualização de Dados Espaciais para georeferenciamento .....	101
Figura 30 - Fluxograma do Processo de Zoneamento Agro-Climático.....	106
Figura 31-Componentes de um SIG .....	123
Figura 32-Formato Vetorial x Matricial .....	125
Figura 33 – Diagrama de Casos de uso da utilização do sistema .....	128
Figura 34 – Diagrama de Casos de uso de configuração do sistema.....	128
Figura 35 - Diagrama de Classes do Pacote Workflow.....	129
Figura 36 - Esquema lógico do Sistema de Workflow .....	131
Figura 37 - Esquema lógico do Planejamento e Acompanhamento da Decisão .....	132
Figura 38 - Esquema lógico do módulo de Avaliação .....	133
Figura 39 - Esquema lógico do módulo de Votação .....	134

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Comparação MODM x MADM (adaptado de (MALACZEWSKI, 1999))..	38
Tabela 2-Comparação das estratégias de decisão Otimização x Satisfação .....	40
Tabela 3-Intensidade de comparação do método AHP .....	42
Tabela 4 - Conversão de conhecimento através das ferramentas do DECISIO no processo decisório .....	95
Tabela 5 - Ferramentas do DECISIO no processo de zoneamento agro-Climático .....	109

# Capítulo 1 – Introdução

## 1.1 – Motivação

A necessidade de se utilizar racionalmente os recursos naturais tem destacado a importância da atividade de planejamento ambiental nos últimos anos. Inicialmente restrita a questões ecológicas e relativa a problemas em nível global, a atividade de planejamento ambiental cobre hoje diferentes aspectos e pode ser encontrada em múltiplas escalas, desde o nível de região urbana e rural até o nível global.

O gerenciamento de recursos naturais, como por exemplo, a definição de zonas ou territórios para fins específicos, a avaliação de elementos que compõem o meio, a análise de fatos dentro de uma abrangência temporal, o relacionamento de fatos ou a elaboração de prognósticos e de alternativas de ação são atividades que se tornam cada vez mais comuns nas empresas no intuito de melhor explorar esses recursos e garantir a preservação do meio ambiente.

O planejamento ambiental é uma atividade multidimensional e multidisciplinar que incorpora fatores sociais, econômicos, políticos, geográficos e técnicos, na qual pode ser agregada uma grande variedade de especialistas como biólogos, químicos, ecólogos, geólogos, geógrafos, hidrólogos, especialistas em clima, usualmente trabalhando em lugares distintos (CAVALCANTI, MATTOSO et al., 2000). Além de especialistas eminentemente técnicos, o planejamento ambiental também conta com a participação de diretores de corporações, representantes governamentais e seus agentes, líderes de instituições, principalmente em fases que incluem tomadas de decisões.

Outro fator relevante encontrado nessa área de estudo é a singularidade dos problemas a serem resolvidos, ou seja, raramente os problemas se repetem, o que dificulta a reutilização de soluções.

Estas características tornam a tomada de decisão no planejamento ambiental um processo complexo. Além disso, a tomada de decisão nesse contexto está relacionada a uma grande quantidade de dados e informações que devem ser georeferenciados, ou seja, devem incluir informações acerca de sua localização na superfície terrestre.

Para tanto, os Sistemas de Planejamento Ambiental devem apoiar a visualização fácil e intuitiva dos dados georeferenciados e fornecer ferramentas de análise sobre esses dados, permitindo coletar, armazenar e recuperar informações baseadas em sua

localização espacial e explorar relações entre conjunto de dados espaciais. Essas características geralmente são fornecidas por Sistemas de Informação Geográfica.

Ademais, é necessário fornecer ferramentas que permitam a coordenação, a colaboração entre participantes do processo de planejamento e a documentação das etapas do processo de planejamento em suas fases de decisão e monitoramento da solução implantada, tendo em vista que os participantes do processo de planejamento podem estar geograficamente distribuídos.

Para apoiar este tipo de atividade, é comum a utilização de Sistemas de Apoio à Decisão, que nesse contexto podem ser denominados de Sistemas de Apoio à Decisão Ambiental (*Environmental Decision Support Systems - EDSS*) ou Sistemas de Apoio à Decisão Espacial (*Spatial Decision Support System- EDSS*), que podem ser definidas como ferramentas que fornecem interfaces e pacotes específicos de software que facilitam a interação do usuário com modelos de análise e dados para gerar e avaliar alternativas nos domínios ambiental e espacial.

## **1.2 – Objetivos**

Nesse contexto, surgiu a proposta do Sistema de Apoio à Decisão Ambiental DECISIO, que tem como principal finalidade apoiar as atividades decisórias em projetos de planejamento ambiental.

Esse sistema foi então concebido para prover auxílio aos profissionais envolvidos na tomada de decisão levando em consideração as principais características da atividade de aplicação: a singularidade dos problemas decisórios tratados e a multidisciplinaridade envolvida nos processos de escolha da solução.

Assim, o principal objetivo desta proposta é fornecer um ambiente onde os diferentes profissionais envolvidos no planejamento ambiental possam executar atividades colaborativamente e todos os recursos necessários a estas atividades sejam providos.

Para tanto, são fornecidos meios para que os tomadores de decisão, no caso os especialistas em cada área de atuação, estruturem o processo decisório utilizando a metodologia de decisão mais apropriada para o caso em questão e interajam com a finalidade de escolher a solução mais adequada.

O sistema fornece ferramentas de apoio à colaboração, que permitem acesso a dados espaciais e georeferenciamento das informações trocadas. Isto torna possível a centralização de todo o processo decisório e provê um meio de comunicação para os

especialistas discutirem temas relevantes para alcançar a solução para o problema decisório. Exemplos destas ferramentas são o sistema de reunião eletrônica, o sistema de discussão por tópicos e sistema de votação.

O processo decisório pode ser planejado através de ferramenta própria. Dados, documentos e conhecimentos relevantes para a tomada de decisão são registrados, bem como todas as informações necessárias para a tomada de decisão. Além disso, para auxiliar na construção do modelo de decisão a ser adotado, é possível efetuar buscas por casos decisórios passados similares.

Este trabalho também possui como enfoque o tratamento adequado de todo o conhecimento gerado e utilizado durante processo decisório. Esta estratégia se revela relevante porque, quanto maior o conhecimento do tomador de decisão acerca de aspectos relacionados ao problema decisório, maior é a certeza das conseqüências que cada alternativa pode ter durante o processo de escolha. Desta maneira, um estudo é realizado sobre as conversões de conhecimento envolvidas no processo decisório colaborativo com base em trabalhos sobre gestão do conhecimento em processos decisórios encontrados na literatura.

O DECISIO emprega as tecnologias de sistemas de *Workflow*, trabalho em grupo e gestão do conhecimento para prover o apoio necessário ao processo decisório ambiental. A ferramenta de *Workflow* permite que o sistema seja flexível para ser empregado em diferentes projetos ambientais, se adaptando às necessidades correntes do ambiente aplicado. As ferramentas de trabalho em grupo permitem a colaboração entre os profissionais envolvidos no processo decisório. Por fim, ferramentas de gestão do conhecimento são utilizadas para prover conhecimento sobre o problema decisório e capturar o conhecimento gerado na tomada de decisão.

O Sistema de Apoio à Decisão proposto utiliza sistemas de *Workflow* para modelar processos decisórios e, com isso, obter as facilidades de coordenação do trabalho dos diferentes grupos envolvidos na tomada de decisão, permitindo também a documentação destes processos e facilitando a criação da memória organizacional de projetos ambientais.

O sistema está sendo desenvolvido em plataforma *web*, facilitando assim o acesso a este por parte dos especialistas geograficamente distribuídos.

### 1.3 – Contexto

A DECISIO está inserido no contexto do ambiente de apoio à decisão colaborativa SPeCS (*Spatial Decision Collaborative Support*)(MEDEIROS, 2002; MEDEIROS, SOUZA et al., 2001; MEDEIROS, STRAUCH et al., 2000), desenvolvido pela COPPE para aplicação no projeto de preservação da Mata Atlântica de Porto Seguro da Embrapa Solos como um meio de fornecer auxílio aos especialistas desta instituição a gerar relatórios de aptidão agrícola das regiões em estudo.

Para tanto, o ambiente emprega noções de trabalho colaborativo, apoio à decisão, gestão do conhecimento, gerência de experimentos científicos, gestão de documentos e conteúdos e integração de dados para fornecer auxílio computacional ao processo de elaboração dos relatórios, conforme em sua arquitetura, ilustrada na Figura 1.

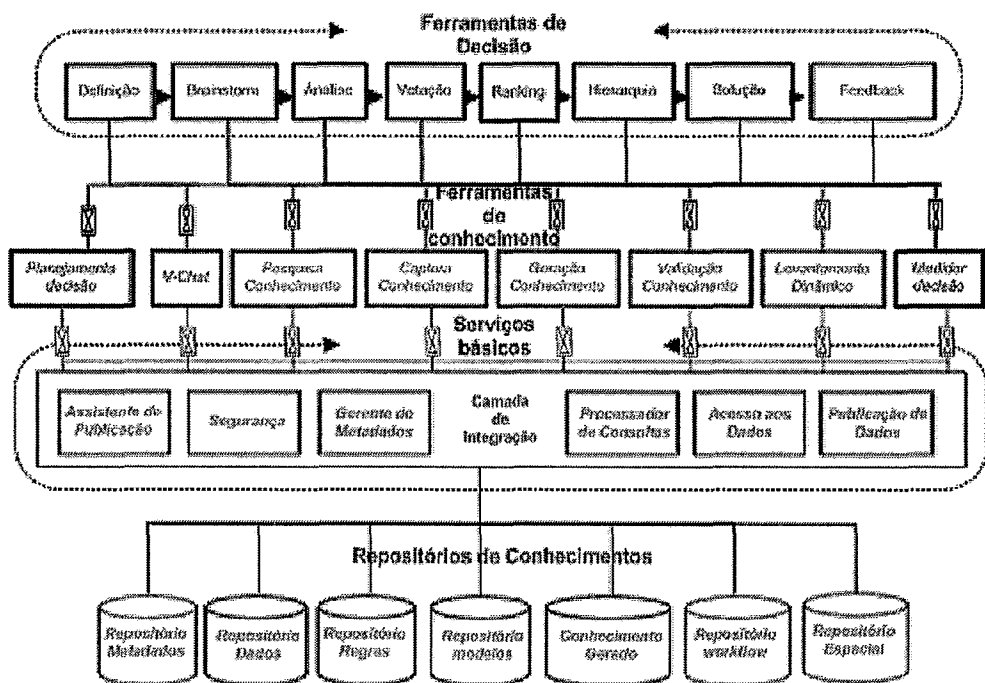


Figura 1- Arquitetura SPeCS (MEDEIROS, 2002)

A arquitetura do SPeCS é composta de quatro camadas principais, a camada de Ferramentas de Decisão, a camada de Ferramentas de Conhecimento, a camada de Integração de Dados e os Repositórios de Conhecimento do sistema.

Na primeira camada, de decisão, estão contempladas as ferramentas de apoio à decisão colaborativa. Nela são encontradas ferramentas para coordenação do processo decisório, para resolução de conflitos, argumentação georeferenciada e avaliação.

Na segunda camada, de conhecimento, são especificadas as ferramentas para controle de experimentos científicos, que visam controlar e otimizar a realização de experimentos e as ferramentas de gestão do conhecimento, onde são disponibilizados conhecimentos relativos ao contexto da decisão que está sendo tomada são especificadas.

A terceira camada representa a integração de dados, que tem como objetivo prover mediadores que permitam o acesso a fontes de dados ambientais heterogêneas e distribuídas.

A última camada, de repositórios de conhecimento, é representada por bancos de dados e documentos onde metadados, dados, modelos, conhecimentos e fluxos de trabalho são armazenados.

Este ambiente está sendo desenvolvido atualmente pela linha de Banco de Dados da COPPE. Este desenvolvimento está dividido em quatro sub-sistemas principais. O DECISIO, tema desta dissertação, desenvolve a primeira camada, de apoio à decisão. O EPISTHEME(OLIVEIRA, SOUZA et al., 2002c) contempla as ferramentas de conhecimento. O BOE (*Bill of Experiments*), que tem como objetivo gerenciar experimentos científicos. O X-ARC, que provê a camada de integração de dados (PINTO, SOUZA et al., 2002). Posteriormente ao desenvolvimento da arquitetura, uma nova camada foi adicionada, de gerência de documentos, desenvolvida através do sub-sistema Doc.

Atualmente, todo o ambiente composto pelos sub-sistemas desenvolvidos estão sendo aplicados ao âmbito agrometeorológico em processos de zoneamento agroclimáticos em uma parceria da Embrapa Solos com a COPPE através do projeto AgroMet.

## **1.4 – Organização da Dissertação**

Os estudos e análises realizados no desenvolvimento desta dissertação foram organizados em quatro capítulos, como se segue.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura a respeito dos temas relacionados com esta pesquisa. Primeiramente são detalhados os principais aspectos relacionados ao Planejamento Ambiental. A seguir, são estudados os conceitos básicos acerca dos Sistemas de Informação Geográfica. Por conseguinte, os principais conceitos de Sistemas de Apoio a Decisão são analisados como ferramentas de auxílio ao Planejamento Ambiental. Por fim, as tecnologias de Gestão do Conhecimento, trabalho

cooperativo apoiado por computador (*Computer Supported Cooperative Work*) e *Workflow*, empregadas no desenvolvimento da solução proposta são estudadas.

A proposta deste trabalho, um sistema de apoio à decisão para o planejamento ambiental, é apresentada no Capítulo 3. Inicialmente, a arquitetura na qual o sistema foi baseado, SPeCS é detalhada, bem como o projeto, homônimo à arquitetura, no qual o sistema está integrado. A seguir o sistema é apresentado, com suas arquitetura e módulos de desenvolvimento, assim como os detalhes de implementação.

No Capítulo 4, é feito um estudo de caso através da aplicação na área de agrometeorologia da Embrapa Solos, por meio do projeto AgroMet. Inicialmente, as atividades constantes do processo de Zoneamento Agro-Climático são detalhadas. A seguir, as dificuldades encontradas na execução destas atividades são estudadas. Por fim, é analisada a aplicação do sistema proposto na melhoria desse processo.

O epílogo deste trabalho é apresentado no Capítulo 5, onde são reportadas as conclusões gerais e as contribuições desta dissertação, bem como algumas indicações para trabalhos futuros.



## Capítulo 2 – Revisão da Literatura

Este capítulo introduz os conceitos básicos ao entendimento desta dissertação. Primeiramente, o planejamento ambiental é apresentado, com suas principais necessidades. A seguir, as tecnologias de apoio necessárias para o planejamento ambiental são estudadas. Primeiramente, o processo decisório espacial é detalhado, abordando seus principais conceitos e como este processo pode ser apoiado por um sistema computacional. Por conseguinte, é feito um estudo de como o conhecimento gerado no processo de planejamento pode ser identificado, validado e armazenado, bem como a base de dados pode auxiliar nas decisões correntes no processo decisório. Por fim, com a finalidade de apoiar a coordenação e a colaboração de processos de planejamento ambiental, são pesquisadas as tecnologias de *Workflow* e suporte por computador ao trabalho cooperativo (CSCW – *Computer Supported Cooperative Work*).

### 2.1 – Planejamento Ambiental

O uso de planejamento para obter decisões sobre a melhor utilização de recursos naturais já era comum no início do século. No entanto, uma visão um pouco diferenciada de planejamento surgiu nos Estados Unidos, na década de 50, quando a principal preocupação era a necessidade de se avaliarem os impactos ambientais resultantes de grandes obras estatais.

Nos anos 70 e início dos anos 80, a preservação dos recursos naturais e o papel do homem integrado ao meio passaram a ter uma maior importância na discussão da qualidade de vida da população. Nessa época, os conceitos de planejamento sofreram uma reformulação, onde a questão ambiental é amplamente contemplada.

O planejamento ambiental está intimamente relacionado ao gerenciamento de recursos naturais, das quais podem ser citadas como exemplo as seguintes atividades (SANTOS, CARVALHAIS *et al.*, 1997):

- Definir zonas ou territórios, de modo a:
  - Zonear territórios de acordo com regras pré-estabelecidas;
  - Identificar áreas de proteção, de refúgios ou habitat exclusivos;
  - Selecionar áreas de pastagem.
- Avaliar elementos que compõem o meio, tais como:
  - Apresentar dados temáticos de forma espacial;

- Representar e gerar classificações de florestas;
- Definir estabilidades de encosta.
- Analisar fatos dentro de uma abrangência temporal, como:
  - Representar a história da dinâmica do uso da terra;
  - Avaliar a dinâmica histórica regional;
  - Mapear vocações territoriais e impactos ambientais temporais.
- Relacionar fatos, tais como:
  - Avaliar a dinâmica do uso da terra em relação à declividade e altitude;
  - Interpretar áreas de plantio em relação ao clima, solo e declividade.
- Elaborar prognósticos de modo a:
  - Determinar possíveis causas de impacto e predizer futuras conseqüências ambientais;
  - Medir e inferir sobre a qualidade dos recursos naturais.
- Elaborar alternativas de ação tais como:
  - Elaborar planos de reflorestamento;
  - Obter alternativas para manejo de recursos;
  - Monitorar o ambiente, como controle do fogo ou propagação de desertificação.

Dessa forma, o planejamento ambiental pode ser definido como o iniciar e executar atividades para dirigir e controlar a coleta, a transformação, a distribuição e a disposição dos recursos sob uma maneira capaz de sustentar as atividades humanas com um mínimo de distúrbios nos processos físicos, ecológicos e sociais. A abordagem integradora combinando o crescimento econômico e a manutenção das potencialidades ambientais surge como amplo desafio aos pesquisadores e políticos. Uma tarefa relevante é estruturar uma concepção na qual os objetivos das propostas de conservação dos recursos naturais não sejam consideradas como necessariamente contraditórias às metas de desenvolvimento (CHRISTOFOLETTI, 1999).

O desafio consiste no conhecimento cada vez mais preciso dos sistemas econômicos, ecológicos e geográficos, em torno de suas estruturações e funcionamento, e na interação destes sistemas nas escalas global e regional. Para apoiar decisões nesse ambiente complexo, o planejamento ambiental deve ser uma atividade multidimensional

e multidisciplinar que incorpora fatores sociais, econômicos, políticos, geográficos e técnicos (WRIGHT, WIGGINS et al., 1993).

Com isso, é necessário agregar uma grande variedade de especialistas como biólogos, químicos, ecólogos, geólogos, geógrafos, hidrólogos, especialistas em clima, usualmente trabalhando em lugares distintos (CAVALCANTI, MATTOSO et al., 2000). Além de especialistas eminentemente técnicos, o planejamento ambiental conta também com a participação de diretores de corporações, representantes governamentais e seus agentes, líderes de instituições, principalmente em fases que incluem tomadas de decisões.

Em geral, planejadores profissionais atuam na qualidade de consultores técnicos dos tomadores de decisão, fornecendo dados, definindo direções alternativas de ações, prevendo impactos e estruturando estratégias para a implementação de planos formais (MARSH, 1997).

Planejamentos ambientais são elaborados como sistemas estruturados que envolvem etapas distintas. Estas etapas, bem como o conjunto de métodos adotados depende, em muito, do tipo de planejamento ambiental que se está objetivando. No entanto, independentemente dos objetivos do planejamento, é comum a utilização de uma exaustiva coleção de dados ambientais, que são manuseados entre as etapas de diagnóstico e seleção de alternativas, ou seja, aquelas que utilizam métodos que envolvem análise espacial e modelos de processos.

A tomada de decisão no planejamento ambiental não pode ser vista como um processo simples, já que além de estarem relacionadas a uma grande quantidade de dados e informações, estas devem ser georeferenciadas, ou seja, incluem informações acerca de sua localização na superfície terrestre. Além disso, o caráter multidisciplinar deste tipo de atividade implica em um maior grau de complexidade, já que objetivos conflitantes podem estar em jogo.

Nesse intuito, o sistema de Planejamento Ambiental deve permitir a visualização fácil e intuitiva dos dados georeferenciados e fornecer ferramentas de análise sobre esses dados, características que são fornecidas por um Sistema de Informação Geográfica. Tendo em vista que o planejamento ambiental envolve múltiplas disciplinas, é necessário fornecer ferramentas que permitam a coordenação, a colaboração entre participantes do processo de planejamento e a documentação das etapas do processo de planejamento em suas fases de decisão e monitoramento da solução implantada.

Para isto, se faz necessário o uso de Sistemas de Apoio à Decisão, que nesse contexto podem ser denominados de Sistemas de Apoio à Decisão Ambiental (*Environmental Decision Support Systems - EDSS*) ou Sistemas de Apoio à Decisão Espacial (*Spatial Decision Support System- EDSS*), que podem ser definidas como ferramentas que fornecem interfaces e pacotes específicos de software que facilitam a interação do usuário com modelos de análise e dados para gerar e avaliar alternativas nos domínios ambiental e espacial.

## **2.2 – Decisão Espacial Colaborativa**

Neste capítulo, serão apresentados os principais aspectos relacionados ao processo de tomada de decisão, como por exemplo, as suas diferentes classificações, modelagem e sistemas de apoio.

### **2.2.1 – Tomada de decisão**

A decisão é o ato de escolher dentre cursos de ação alternativos com o propósito de atender a um ou mais objetivos (TURBAN & ARONSON, 2001). A tomada de decisão pode ainda ser definida como uma atividade cognitiva envolvendo a interação de aspectos relacionados ao ambiente e processos cognitivos humanos, culminando na seleção de uma ou mais escolhas de ação possíveis.

SPRADLIN (1997) define análise de decisão como sendo uma forma estruturada de pensar sobre como as ações tomadas na decisão corrente podem levar a algum resultado. Três aspectos são identificados: a decisão a ser tomada, eventos incertos e desconhecidos que podem afetar o resultado, e o resultado em si. São construídos modelos, representações lógicas e matemáticas dos relacionamentos entre estes três aspectos da situação de decisão. Os modelos permitem que o tomador de decisão estime as possíveis implicações de cada curso de ação que poderia ser seguido, proporcionando melhor compreensão do relacionamento entre suas ações e seus objetivos.

Em muitos casos os conceitos de se tomar uma decisão ou de se resolver um problema são utilizados indistintamente, já que, normalmente, uma decisão tende a resolver algum impasse sistêmico identificado. Este trabalho utilizará indistintamente os dois conceitos, não diferenciando os termos “tomar uma decisão” e “resolver um problema”.

O ato de decidir pode envolver a aquisição de conhecimento quanto ao problema tratado, a criação de um modelo formal simplificado que represente o mundo real para a

avaliação, a formulação de soluções alternativas e critérios para avaliação destas alternativas. Além disso, os tomadores de decisão podem ter que levar em conta o risco quanto ao grau de incerteza sobre o assunto estudado e a possibilidade de ocorrência de diferentes cenários de aplicação.

Nesse sentido, o apoio às atividades constantes em um processo decisório é de grande valia, já que um bom desempenho destas atividades pode aumentar a efetividade e a eficiência do processo decisório. Um exemplo seria a aquisição de dados necessária à tomada da decisão. Se o tomador de decisão tem a sua disposição uma quantidade muito grande de dados, ele perderá muito tempo eliminando o excesso de dados que não são relevantes ao problema tratado. Por outro lado, a falta de dados sobre o problema pode levar a uma má formulação deste e das alternativas de solução. Com isso, torna-se necessário apoiar a atividade de obtenção e análise de dados e conhecimento relacionados ao problema decisório quando este exige este tipo de atividade.

Nos próximos tópicos, a tomada de decisão será classificada e analisada para um melhor entendimento de como o apoio a essa atividade pode ser dado, sobretudo quanto a sua aplicação no planejamento ambiental.

### **2.2.2 – Classificação das Decisões**

Na literatura, existem diversas taxonomias para decisões. A seguir, algumas dessas classificações serão detalhadas e, por final, a taxonomia mais amplamente aceita e utilizada, introduzida por SIMON (1960) é explicada com maiores detalhes.

ANTHONY (1965) define três amplas categorias que abrangem todas as atividades administrativas:

- Planejamento estratégico: decisões onde são definidos objetivos de longo prazo e estabelecidas políticas de alocação de recursos;
- Controle gerencial: decisões onde a aquisição e o uso eficiente de recursos são feitos no cumprimento de objetivos organizacionais;
- Controle operacional: tarefas específicas são executadas eficiente e efetivamente.

Segundo a taxonomia de DELBECQ (1967), baseada na negociação, as decisões podem ser divididas em três grupos:

- Decisões rotineiras: os tomadores de decisão são claros nos objetivos, na política, procedimentos e tecnologias que existem para alcançar sua meta;

- Decisões criativas: São decisões tomadas sobre problemas complexos. Devido ao conhecimento incompleto ou falta de uma estratégia definida, o resultado é incerto;
- Decisões negociadas: há conflitos em metas ou abordagens para a decisão em questão. Assim, as partes opositoras devem se confrontar com o objetivo de resolver as diferenças de opinião. Nesse caso, o mediador pode não ser um tomador de decisão, e sim um participante no processo decisório.

Na classificação proposta por MINTZBERG (1973), as decisões são focadas na atividade na qual a decisão está associada. São elas:

- Atividades empresariais: esse tipo de decisão está geralmente caracterizado por altos níveis de incerteza. A seleção das alternativas é motivada por considerações pró-ativas e estão tipicamente focadas no crescimento em curto prazo e problemas de longo prazo;
- Atividades adaptativas: também caracterizadas por altos níveis de incerteza, esse tipo de decisão é focada em problemas de curto prazo;
- Atividades de planejamento: as decisões são motivadas por considerações pró-ativas e reativas, com alto risco. O foco está no crescimento e na eficiência em longo prazo.

Segundo a classificação de SIMON (1960), os processos decisórios podem ser classificados sob o enfoque do seu nível de organização, variando de estruturados a não-estruturados, passando pela categoria de semi-estruturados. A Figura 2 ilustra a variação da classificação quanto à estruturação da decisão e, a seguir, essas classificações são definidas:

- Estruturada ou Programada: o seu processo é conhecido, rotineiro e repetitivo e podem ter um procedimento definido para tratá-las, podendo ser programado após o domínio de seu comportamento. São representados pelo hábito e pelos procedimentos operacionais dentro de uma empresa. Esses procedimentos são programações formais, escritas e documentadas;
- Semi-Estruturada: está relacionada a operações bem conhecidas, mas que contêm alguns fatores ou critérios variáveis que podem influir no resultado final da operação comandada pela decisão;
- Não-Estruturadas ou Não-Programados: são decisões novas, não estruturadas. Não existe um método pronto para tratar do problema porque ele não foi

estudado antes. As decisões são mais complexas, já que são situações que possuem características bastante particulares, e não possuem fórmulas pré-definidas para solucioná-las. Pode ser executada uma única vez e nunca mais voltar a ser necessária. Normalmente, está associada a situações emergentes, novas, únicas, cujo conhecimento é de difícil obtenção. Nesta classe de problemas, tanto os cenários, como os critérios que norteiam a decisão não estão fixados ou conhecidos a priori. Seu processo pode ser melhorado através de treinamento em pensamento ordenado e técnicas de análise.

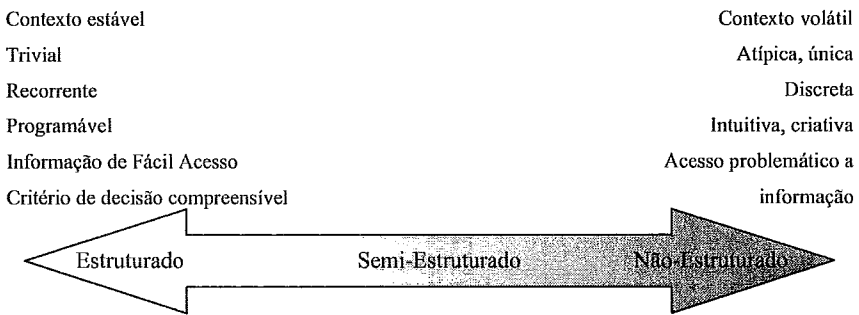


Figura 2 - Classificações de um processo decisório quanto a estruturação (adaptado de (TURBAN & ARONSON, 2001))

### 2.2.3 – Modelos de Decisão

Um processo decisório pode ser enxergado de várias perspectivas de entendimento, que correspondem às diversas correntes de estudo sobre a decisão. A seguir, será apresentada uma breve descrição dos modelos de decisão encontrados na literatura. Estes quatro grupos de modelos, ilustrados na Figura 3, são o racional, político, processual e ambíguo, cada um com suas próprias suposições e implicações.

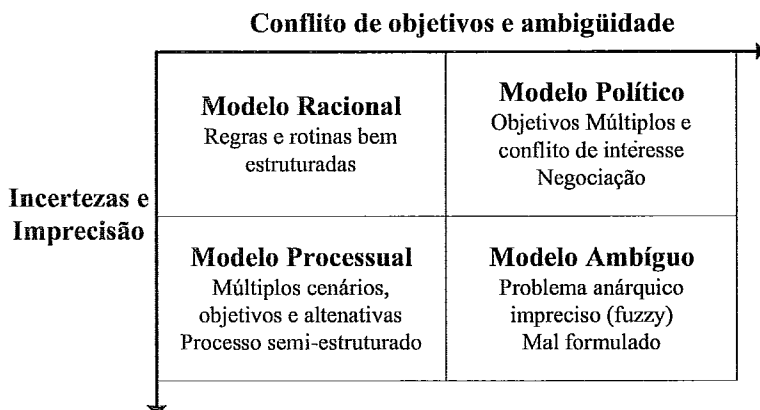


Figura 3- Modelos de decisão (adaptado de(SHIMIZU, 2001))

### 2.2.3.1 – Modelo Racional

O modelo Racional é baseado em uma visão econômica da tomada de decisão, onde os objetivos, as metas, as alternativas, as conseqüências e a busca de um resultado ótimo são o seu fundamento (MARAKAS, 1998). O modelo admite que existem disponíveis todas as informações e as técnicas necessárias à tomada de decisão e um completo entendimento do problema. O modelo assume também que os tomadores de decisão conhecem consistentemente as vantagens e desvantagens de cada uma das alternativas que estão sendo consideradas de acordo com os objetivos e metas estabelecidas. Assim, os tomadores de decisão avaliam as conseqüências de cada uma das alternativas e seleciona dentre estas a melhor, constituindo, assim, a escolha ótima.

A decisão racional tomada com conhecimento de todos os recursos relevantes, regras e rotinas bem estruturadas será uma boa decisão. Infelizmente, raramente todos os recursos necessários estão disponíveis. A desvantagem deste modelo é de que ele assume que não existem opiniões formadas ou preconceitos implícitos no processo de tomada de decisão (LAHTI, 1996). Este otimismo não é totalmente realista, visto que os indivíduos trazem suas próprias percepções e modelos mentais, afetando, desta forma, o resultado final de uma decisão.

Além disso, muitas vezes não é possível prever as conseqüências das alternativas de forma exata, pois nem sempre a probabilidade dos eventos é conhecida e, mesmo conhecendo as probabilidades de cada conseqüência para cada alternativa, o tomador de



decisão não selecione a melhor estratégia segundo o modelo, mas sim alguma alternativa que sua intuição o leva a crer que seja a melhor.

SIMON (1997) propôs ainda uma extensão para o modelo racional denominado de modelo da Racionalidade Limitada, onde a limitação cognitiva humana, aliada à complexidade de situações de decisão torna impossível considerar todas as alternativas relevantes. Assim, há a necessidade de modelos de decisão mais simplificados, onde ao invés de busca pela solução ótima, busca-se uma solução satisfatória.

A busca pela solução ótima foi substituída pela busca da alternativa mais razoável no modelo de Racionalidade Limitada. Quando uma alternativa aceitável é encontrada, esta é imediatamente adotada e a busca por uma alternativa melhor é interrompida.

Apesar de considerar as limitações cognitivas dos seres humanos, este modelo racional mais flexível ainda não trata de forma explícita dos aspectos subjetivos de cada tomador de decisão.

### **2.2.3.2 – Modelo Político**

Nessa abordagem, o processo decisório estratégico é visto como um processo de negociação política. Quanto maior for o nível hierárquico ou reputação de um indivíduo, maior será o seu poder. Alguns autores consideram que, independentemente do modelo adotado para o processo decisório, a escolha da melhor alternativa será baseada por um acordo entre os diversos grupos que participam do processo. Não são definidos objetivos, já que geralmente as partes envolvidas discordam sobre estes. A idéia é discutir ações concretas e as conseqüências esperadas, sempre em curto prazo.

A quantidade de informação existente é de fundamental relevância, visto que a base de decisão se faz através do poder e de favores trocados. Muitas vezes, informações são ocultadas de forma a encobrir aspectos desinteressantes para alguma das perspectivas em negociação. Neste contexto o ponto de vista ótimo passa a não ser importante, devendo prevalecer a opinião do melhor negociador ou daquele que detém mais poder.

Conflitos surgem quando um ou mais participantes identificam alguma disfunção no sistema atual. O conflito pode ser visto como um processo em que se procura uma nova condição de convivência. Através do conflito se tem a oportunidade de uma evolução criativa, permitindo assim que se tenha um futuro diferente, tentando a melhora das relações pessoais e da vida em sociedade em geral.

A vantagem deste modelo é que ele reflete as forças que operam o mundo real com todas as dificuldades existentes nos relacionamentos humanos. A redução de problemas potenciais e conflitos no processo de tomada de decisão pode ser obtida através da identificação do fato de que os indivíduos têm sempre seus próprios preconceitos e opiniões e que estes influenciam muito em seu comportamento. Outra vantagem é a diminuição de conflitos, uma vez que a predominância da opinião dos indivíduos mais poderosos permite que os menos fortes se alinhem em torno destas opiniões. Esta vantagem também se apresenta como desvantagem, tendo em vista que boas alternativas possam ser preteridas, seja por sonegação de informações ou pelo próprio exercício do poder dominante. Esta dicotomia pode ter conseqüências futuras no momento de descoberta das deficiências das soluções escolhidas (LAHTI, 1996).

### **2.2.3.3 – Modelo Processual**

O Modelo Processual é mais estruturado do que o modelo político, sendo que as decisões são tomadas baseadas em procedimentos operacionais padrões ou diretrizes pré-estabelecidas pelo sistema de gestão do negócio. As ações e o comportamento dos tomadores de decisão ocorrem de acordo com estes procedimentos e diretrizes. Este modelo de decisão é muito utilizado em situações de incerteza ou risco e se utiliza primordialmente de processos estocásticos para resolver os problemas que se apresentam (SHIMIZU, 2001). Este modelo é empregado em situações com múltiplos cenários, objetivos e alternativas, se adequando consistentemente a processos semi-estruturados.

A organização de eventos passados presentes e futuros, bem como a conformidade dos aspectos decisórios, faz parte integrante deste modelo (LAHTI, 1996). Esta organização é importante por permitir a acumulação de experiência de forma a repetir decisões bem sucedidas e evitar a tomada de decisão em modos similares às efetuadas em situações de fracasso. As decisões e os seus resultados favoráveis e desfavoráveis influenciam e promovem os procedimentos padrões, permitindo a reutilização de decisões com resultados satisfatórios e impedindo decisões de conseqüências duvidosas.

A conformidade é parte integrante deste modelo processual visto que esta é a maneira com que as dúvidas ou incertezas são tratadas durante o processo de tomada de decisão. Nos momentos de incerteza da correção de um curso de ação, os tomadores de decisão se conformam a um padrão pré-estabelecido, se protegendo de possíveis

insucessos. Isto não significa que esta solução não esteja dentre parâmetros aceitáveis de qualidade da decisão, mas que as regras padronizadas garantam um padrão mínimo de consistência.

#### **2.2.3.4 – Modelo Ambíguo**

No modelo Ambíguo, também denominado de modelo da Lixeira, o tomador de decisão encontra ocasionalmente a oportunidade de escolha de soluções prontas para um problema existente na organização. A analogia com a lixeira é explicada pelo fato de toda organização possuir uma série de problemas não resolvidos que necessitam solução, que podem surgir de forma aleatória.

Essa abordagem é mais apropriada para o julgamento de tarefas onde as tecnologias não estão claras, a definição do problema é imprecisa ou mal formulada, o envolvimento dos participantes não tem a dedicação necessária e as escolhas são inconsistentes.

Os modelos anteriores partem do princípio de que a decisão será efetuada sobre uma das alternativas possíveis, resolvendo desta forma completamente o problema (SHIMIZU, 2001). Entretanto, na vida real, nem sempre um problema é resolvido desta maneira, pois as características individuais dos tomadores de decisão e das organizações a que eles pertencem influenciam significativamente no processo decisório. COHEN, MARCH *et al.* (1972) propõem que neste modelo somente sejam resolvidos os problemas de maior prioridade e que grande parte dos problemas permaneçam no fundo da lata de lixo, só sendo retirado em períodos de limpeza.

A principal vantagem deste modelo é que ele fornece uma representação não racional de como as decisões são tomadas no mundo real (LAHTI, 1996). Uma estruturação lógica, politicamente correta e padronizada nem sempre é passível de uso na tomada de decisão, fazendo com que em certas ocasiões elas tenham que ser feitas de forma anárquica. Este modelo apresenta como desvantagem o fato de que nem sempre a decisão tomada é a mais adequada, ocasionando problemas de decisões tomadas fora do tempo correto, na espera de um alinhamento entre os tomadores de decisão, os problemas e as soluções.

#### **2.2.4 – O Processo Decisório**

Há diversos trabalhos relacionados à análise do processo de decisão para definir as etapas de processos de tomada de decisão. A identificação das atividades constantes

em um processo decisório é importante para viabilizar a criação de métodos para tratar decisões de forma sistemática.

A generalização mais amplamente aceita do processo de tomada de decisão foi introduzida por SIMON (1960). Nela, qualquer processo de tomada de decisão pode ser estruturado em três grandes fases: Inteligência, onde o problema é identificado; Projeto, quando as alternativas e os critérios de escolha da solução são estudados; e Escolha, quando uma possível alternativa para o problema é selecionada. Além das três fases originais projetadas neste trabalho, uma nova fase, de Implementação, foi adicionada posteriormente por SPRAGUE & CARLSON (1982), onde a solução escolhida é implementada. Caso a implementação seja bem sucedida, o problema está resolvido. Alguns autores consideram ainda a existência de uma fase posterior à fase de Implementação, a fase de Monitoramento da implementação. No entanto, nesse trabalho o monitoramento da implementação está embutido na fase de Implementação.

Os quatro estágios da tomada de decisão não seguem necessariamente um caminho linear Inteligência, Projeto, Escolha e Implementação. Em qualquer ponto do processo de tomada de decisão, pode ser necessário voltar a alguma fase anterior, conforme é mostrado na Figura 4. Por exemplo, ao se executar o processo de implementação de uma decisão, pode se descobrir que a solução escolhida não funciona, forçando a repetição das fases anteriores.

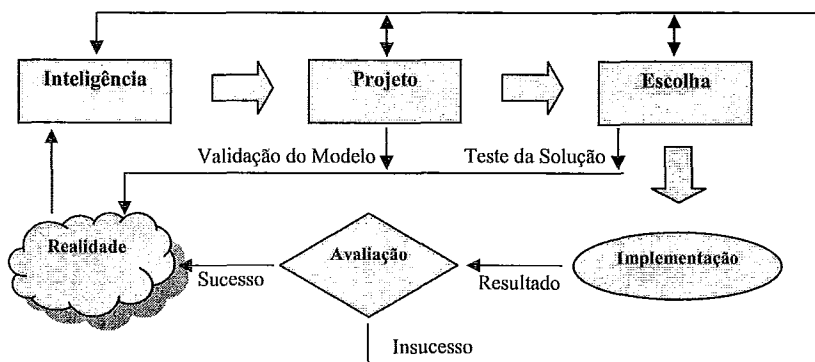


Figura 4-Modelo do processo de tomada de decisão (Adaptado de (MARAKAS, 1998))

### 2.2.4.1 – Inteligência

Decisões são necessárias quando há uma oportunidade ou um algum problema ocorre, quando alguma situação não está como deveria estar, ou quando algo deve ser melhorado. Qualquer processo de tomada de decisão começa com o reconhecimento do problema decisório. Um problema de decisão é a diferença entre os estados desejado e

existente enxergados por um tomador de decisão. Conseqüentemente, a fase de inteligência envolve a busca por condições que remetam a uma decisão dentro do ambiente estudado. Durante a fase de inteligência, dados são obtidos, processados e examinados para que seja possível encontrar indícios que possam identificar oportunidades ou problemas.

O propósito de se coletar dados é reduzir o nível de ignorância. Os dois objetivos mais importantes da coleta de dados são: coletar quantidade suficiente de fatos sobre cada opção e assegurar que todas as opções são conhecidas. Durante a primeira fase, os dados são utilizados para estimar o erro que pode resultar da decisão em função da imprecisão dos dados. Se este não for aceitável, mais dados deverão ser coletados até que uma decisão mais confiável possa ser tomada. Não há sentido em se juntar informações precisas desnecessariamente para permitir uma decisão. A questão principal é que a precisão das informações seja consistente com os efeitos mensuráveis da decisão.

Três aspectos importantes devem ser equacionados nesta primeira fase. O primeiro é a classificação do problema, onde as taxonomias já definidas anteriormente podem ser utilizadas. É importante definir se um problema é do tipo estruturado, pois a solução deverá estar no escopo de soluções especializadas neste tipo de situação. O segundo é a decomposição de problemas complexos. A subdivisão em problemas menores e mais simples também viabiliza de forma mais fácil problemas cuja complexidade está além da capacidade de solução. Muitas vezes a decomposição de um problema desestruturado e de difícil solução gera subproblemas simples e estruturados (TURBAN & ARONSON, 2001). Por fim, a responsabilidade do problema deve ser estabelecida. Deve-se procurar o indivíduo ou grupo que se interessa pela solução do problema e descobrir se a organização tem capacidade de solucionar o problema internamente.

Em um problema ambiental, as funções de aquisição, armazenamento, busca e gerenciamento de dados convertem o problema do mundo real para um banco de dados SIG. Isso envolve suposições (ou visões do mundo) subjacentes a um problema de decisão particular. As suposições estão relacionadas com as seguintes questões:

- Que entidades do mundo real devem ser observadas, selecionadas, filtradas, classificadas e registradas como itens de dados?
- Que itens são relevantes para os problemas de decisão espacial subsequentes?

Uma vez que a decisão espacial é identificada, os dados podem ser manipulados e analisados para obter informação sobre o problema decisório a ser tratado. A análise de dados exploratória tem importância fundamental na fase de inteligência (MACDOUGAL, 1992).

O SIG permite tratar problemas tradicionalmente associados a coleções de dados georeferenciados e análises de forma mais efetiva e eficiente. Eles também podem ter participação vital no estágio inicial da tomada de decisão espacial, armazenando e gerenciando uma grande quantidade de dados e informações espaciais. Além disso, ajudam na coordenação da análise da situação através de sua capacidade de integrar dados e informações de diferentes fontes. Os SIGs também podem apresentar de forma compreensiva e eficiente informações para os tomadores de decisão, que de outra maneira não poderiam analisar todas as informações e dados em formato tabular.

#### **2.2.4.2 – Projeto**

Quando o problema é identificado, formalmente definido e os dados relevantes para sua solução selecionados, os tomadores de decisão devem começar as atividades relacionadas à formulação e análise de soluções alternativas para o problema. Cada alternativa deve ser analisada e comparada com as demais no que diz respeito ao resultado esperado, custo, probabilidade de sucesso, e outros critérios considerados necessários pelos tomadores de decisão.

Geralmente, um modelo formal é usado para dar apoio ao tomador de decisão na determinação do conjunto de alternativas. Um modelo é uma representação simplificada ou abstração da realidade, pois a realidade é muito complexa para ser representada de forma exata e, além disso, muito dessa complexidade é irrelevante para o problema específico.

No modelo formal, se encontram os objetivos da organização que norteará as alternativas de ações a serem desenvolvidas, as variáveis que não estão sob o controle do tomador de decisão. Nesse contexto, pode ser distinguido o ramo de estudo chamado de “Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios” (MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*), que será detalhado na seção 2.2.5 –.

O modelo representa a situação de decisão, estruturando e formalizando os dados e informações disponíveis sobre o problema decisório. No contexto da tomada de decisão ambiental, um modelo é uma representação dos aspectos relevantes da decisão

nos bancos de dados SIG. Alternativas de decisão espacial são derivadas por manipulação e análise de dados e informações armazenadas no SIG.

Alguns trabalhos pesquisaram a capacidade de um SIG de fornecer apoio a processos decisórios. Alguns deles consideram que a maior parte dos SIG disponíveis comercialmente não possuem os tipos de análise e modelagem necessárias aos tomadores de decisão (MALACZEWSKI, 1999). As capacidades do SIG para gerar um conjunto de alternativas de decisão são baseadas principalmente nos princípios de relacionamento espacial dos métodos de conectividade, contigüidade, proximidade e sobreposição.

No que tange a utilização do SIG como ferramenta de trabalho, nesta dissertação não serão consideradas modificações de funções internas deste para apoio a decisão ambiental, e sim a utilização deste software no processo decisório como uma ferramenta para análise de dados e representação do modelo conceitual em um sistema computacional de uma realidade geográfica.

Outro fator importante que deve ser determinado na fase de projeto é a determinação da estratégia de escolha das alternativas de decisão (HOLSAPPLE & WHINSTON, 1996). Dentre as estratégias conhecidas estão a de otimização, satisfação, eliminação de aspectos, incremental, varredura mista e o processo analítico hierárquico. Os diferentes tipos de estratégia de decisão serão detalhados na seção 2.2.6 –.

Uma parte significativa do processo de construção do modelo é a geração de alternativas. A geração das alternativas é um processo difícil e custoso, que envolve muita pesquisa e criatividade. Neste contexto, os sistemas computacionais podem auxiliar em muito os tomadores de decisão. Alguns produtos são projetados para aumentar a capacidade de acesso à informação e a ajudar na capacidade inventiva dos tomadores de decisão. Os mecanismos de busca na *web* e nos bancos de dados das organizações, bem como produtos de geração de idéias (*brainstorm*) são alguns exemplos deste tipo de auxílio obtido pelos sistemas de informação. É importante notar que antes de se iniciar a busca e geração de novas alternativas, deve-se fixar os critérios de conceituação para limitar o escopo da procura e alcançar um conjunto consistente de alternativas para que se possa iniciar a fase de escolha (TURBAN & ARONSON, 2001).

Para a avaliação e comparação de alternativas, é necessário avaliar os possíveis resultados de cada alternativa proposta. As situações de decisão são geralmente classificadas com base no que os tomadores de decisão sabem, ou acreditam, quanto aos

prognósticos dos resultados. Esse conhecimento é usualmente classificado em três categorias, variando de conhecimento total a ignorância total, que são: certeza, risco e incerteza.

Também é necessário o estudo dos possíveis cenários de decisão. Os cenários ajudam a identificar possíveis problemas e novas oportunidades, caracterizando os pontos críticos que devem ser analisados e monitorados pelos tomadores de decisão. Além disso, os cenários permitem a validação das alternativas criadas frente a mudanças nos ambientes onde estas virão a ser implementadas, antecipando potenciais problemas, bem como a validação de premissas feitas na fase anterior. Diversos cenários podem ser testados variando do pior caso ao melhor caso, passando pelo mais provável de acontecer.

Durante a fase de projeto, o tomador de decisão pode julgar necessário obter mais informação acerca do problema em questão, e um retorno à fase de inteligência pode ser necessário para satisfazer essa necessidade antes de terminar as atividades da fase de projeto e prosseguir para a fase de escolha.

#### **2.2.4.3 – Escolha**

Nesta fase, o tomador de decisão seleciona uma das soluções alternativas geradas e analisadas na fase de projeto, incluindo as atividades de busca, avaliação e recomendação do modelo de solução proposto.

O limite entre o início da fase de projeto e da fase de escolha geralmente é pouco nítido, já que certas atividades podem ser desempenhadas durante ambas as fases e porque é possível fazer o retorno freqüente das atividades de escolha para as atividades de projeto. Por exemplo, novas alternativas podem ser geradas quando ocorre a avaliação das alternativas existentes.

A fase de escolha está basicamente associada aos problemas do tipo semi-estruturados e os desestruturados, visto que uma decisão altamente estruturada não se constitui em uma decisão. Onde existe escolha existe incerteza, a seleção desenvolvida pelo tomador de decisão depende primordialmente da estratégia adotada, das alternativas geradas e do seu conhecimento do escopo da decisão.

A solução do modelo de decisão não significa necessariamente que o problema esteja resolvido, pois isto só é possível nos casos em que a solução é implementada com sucesso. A solução do modelo representa, então, uma possível solução para o problema em questão. SIMON (1960) enfatiza a importância de se ter identificado corretamente o



problema antes de tentar solucioná-lo, ou seja, um modelo que representa melhor a realidade do problema tratado tem maior chance de levar a uma solução mais apropriada.

A capacidade de incorporação das preferências de cada tomador de decisão no processo de tomada de decisão é crítica na fase de escolha. Com relação a essa questão, os SIG geralmente não provêem mecanismos para representação de escolhas e prioridades no contexto de avaliação de critérios e objetivos conflitantes. Eles não oferecem ao tomador de decisão a flexibilidade de mudar a importância do critério de avaliação. Essa restrição torna o SIG um ambiente de modelagem muito estático e, com isso, reduz seu escopo como uma ferramenta de apoio à decisão (HEYWOOD, OLIVER et al., 1995). Essa restrição é evidente quando a decisão envolve a colaboração de diferentes equipes, o que é comum no planejamento ambiental.

#### **2.2.4.4 – Implementação**

A fase de implementação representa a introdução de uma mudança ou o início de uma nova maneira de conduzir as atividades. A fase da implementação é a mais complexa, pois não existem limites para a sua conceituação. A resistência a mudanças, grau de apoio da alta gerencia, treinamento das equipes, recursos alocados, dentre outros são alguns dos aspectos que influenciam no sucesso desta fase (TURBAN & ARONSON, 2001).

No contexto do planejamento ambiental, o uso dos SIG tem fundamental importância nessa fase já que, através das funções de análise deste, o sistema resultante da implementação da solução pode ser comparado de forma mais amigável com a realidade anterior à decisão, fornecendo, assim, uma capacidade maior de compreensão das mudanças no ambiente proporcionadas pela decisão tomada.

#### **2.2.5 – Decisão com Múltiplos Critérios**

A tomada de decisão com múltiplos critérios (MCDM) trata a classe de problemas que envolvem um conjunto de alternativas que são avaliados com base em critérios conflitantes e incompatíveis.

O termo critério está relacionado a todo o fator que se considera relevante na tomada de decisão e se configura como a base da análise. Já os atributos são os parâmetros que quantificam ou qualificam objetos do mundo real. O termo objetivo é

um enunciado sobre o estado desejado do sistema em consideração (MALACZEWSKI, 1999).

Duas classes distintas podem ser diferenciadas na tomada de decisão com múltiplos critérios, a decisão com múltiplos atributos e com múltiplos objetivos, apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Comparação MODM x MADM (adaptado de (MALACZEWSKI, 1999))**

Características	MODM	MADM
Critérios definidos por	Objetivos	Atributos
Objetivos definidos	Explicitamente	Implicitamente
Atributos definidos	Implicitamente	Explicitamente
Restrições definidas	Explicitamente	Implicitamente
Alternativas definidas	Implicitamente	Explicitamente
Número de alternativas	Infinito (extenso)	Finito (pequeno)
Controle do tomador de decisão	Significante	Limitado
Paradigma de modelagem de decisão	Orientado a processos	Orientado a resultado
Relevante para	Projeto / Busca	Avaliação / Escolha

Na tomada de decisão com múltiplos atributos (*Multiattribute Decision Making - MADM*), geralmente é necessário escolher a melhor opção dentre um conjunto finito de alternativas com base em critérios estabelecidos. A escolha é feita entre alternativas descritas por seus atributos.

Na tomada de decisão com múltiplos objetivos (*Multiobjective Decision Making - MODM*), há um número infinito de alternativas que decorrem com o evoluir da tomada de decisão em interação com o agente que decide. O papel do MODM na tomada de decisão é prover uma estrutura geral para o desenvolvimento de um conjunto de alternativas. Cada alternativa é definida implicitamente em termos de variáveis de decisão e são avaliadas através de funções de objetivo (MALACZEWSKI, 1999).

A tomada de decisão com múltiplos objetivos é considerada contínua e é mais utilizada para desenvolvimento ou projeto, enquanto a tomada de decisão com múltiplos atributos é considerada discreta e é mais utilizada para a seleção ou avaliação.

## **2.2.6 – Estratégias de Decisão**

Dentre as estratégias conhecidas, pode-se citar as de otimização, satisfação, eliminação de aspectos, incremental, varredura mista e o processo analítico hierárquico.

### **2.2.6.1 – Otimização**

A otimização prevê que o tomador de decisão escolha a alternativa ótima dentre todos as possíveis existentes. O objetivo é indicar a melhor alternativa dentro de um número finito de possibilidades, sendo que se torna importante à determinação do que significa a melhor opção. Para responder a esta questão podem-se utilizar critérios que demonstrem a viabilidade de cada alternativa e que permitam a comparação das diferentes opções de decisão. A questão central de um problema de otimização é a construção das fórmulas matemáticas que permitem o equacionamento das alternativas e a conseqüente mensuração destas.

Apesar de ser uma estratégia viável em uma série de situações, ela apresenta várias limitações no campo prático (MARAKAS, 1998). A primeira complicação surge quando os critérios analisados são qualitativos, tornando quase impossível a transformação dos critérios em valores passíveis de comparação. Nestas situações estratégias menos formais devem ser utilizadas. A segunda limitação é que a tarefa de estimar os custos e benefícios de cada alternativa pode ser de difícil execução. A quantidade de conhecimento necessária na otimização pode ser muito grande, o que se torna outra limitação. O esforço e o tempo utilizado para coletar e analisar o conhecimento necessário pode ser inviável. Finalmente, um quarto problema se apresenta na dificuldade de se comparar mensurações de características distintas e se obter um único valor que represente a melhor alternativa dentre as analisadas.

### **2.2.6.2 – Satisfação**

Esta estratégia, proposta por SIMON (1997), permite que o tomador de decisão escolha uma alternativa que se apresente boa suficiente baseada em um conjunto mínimo de critérios. O objeto consiste em encontrar uma alternativa razoável e não a melhor alternativa, pois isto poderia levar muito tempo. Para tanto, um critério mínimo indica se a alternativa é satisfatória ou não. Nesta estratégia, as alternativas que não atendem a este critério mínimo vão sendo eliminadas até que uma delas é escolhida como a ser implementada. Segundo SIMON (1997), os agentes da decisão desenvolvem heurísticas próprias, permitindo desta forma, indicar a melhor seqüência de análise e

busca de alternativas. Eles criam regras baseadas em aspectos tais como experiência, treinamento formal, falta de informação ou inspiração.

A principal diferença da otimização para a satisfação é que no primeiro caso, todas as alternativas são analisadas em busca da melhor opção, enquanto na busca por satisfação, esta é imediatamente interrompida quando uma alternativa viável para a solução do problema é encontrada. A Tabela 2 faz uma comparação mais detalhada dentre estas duas estratégias.

**Tabela 2-Comparação das estratégias de decisão Otimização x Satisfação**

Características	Otimização	Satisfação
Volume de Critérios	Possivelmente muitos critérios, onde a melhor alternativa é escolhida;	Poucos critérios, onde todas as alternativas devem atender;
Volume de Alternativas	Formular e considerar tantas boas alternativas quanto for possível;	Cada alternativa deve ser testada contra o critério;
Seleção	Reexaminar repetidamente as boas alternativas;	Cada alternativa é testada uma única vez
Teste	Testar se uma alternativa boa através de todos os critérios	Testar para cada critério, de forma a eliminar as alternativas que não atendam
Peso dos critérios envolvidos	Alguns critérios podem ter pesos diferentes de outros;	Critérios são de igual importância

### **2.2.6.3 – Eliminação através da análise de um aspecto**

A idéia desta estratégia é eliminar as alternativas através da comparação com algum critério específico (TURBAN & ARONSON, 2001). O processo deve continuar ao se eleger um novo aspecto até que somente reste uma alternativa. O problema deste método é que podem existir algumas alternativas que atendam a todos os aspectos utilizados, quando então novos aspectos devem ser descobertos. Além disso, podem ser eliminadas boas alternativas que não atendam a um aspecto pouco relevante, bem como podem ser eliminadas todas as alternativas existentes. Uma solução para estes problemas seria a aplicação do critério de seleção em ordem decrescente de importância, permitindo que se elimine inicialmente as que não atendem aos critérios mais relevantes do processo de decisão.

#### **2.2.6.4 – Incremental**

Nesta estratégia o tomador de decisão compara as alternativas existentes com a solução atualmente em uso (LINDBLUM, 1959). A idéia principal é tentar encontrar uma alternativa que atenda aos requisitos atendidos pela solução atual e que consiga resolver os problemas identificados na ação corrente. Cada decisão é uma reação a decisões passadas, procurando de forma incremental aprimorar o processo, aumentando a sua eficiência e a experiência no seu funcionamento.

#### **2.2.6.5 – Varredura mista**

A varredura mista se refere a procurar, colecionar, processar, avaliar e ponderar informações sobre determinado problema (HOLSAPPLE & WHINSTON, 1996). A importância da decisão é que determina o grau de profundidade da pesquisa e a forma de análise escolhida. Em decisões importantes, cada alternativa é detalhadamente examinada e cada atributo pode eliminar ou eleger as alternativas para a escolha. A seleção se faz pelo nível de detalhe exigido para cada decisão. À medida que o detalhamento aumenta, novas alternativas são eliminadas até que somente uma permaneça por atender aos critérios utilizados.

#### **2.2.6.6 – Processo Analítico Hierárquico**

O Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process* - AHP) é um método de escolha da melhor alternativa de decisão considerando múltiplos critérios ou múltiplos objetivos expressos por meio de valores qualitativos e quantitativos. Foi desenvolvido por Saaty na década de 70 (SAATY, 1980).

O método provê apoio ao processo decisório permitindo que tomadores de decisão organizem e avaliem a importância relativa dos objetivos selecionados e das alternativas de solução de uma decisão. Ele permite ainda que a consistência dos julgamentos seja medida e que estes sejam reavaliados se apresentarem alguma inconsistência.

Para determinar qual é a melhor ação a ser tomada, o AHP requer os seguintes passos:

- Estruturar uma decisão em um modelo hierárquico;
- Fazer uma comparação de todos os objetos e alternativas de solução.

A forma geral do modelo hierárquico é:

- Objetivo da decisão;

- Critérios de julgamento;
- Subcritérios;
- Alternativas.

Uma vez que o modelo está definido, os critérios e as alternativas são avaliados através de comparações pareadas. Estas comparações apresentam-se na forma de frações que quantificam a preferência de um critério sobre outro na tomada de decisão. SAATY (1980) elaborou uma escala de comparações contínua, com nove pontos, apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3-Intensidade de comparação do método AHP**

Intensidade	Definição	Explicação
9	Extremamente preferível	As evidências favorecendo o primeiro critério são do mais alto grau de afirmação.
7	Muito fortemente preferível	Não existem dúvidas e na prática demonstra-se a dominância do primeiro critério sobre o segundo.
5	Fortemente preferível	A experiência mostra claramente que um critério é mais importante que o outro.
3	Moderadamente preferível	A experiência mostra que um critério é ligeiramente mais importante que o outro.
1	Igualmente preferível	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
2,4,6,8	Valores intermediários entre pontos da escala	

Para cada nó da hierarquia, uma matriz de comparação pareada é formada. Com isso, se o critério  $i$  for moderadamente preferível ao critério  $j$ , ao elemento  $a_{ij}$  da matriz será atribuído o valor 3 na escala. Conseqüentemente, o elemento  $a_{ji}$  terá o valor  $1/3$ . E assim uma matriz de comparações em pares é construída para cada conjunto de critérios e sub-critérios que possuem o mesmo pai, determinando a prioridade destes na avaliação das alternativas. Os critérios ou sub-critérios que não tem sub-critérios como filhos, ou seja, as folhas na árvore hierárquica, são utilizados para avaliar as alternativas. O conjunto de alternativas é comparado dois a dois de acordo com esse

critério e uma matriz de comparação em pares é formada para o conjunto de alternativas.

Ao final, com todas as matrizes de comparações preenchidas, o peso de cada alternativa é calculado, levando-se em consideração todos os critérios, sub-critérios e pesos apontados pelo tomador de decisão. O resultado é uma lista ordenada das alternativas construída com as preferências indicadas nos pesos.

### 2.2.7 – Decisão sob Certeza e Incerteza

A tomada de decisão pode ser aplicada em condições de certeza, risco ou incerteza, dependendo do nível de conhecimento detido sobre as conseqüências que cada alternativa pode ter, conforme ilustrado na Figura 1.

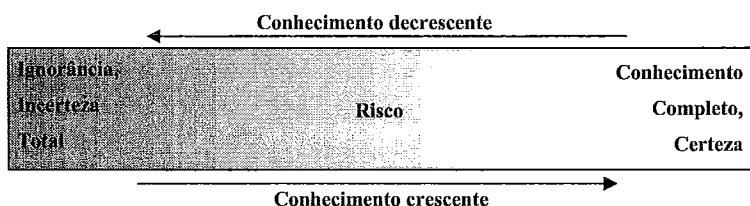


Figura 5 - Certeza e incerteza na tomada de decisão (adaptado de (TURBAN & ARONSON, 2001))

Nas decisões sob certeza, há conhecimento completo e exato sobre os resultados de uma decisão. Ou seja, cada alternativa leva a uma conseqüência específica e a escolha entre alternativas é equivalente à escolha entre conseqüências. Em alguns casos, mesmo que o resultado não seja completamente previsível, opta-se por assim considerá-lo, para fins de simplificação do problema de decisão.

Em decisões sob risco, cada alternativa terá uma de várias possíveis conseqüências, e a probabilidade de ocorrência de cada conseqüência é conhecida. Portanto, cada alternativa é associada a uma probabilidade de distribuição, e a uma escolha entre as distribuições de probabilidade.

A ausência de conhecimento quanto aos possíveis resultados de uma decisão caracterizam a decisão sob incerteza. As distribuições de probabilidade entre as soluções alternativas e os possíveis resultados são desconhecidas.

Em decisões ambientais, a classificação da decisão quanto a sua certeza ou incerteza é muito importante. Geralmente, nesse tipo de problema, estão associadas condições climáticas que, com suas limitações e incertezas tornam os prognósticos elaborados na tomada de decisão mais suscetíveis ao erro.

Nesse sentido, com o intuito de minimizar riscos e diminuir o grau de incerteza de uma decisão, é primordial a atuação de especialistas com atuação na área do problema tratado e informações pertinentes e exatas acerca do assunto tratado na tomada de decisão.

### **2.2.8 – Decisão em Grupo**

O estudo sobre a tomada de decisão em grupo deve considerar as características que caracterizam um grupo como uma entidade única e não as ações individuais ou características dos componentes do grupo.

As propriedades de grupo normalmente pesquisadas são o seu tamanho e a sua estrutura. Estudos mostram que o grau de satisfação dos componentes do grupo é inversamente proporcional à quantidade de participantes do grupo, ou seja, o grau de satisfação das pessoas diminui quando o grupo aumenta. Uma das razões para que isso ocorra é que o tamanho do grupo está vinculado à quantia relativa de participação disponível para cada participante. Além disso, quanto maior o número de membros, menor é a coesão do grupo. Outros estudos indicam ainda que a formação de sub-grupos com interesses específicos que não os interesses globais do grupo é mais provável em grupos maiores (MARAKAS, 1998).

Outro aspecto de grupo estudado é a cognição coletiva que é realizada através de um fenômeno denominado *Groupthink*. Este fenômeno se refere a um modo de pensar onde pessoas se comprometem quando estão profundamente envolvidas com o grupo, quando o esforço dos membros pela unanimidade oculta sua motivação de realmente avaliar cursos de ação alternativos (JANIS, 1982).

MARAKAS (1998) enuncia ainda outros aspectos sociológicos que influenciam no processo de tomada de decisão em grupos, tais como gerenciamento de conflitos, participações anônimas, e diferenças quanto ao sexo. A necessidade de aceitação do indivíduo pelo grupo do qual é membro faz com que se elimine alguma crítica e, com isto, diminua a satisfação dos indivíduos com relação à decisão tomada. Uma das soluções para este tipo de problema é a capacidade de indivíduos se manifestarem de forma anônima, onde se consegue dissociar a autoria da proposta, permitindo a análise sem a pressão positiva ou negativa do autor. Outro problema estudado é a diferença e semelhança entre os indivíduos do sexo masculino e feminino, tais como habilidade, ambição, cooperação e flexibilidade.



Segundo NUNAMAKER, DENNIS et al. (1991), o trabalho em grupo pode fornecer os seguintes benefícios:

- Maior quantidade de informação: Grupos detêm mais informação do que apenas um indivíduo;
- Sinergia: Um membro pode usar informação de forma que o detentor original desta não o fez, pois esse membro tem informações ou experiências diferentes;
- Avaliação mais objetiva: Grupos são mais eficientes na captura de erros do que apenas um indivíduo;
- Estímulo: O trabalho em grupo pode estimular um determinado membro a obter melhor desempenho;
- Aprendizado: Membros podem aprender com outros membros mais experientes;

No entanto, segundo os mesmos autores, o trabalho em grupo pode sofrer das seguintes disfunções potenciais:

- Fragmentação do tempo de participação: O grupo deve compartilhar o tempo disponível para participação;
- Bloqueio de atenuação: Ocorre quando membros não podem emitir comentários quando estes lhe vêm à cabeça. Isto faz com que sejam esquecidos ou suprimidos por lhes parecerem menos originais no contexto em que foi elaborado o comentário;
- Bloqueio de concentração: Poucos comentários são feitos porque os membros se concentram em lembrar de comentários (ao invés de pensar em comentários novos) até que possam contribuir com estes;
- Falta de lembrança: Membros perdem o foco na comunicação, perdendo ou esquecendo as contribuições dos outros membros;
- Pressão para conformidade: Membros hesitam criticar os comentários alheios por questões de educação ou medo de retaliações;
- Apreensão de avaliações negativas: Medo de avaliações negativas faz com que os membros não emitam comentários ou idéias;
- Delegação (*Free Riding*): Membros confiam em outros membros para executar suas tarefas;

- Socialização: Discussão fora de contexto reduzem o desempenho do grupo;
- Dominação: Alguns membros exercem influencias ou monopolizam o tempo do grupo de maneira improdutiva;
- Problemas de coordenação: Dificuldades na integração da contribuição dos membros porque o grupo não tem uma estratégia apropriada;
- Sobrecarga de informação;
- Uso incompleto da informação;
- Análise incompleta de tarefas.

### **2.2.9 – Sistemas de Apoio à Decisão (SAD)**

SAD são sistemas interativos baseados em computador com que tem como objetivo auxiliar tomadores de decisão a utilizar dados e modelos para identificar e resolver problemas e tomar decisões (POWER, 2000). Esse auxílio deve ser dado em situações semi-estruturadas ou não-estruturadas, estendendo as habilidades dos tomadores de decisão, sem substituir seu julgamento.

MARAKAS (1998) destaca as seguintes características que um SAD deve possuir:

- Auxilia o tomador de decisão em todas as fases do processo de tomada de decisão;
- É mais focado na efetividade do processo de tomada de decisão do que em sua eficiência;
- Facilita o aprendizado por parte do tomador de decisão;
- É interativo e amigável;
- Provê auxílio para todos os níveis de gerenciamento, dos mais altos executivos até os gerentes de linha de produção;
- Pode prover apoio para múltiplas decisões, dependentes entre si ou não;
- Provê apoio em contextos de tomada de decisão individual ou em grupo.

Tais características viabilizam uma melhor formalização do problema estudado, a estruturação do processo de decisão, aumentam a habilidade do usuário para processar conhecimento e permitem maior auxílio à colaboração, caso haja mais de uma pessoa envolvida na tomada de decisão.

### 2.2.9.1 – Classificação de um SAD

Na literatura, diferentes taxonomias podem ser encontradas para a classificação de aplicações de apoio à decisão. A seguir será feita uma breve descrição de algumas destas classificações.

ALTER (1980) classifica os SAD baseado no “grau de ação implicada dos resultados do sistema”, ou na capacidade que o sistema tem de influenciar na decisão tomada. De acordo com esta classificação existem sete tipos de sistemas: sistemas de arquivos, de análise de dados, análise de informação, modelos de contabilidade, modelos representacionais, modelos de otimização e modelos de sugestão. Cada tipo de sistema é descrito através do seu tipo de operação, seu tipo de tarefa, seu tipo de usuário, seu padrão de uso e suas variáveis temporais. Nessa classificação, um mesmo SAD pode pertencer a diversas categorias distintas por atender à classe de problema que permeia por várias disciplinas distintas.

HOLSAPPLE & WHINSTON (1996) classificam o SAD em seis estruturas gerais: orientado a texto, orientado a banco de dados, orientado a planilhas eletrônicas, orientado a Solução (*Solver*, em inglês), orientado a regras e composto.

No SAD orientado a texto, os dados, informações e conhecimento armazenados em forma textual devem servir de base para diversas decisões e tem de ser gerenciadas de forma a permitir o correto uso, permitindo ao tomador de decisão encontrar, alterar, revisar, visualizar e excluir documentos. Tecnologias de Gerencia Eletrônica de documentos, hipertextos e agentes inteligentes podem ser incorporados neste tipo de sistema.

Nos SAD orientados a bancos de dados, as informações são estruturadas de forma relacional, sendo que em alguns casos na forma de objetos e são armazenadas em bancos de dados. As principais facilidades são a geração de relatórios e consultas às informações armazenadas, que são volumosas, descritivas e rígidas. Neste ambiente podem ser disponibilizadas algumas facilidades relativas aos procedimentos que tem de ser programadas e armazenadas no banco de dados.

Em SAD orientados a planilhas eletrônicas, os tomadores de decisão podem modificar os dados textuais e dados estruturados e gerar procedimentos que fazem parte integrante da nova base de conhecimento permitindo que novas informações derivadas das existentes possam ser disponibilizadas. Uma das deficiências deste tipo de sistema é que não suporta grandes volumes de dados. As facilidades de se integrar produtos de

planilha com banco de dados (Excel-Access), permitem que este tipo de sistema acesse as funcionalidades dos SAD orientados a bancos de dados.

No SAD orientado a Solucionador (*Solver*, em inglês), um algoritmo ou procedimento, o solucionador, é escrito em uma linguagem computacional com o objetivo de executar computações para resolver um problema particular.

No SAD orientado a regras, o SAD contém regras qualitativas e quantitativas, oferecidas em sistemas especialistas. Estes sistemas devem incluir recomendações baseadas em um conjunto de regras existentes e deve ser capaz de inferir novas regras a partir da experiência adquirida.

Um SAD é considerado Composto quando engloba características de duas ou mais das demais categorias.

### **2.2.10 – Sistema de Apoio à Decisão em Grupo (SADG)**

Sistemas de apoio em grupo são sistemas interativos que facilitam a solução de problemas não estruturados por um grupo de pessoas, auxiliando-as na tomada de decisão. Seus objetivos são aumentar a produtividade e a qualidade do resultado de uma reunião, resolvendo problemas comuns como a perda ou distorção de informação, inibição ou ausência exagerada de informações, pressões sociais ou hierárquicas, entre outros. Para resolver estes problemas, os SADG empregam, por exemplo, mecanismos de votação, geração de idéias, identificação de alternativas, etc (ELLIS, GIBBS et al., 1991).

### **2.2.11 – Sistema de Apoio à Decisão Ambiental**

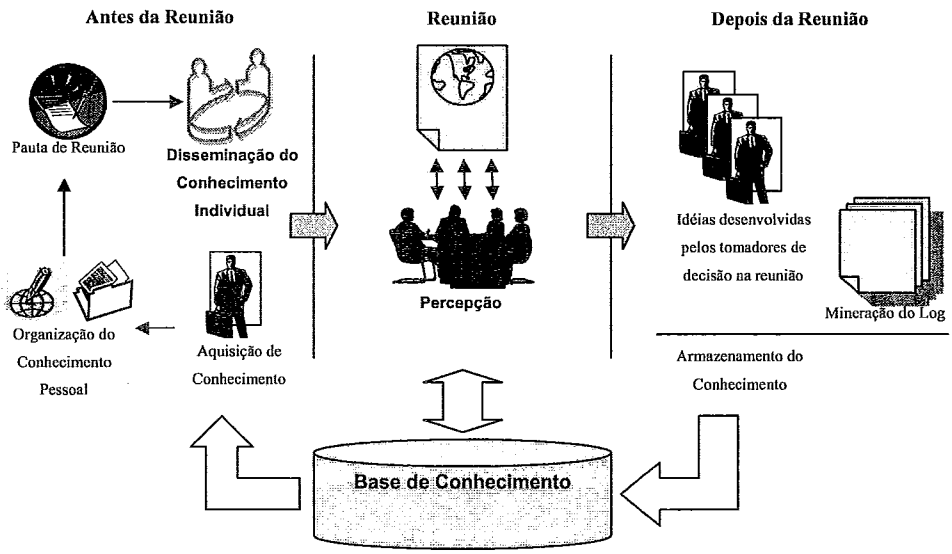
Sistemas de Apoio à Decisão Ambiental (*Environmental Decision Support Systems - EDSS*) e Sistemas de Apoio à Decisão Espacial são extensões de SAD que oferecem aos usuários ambientes flexíveis para a tomada de decisão nesse contexto. SAD Espaciais são capazes de manipular adequadamente dados espaciais, auxiliando eficientemente processos decisórios onde a dimensão espacial é fundamental para a análise (CROSSLAND, WYNNE et al., 1995). Já os SAD Ambientais possuem ferramentas específicas para assistir ao processo de tomada de decisão ambiental (RIZZOLI & YOUNG, 1997). Nesse sentido, um SAD Espacial aplicado ao domínio ambiental pode ser considerado um SAD Ambiental.

Em (CASTRO, OLIVEIRA et al., 2002), as seguintes características para um SAD Ambiental em grupo foram propostas:

- Possibilitar a aquisição e análise de dados, espacial ou não, por parte dos diferentes especialistas;
- Permitir a organização pessoal dos dados, informações e conhecimentos adquiridos pelos especialistas;
- Possibilitar a troca de informações entre os especialistas;
- Permitir a realização de reuniões decisórias entre os especialistas, com a possibilidade de acesso a dados geográficos;
- Disponibilizar conhecimentos relevantes ao contexto decisório;
- Possibilitar o armazenamento dos novos conhecimentos gerados na decisão.

Neste trabalho, ainda, um sistema de reunião eletrônica é utilizado para prover a comunicação necessária quando reuniões do grupo devem ser executadas em um processo decisório colaborativo com dados geográficos. As reuniões são divididas em três partes, “Antes da Reunião”, “Durante a Reunião” e “Depois da Reunião”, conforme ilustra a Figura 6. Em todas as fases, uma base de conhecimento é utilizada para obtenção de conhecimentos relevantes à decisão a ser tomada e todo conhecimento gerado é armazenado para posterior validação e distribuição.

Na primeira parte, o tomador de decisão adquire novos conhecimentos para entender melhor o contexto do problema a ser resolvido na reunião, chamada de “Aquisição de Conhecimento”. Depois disso, o tomador de decisão organiza o conhecimento, dados, mapas e qualquer tipo de informação que pode ser usado na reunião, o que é chamado de “Organização de Dados Pessoais”. Então, cada participante pode sugerir pontos importantes que devem ser tratados na reunião, como uma “Pauta de Reunião”. Às vezes, conhecimentos individuais devem ser disseminados para os outros participantes, o que constitui a “Disseminação de Conhecimentos Individuais”.



**Figura 6-Ambiente de tomada de decisão em grupo utilizando dados espaciais**

Na segunda parte, a reunião eletrônica é conduzida e os participantes podem acessar colaborativamente dados espaciais. Nessa fase, uma base de conhecimento pode suprir conhecimentos necessários durante a argumentação, utilizando os perfis de cada tomador de decisão.

Após a reunião, o conhecimento criado durante a reunião é armazenado na base de conhecimento para futuro acesso. A descrição da reunião, principais idéias com palavras chaves que as sintetizam, próximos objetivos e o modelo de fluxo de trabalho são armazenados na base de conhecimento. O *log* da reunião eletrônica é filtrado, e os principais tópicos da conversação são uma maneira de acessar o histórico da tomada de decisão.

## **2.3 – Gestão de Conhecimento**

Há um reconhecimento crescente quanto à necessidade de gerenciar o conhecimento. Em ambientes de decisão, esse gerenciamento se faz importante, já que na tomada de decisão, com a análise de dados, acesso a informações úteis para a solução do problema, participação de especialistas com diferentes habilidades e a seleção da solução dentre as alternativas existentes, muitos conhecimentos são utilizados e novos conhecimentos são gerados.

Com isso, o estudo das atividades relacionadas à identificação, aquisição e distribuição do conhecimento se faz necessário para uma perfeita compreensão de quando e como essas atividades são executadas no processo decisório.

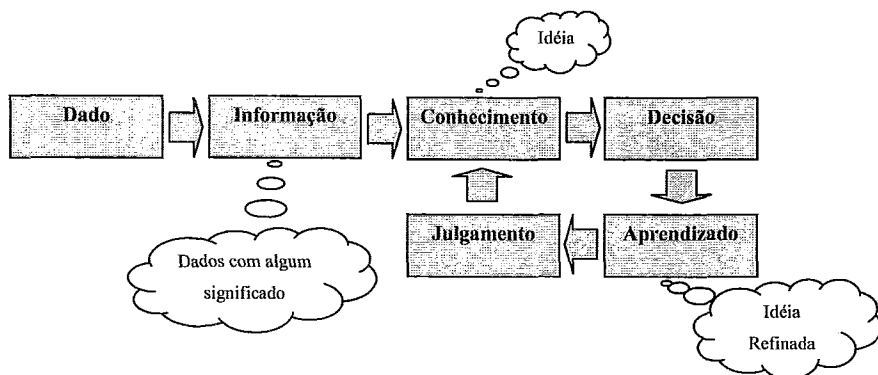
Neste capítulo, primeiramente será explorado o conceito de conhecimento. A seguir, serão descritos os principais conceitos envolvidos na gestão do conhecimento, enfatizando o seu papel na tomada de decisão. Por fim, será analisado como a gestão do conhecimento pode ser aplicada no processo decisório, onde o conhecimento armazenado é útil para a tomada de decisão e como esta pode gerar novos conhecimentos.

### **2.3.1 – Conhecimento**

Para definir o que é conhecimento, DAVENPORT E PRUSAK (1998) identificam quatro conceitos distintos: dado, informação, conhecimento e ação. Cada elemento representa uma base para o conceito seguinte. Os dados são coleções de fatos, medidas, e estatísticas. As informações são dados dotados de relevância e propósito, exercendo alguma influência sobre o julgamento do indivíduo que as utiliza. Já o conhecimento tem embutido em si valores como sabedoria e intuições do agente envolvido, no caso da tomada de decisão, o tomador de decisão. Por fim, a ação é caracterizada como algo que se faz com o conhecimento, que pode ser caracterizada na tomada de decisão pela escolha de uma alternativa ou qualquer outra ação que viabilize uma maior eficiência do processo decisório, o que é ilustrado na Figura 7.

Ainda, DAVENPORT & PRUSAK (1998) definem conhecimento como sendo “uma mistura fluida de experiências, valores, informação contextual, discernimento de especialistas e intuição embasada, provendo um ambiente e uma estrutura para a avaliação e incorporação de novas experiências e informação. O conhecimento se origina da mente dos especialistas. Em organizações muitas vezes está embutido não só

em documentos ou repositórios, mas também em rotinas, processos, práticas e normas organizacionais.”.



**Figura 7-Dado, informação e conhecimento**

Quanto à classificação do conhecimento, HOLSAPPLE & WHINSTON (1996) definem seis tipos de conhecimento: descritivo, procedural, racional, lingüístico, de apresentação e assimilativo. O conhecimento descritivo são informações sobre o passado, presente e futuro ou estados relevantes sobre o que é conhecido. O conhecimento procedural está relacionado a como o conhecimento é representado e especifica os passos de como as tarefas são efetuadas. O conhecimento racional está relacionado ao porquê da existência do conhecimento. O conhecimento lingüístico interpreta a comunicação assim que é recebida. O conhecimento de apresentação provê a comunicação. Por fim, o conhecimento assimilativo auxilia na manutenção da base de conhecimento promovendo melhorias no conhecimento existente.

Em (POLANYI, 1983), o conhecimento é classificado de duas formas: o conhecimento tácito e o explícito. O conhecimento tácito é sutil e pessoal, fica armazenado no cérebro humano aguardando o contexto adequado para tornar-se explícito. Não depende de repetição da experiência. Pode ressurgir em um evento totalmente distinto da experiência que o originou criando uma experiência totalmente nova. Já o explícito está ligado aos procedimentos, aos bancos de dados, às patentes e aos relacionamentos com os clientes.

### **2.3.2 – Gestão do conhecimento**

Atualmente não há um consenso com relação à definição do termo Gestão do Conhecimento (GC). Ainda, vários autores nesta área nem chegam a conceituá-lo. Dentre as definições encontradas na literatura, algumas são detalhadas a seguir.



SVEIBY & LLOYD (1987) definem a GC como sendo composta por tipos de atividades aplicadas em dois níveis de perspectiva, que são: gerência de informação, mais voltada para soluções tecnológicas no tratamento do conhecimento, e a gerência de pessoas, envolvendo o estudo de melhorias das habilidades humanas (por meio de aprendizado), objeto de estudo de áreas como psicologia e sociologia.

De forma bastante sucinta, O'LEARY (1998) define GC como sendo o processo de conversão do conhecimento proveniente das diversas fontes acessíveis à organização, e a conexão das pessoas a este conhecimento. A maioria das definições reafirma a importância de uma ação sistemática facilitadora, por parte da organização, no sentido de criar, utilizar, reter e medir o seu conhecimento.

A Gestão do Conhecimento é um processo sistemático, articulado e intencional, apoiado na geração, codificação, disseminação e apropriação de conhecimentos, com o propósito de atingir a excelência organizacional (FGV-SP, 2003).

Geralmente a conceituação de GC está associada aos benefícios que podem ser obtidos, às atividades necessárias para se alcançá-los e ao escopo de atuação, envolvendo o uso de tecnologia e a modificação da cultura organizacional.

Diversas arquiteturas foram propostas para entender e gerenciar o conhecimento dentro de uma organização. HOLSAPPLE & JOSHI (1999) fizeram um estudo comparativo dessas arquiteturas e concluíram que nenhuma delas abrange totalmente as atividades relacionadas à gestão do conhecimento, ou seja, nenhuma delas agrupa todas as outras. Seu trabalho baseou-se em cinco fatores: foco, base da arquitetura, recursos de conhecimento, atividades que manipulam conhecimento e influência na conduta da gestão do conhecimento.

Para esta dissertação foi então escolhida a arquitetura que melhor identifica a dinâmica do conhecimento envolvida em um processo decisório, a de Nonaka e Takeuchi (1995). Esses autores consideram que as atividades necessárias à GC estão relacionadas a modos de conversão entre conhecimento tácito e explícito e apresentam um ciclo de vida do conhecimento, ilustrado na Figura 8.

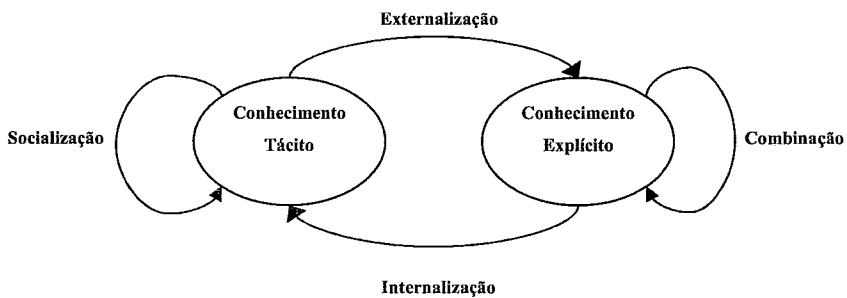


Figura 8-Processos de criação do conhecimento (adaptado de (BOLLOJU, KHALIFA et al., 2002))

Na Socialização, o conhecimento tácito existente pode ser expandido através de sua socialização em comunidades de interesse e de prática. Através da interação entre os indivíduos da organização, são compartilhados modelos mentais, visões, experiências, etc. As atividades associadas a este modo de conversão são a geração e o compartilhamento de conhecimento.

Na Internalização, novo conhecimento tácito pode ser adquirido pelos indivíduos na organização, através de aprendizado (manuais e documentos) e treinamento. As atividades envolvidas neste modo de conversão são a transferência e a difusão de conhecimento.

Na Externalização, novo conhecimento explícito pode ser gerado através da externalização de conhecimento tácito. É a formalização do conteúdo abstrato do conhecimento tácito de forma categorizada e contextualizada.

Por fim, na combinação, as formas de conhecimento explícito existentes na organização podem ser combinadas gerando-se novo conhecimento explícito. As atividades relacionadas a este modo de conversão são coordenação e armazenamento de conhecimento.

Sob esse prisma, a gestão do conhecimento busca garantir que o conhecimento circule através das diferentes fases do ciclo de vida. Conhecimento que não flui, não cresce e eventualmente envelhece, tornando-se obsoleto e sem utilidade (BORGHOFF & PARESCHI, 1998).

Nesta dissertação, os processos de conversão de conhecimento identificados por NONAKA & TAKEUCHI (1995) são de grande valia, pois o processo decisório pode ser analisado quanto às transformações de conhecimento que ocorrem dentro deste. Por exemplo, quando um tomador de decisão estuda o problema encontrado, ocorre uma internalização. No tópico 2.3.6 –, um estudo mais detalhado das conversões de conhecimento no contexto do processo decisório será feito com mais detalhes.

### **2.3.3 – Tecnologia da Informação na Gestão do Conhecimento**

Quanto ao uso da tecnologia da informação na GC, KÜHN & ABECKER (1997) definem duas categorias básicas para diversificar as contribuições da tecnologia da informação de acordo com o seu foco principal: visão centrada em processos e em produtos.

Na visão centrada em processos, a GC é definida como um processo de comunicação social que pode ser aprimorado com auxílio de tecnologia, como por exemplo, sistemas de *groupware*. Baseia-se na suposição de que a fonte de conhecimento mais importante de uma organização é o seu conjunto de funcionários. Além disso, a resolução de problemas complexos se resume mais ao alcance de um consenso do que à solução do problema propriamente dito. As principais tecnologias para esta abordagem são apoio computadorizado ao trabalho cooperativo (CSCW) e gerência de *Workflow*.

Esta visão pode ser vista como voltada para ferramentas de apoio à disseminação (ou socialização) do conhecimento tácito entre as pessoas. Serve como instrumento incentivador ao aprendizado organizacional.

Já na visão centrada em produtos, o foco está em documentos de conhecimento e sua criação, seu armazenamento e sua reutilização por meio de memórias corporativas computadorizadas. Baseia-se na explicitação, documentação e formalização do conhecimento para que se torne um recurso tangível. O desenvolvimento e o uso do conhecimento individual do usuário deve ser apoiado pela apresentação das fontes adequadas de conhecimento no momento certo. As principais tecnologias para esta abordagem são gerência de documentos, sistemas de bases de conhecimento e sistemas de informação.

### **2.3.4 – Memória Organizacional**

Diversas definições de Memória Organizacional podem ser encontradas na literatura, podendo ser utilizadas diversas perspectivas e diferentes visões, o que torna este termo diretamente relacionado aos interesses de determinada área de atuação.

Em algumas definições este termo está associado ao conjunto de registros em uma organização, ou seja, o conjunto de todo tipo de documentos, diagramas, cartas, relatórios ou qualquer artefato ou documento que se tenha registro nesta.

Para WALSH & UNGSON (1991), a Memória Organizacional refere-se às informações armazenadas da história de uma organização que podem ser utilizadas para dar apoio às decisões.

Em (CONKLIN, JEFFREY et al., 1996), a Memória Organizacional é vista como o registro de uma organização que é personificada em um conjunto de documentos e artefatos.

No entanto, não basta somente que a base com esses dados tenha sido feita para que estes artefatos possam representar a Memória da Organização. É necessário que toda a documentação faça parte de um contexto, ou seja, seu processo de criação e desenvolvimento não pode ser perdido, assim como sua relação e associação com os demais formadores deste conjunto. Este trabalho com os dados deve ser feito de forma a possibilitar que estes sejam recorridos e interpretados a qualquer momento dentro do dia-a-dia de trabalho na organização.

### **2.3.5 – Aprendizado Organizacional**

Segundo Nonaka e Takeuchi (1995), o Aprendizado Organizacional é um processo de mudança adaptativo e crescente influenciada pela experiência passada, concentrado na modificação ou no desenvolvimento e criação de rotinas, apoiado pela Memória Organizacional.

O Aprendizado Organizacional é uma base para o estabelecimento de estruturas que possam permitir a transformação de uma organização em uma “organização que aprende” (*Knowing Organization*), avaliando seus processos passados e atuais para, de alguma maneira, melhorá-los. Essa avaliação é possível com o apoio da Memória Organizacional, ou seja, todas as atividades e ativos documentados na empresa.

O Aprendizado Organizacional pode ser dividido em duas atividades dentro de uma empresa: aquelas voltadas para o aspecto de adaptação e, portanto, de caráter mais passivo, que buscam obter conhecimento com base na aplicação de regras pré-existentes; ou aquelas que permitem quebrar as regras para o estabelecimento de novas premissas com enfoque criativo e, portanto, mais atuante e ativo. A interação entre estes dois aspectos do Aprendizado Organizacional, adaptativo e gerativo, permite a ampliação da capacidade de criação do conhecimento dentro de uma empresa (GUTHRIE, 1996).

Com relação ao escopo do aprendizado, o foco vem gradualmente sendo transferido do nível individual para o organizacional (BALASUBRAMANIAN, 1995).

HEIJST, SPEK *et al.*(1998) descrevem os três tipos de processos de aprendizado a seguir:

- Individual: o indivíduo ganha experiência com a forma como executa seu trabalho e utiliza esta experiência para melhorar seus processos de trabalho;
- Através de comunicação: inicia com o aprendizado individual, mas as experiências individuais são então compartilhadas com outros colegas de trabalho;
- Através do desenvolvimento de um repositório de conhecimento: semelhante ao aprendizado através de comunicação, porém foca no armazenamento das lições aprendidas em algum tipo de repositório, de forma que possam ser recuperadas e utilizadas quando necessário.

Estes três processos de aprendizado são complementares e ocorrem em paralelo. Geralmente, um indivíduo primeiro testa uma lição aprendida individualmente para depois compartilhar os seus resultados com outros indivíduos e, caso a idéia seja aprovada, deve ser incluída nos ativos de conhecimento da organização. Estes processos podem ser auxiliados por diversas soluções tecnológicas, como *groupware* – o que será visto posteriormente nesta dissertação. Reconhecer os processos de aprendizado é o primeiro passo para incentivá-los e para criar as condições necessárias ao seu desenvolvimento.

### **2.3.6 – Gerência de Conhecimento no Processo Decisório**

O processo de tomada de decisão envolve o uso e a criação de conhecimento em todo o seu decurso. Conhecimentos tácitos e explícitos são exaustivamente utilizados durante este processo. A aplicação dos conhecimentos de um especialista e a utilização de procedimentos padronizados acerca de uma tarefa específica são exemplos destes conceitos, respectivamente.

O processo de tomada de decisão por si só resulta no melhor entendimento do problema e do processo, gerando novos conhecimentos. Em outras palavras, a tomada de decisão e o processo de criação de conhecimento são interdependentes. Apesar de tal interdependência, as pesquisas nas áreas de apoio a decisão e gerenciamento de conhecimento não consideraram adequadamente a integração de tais sistemas (BOLLOJU, KHALIFA *et al.*, 2002).

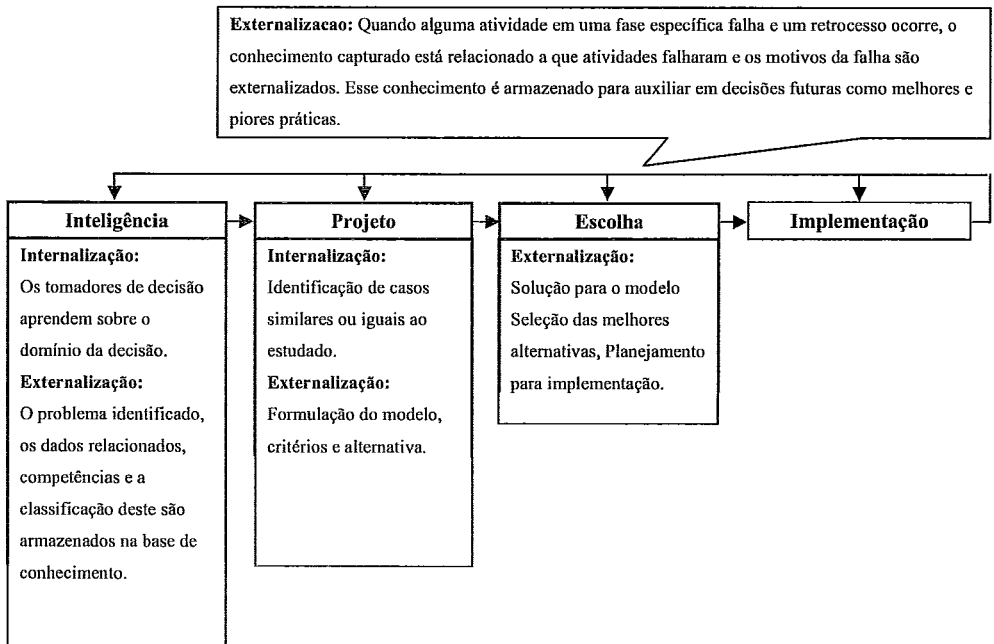
Uma sinergia então pode ser criada através da integração destes sistemas, já que esses dois processos são complementares. Mais especificamente, as atividades de aquisição, armazenamento e distribuição de conhecimento na gestão do conhecimento permitem a criação dinâmica e manutenção de modelos de decisão, realçando, assim, o apoio ao processo decisório. Em contrapartida, a aplicação e avaliação de vários modelos decisórios e da documentação de instâncias de decisões, apoiados por um SAD, provêem meios para aquisição e armazenamento do conhecimento tácito e explícito de diferentes tomadores de decisão, facilitando a criação de novos conhecimentos. De tal integração, é esperado que aumente a qualidade ao apoio provido pelo sistema aos tomadores de decisão e também ajudem a construir a memória organizacional e bases de conhecimento sólidas.

O maior apoio é dado através da obtenção de uma gama maior de conhecimento e informações sobre o problema decisório por parte do tomador de decisão durante o processo de decisão, permitindo que incertezas quanto às conseqüências das alternativas sejam minimizadas, evitando, assim, decisões sob risco ou incerteza.

Por outro lado, a gestão do conhecimento no processo decisório permite a utilização deste como uma forma de aprimorar os conhecimentos retidos na base de conhecimento, criando um ambiente onde um processo rico na criação de novos conhecimentos, como é o processo decisório, possibilite que novos conhecimentos gerados sejam capturados.

Para melhor entender o conhecimento gerado e utilizado no processo decisório é necessário identificar as formas de conversão de conhecimento dentro de cada atividade deste processo, conforme ilustra a Figura 9 (CASTRO, OLIVEIRA et al., 2003b).

Na fase de Inteligência, quando ocorre a necessidade de recuperar documentos ou qualquer tipo de conhecimento explícito, ocorre um processo de internalização. Com isso, um processo de externalização ocorre quando o usuário armazena na base de conhecimento que dados são relevantes ao tipo de problema que está sendo tratado, a saber: *i*) que fontes de dados são úteis; *ii*) a qualidade do dado recuperado; *iii*) a usabilidade e exatidão dos dados; *iv*) a identificação do problema; *v*) sua classificação e as pessoas que se responsabilizam por sua solução, *vi*) as alternativas e critérios de seleção gerados; e *vii*) a análise dos tomadores de decisão.



**Figura 9-Processos de criação de conhecimento envolvidos no processo decisório**

Na fase de Projeto, um processo de externalização ocorre quando o tomador de decisão cria o modelo de decisão e seleciona os critérios e alternativas a integrar este modelo. Um processo de internalização ocorre quando o tomador de decisão busca por casos passados similares e quando o sistema indica especialistas para a solução.

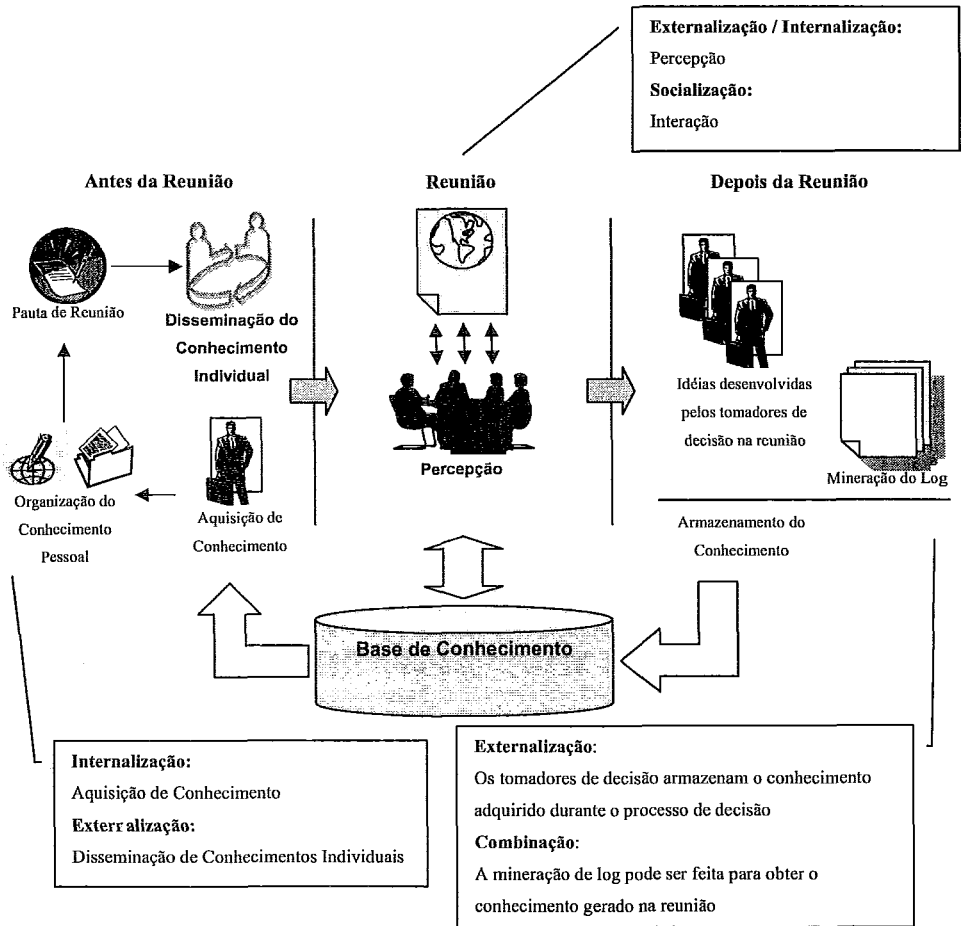
Na fase de escolha, um processo de externalização ocorre quando uma provável solução para o problema é escolhida. As alternativas e os pesos podem ser armazenados como indicadores de qualidade para a solução.

Quando a provável solução é aplicada ao mundo real, ocorre um processo de externalização quando resultados positivos ou negativos são armazenados e a qualidade da solução é avaliada. Nessa fase, processos e a qualidade dos resultados podem ser avaliados através do uso de questionários.

Depois que os objetivos são implementados, os tomadores de decisão armazenam os resultados práticos da solução, comparando-os com os resultados esperados. O resultado dessa comparação é armazenado na base de conhecimento, o que resulta em uma externalização de conhecimento.

Quando alguma falha ocorre em alguma dessas fases, ocasionando um retorno a fases anteriores, os casos de insucesso são também armazenados para acesso futuro, evitando a repetição de erros, correspondendo a uma externalização.

Além disso, (CASTRO, OLIVEIRA et al., 2002) identificam ainda outras conversões de conhecimento quando as atividades do processo decisório são executadas por grupos, o que é comum em tomadas de decisão no âmbito ambiental. Assim, as etapas envolvidas em uma reunião decisória podem ser analisadas quanto à conversão de conhecimento que estão envolvidas nestas, como é ilustrado na Figura 10.



**Figura 10-Processos de criação de conhecimento envolvidos na reunião decisória**

A fase de “Aquisição de Conhecimento” pode ser vista como um processo de internalização, já que os tomadores de decisão aprendem sobre o contexto do problema decisório. Na fase de Organização dos dados pessoais e na formulação da pauta de reunião ocorre um processo de externalização. Na disseminação do conhecimento individual ocorre um processo de externalização e internalização, pois conhecimentos tácitos são trocados entre os tomadores de decisão através de um meio formal.



Durante a reunião, ocorrem processos de externalização, internalização e externalização. O primeiro ocorre quando os tomadores de decisão formulam os resultados obtidos com a reunião. Já o segundo ocorre quando os tomadores de decisão estudam sobre novos problemas encontrados na reunião. Além disso, os participantes da reunião aprendem quando discutem o tema abordado com os outros participantes, geralmente praticantes de outra atividade funcional, caracterizando o processo de socialização.

Após a reunião, ocorre o processo de externalização quando tomadores de decisão armazenam o conhecimento adquirido durante a reunião. Um processo de combinação também é identificado quando uma mineração do *log* é feita para extração de conhecimentos.

## **2.4 – CSCW e *Workflow* como tecnologias de apoio à decisão**

O apoio ao trabalho cooperativo é de fundamental importância em processos decisórios que envolvem múltiplos tomadores de decisão, pois este tipo de atividade demanda coordenação, o auxílio à comunicação entre os usuários envolvidos no processo decisório e o acesso cooperativo a dados, informações e conhecimentos por parte destes usuários.

Neste intuito, esta seção irá apresentar conceitos e discussões sobre o apoio por computador ao trabalho cooperativo (*Computer Supported Cooperative Work -CSCW*) e a tecnologia de *Workflow*, tecnologias que são empregadas para apoio à decisão nesta dissertação.

### **2.4.1 – CSCW e *Groupware***

Os termos *groupware* e CSCW costumam ser utilizados como sinônimos, no entanto, o emprego destes termos tem aplicações diferentes. Enquanto CSCW é usado para designar a pesquisa na área do trabalho em grupo e como os computadores podem apoiá-lo, *groupware* tem sido usado para designar a tecnologia gerada pela pesquisa em CSCW (ELLIS, GIBBS et al., 1991; GRUDIN, 1994; QUATERMAN, 1990)

Para uma descrição mais formal, CSCW é o campo de pesquisa relativo ao projeto de sistemas baseados em computador para o apoio e melhoria do trabalho em grupo de usuários envolvidos em tarefas ou objetivos comuns, e ao entendimento dos efeitos da utilização de tais sistemas (GRUDIN, 1994).

Já *Groupware* representa uma classe de sistemas baseados em computador que apóiam grupos de pessoas engajadas em uma tarefa (ou objetivo) comum através de uma interface que proporciona um ambiente comum (ELLIS, GIBBS et al., 1991).

Assim, sistemas de correio-eletrônico, teleconferências, apoio à decisão em grupo e editores de texto colaborativos são exemplos de *groupware*, na medida em que promovem a comunicação entre os membros de um grupo de trabalho, e que contribuem com isso para que o resultado seja maior que a soma das contribuições individuais de cada membro do grupo.

Os principais requisitos de um *groupware* são:

- O sistema deve facilitar a cooperação entre indivíduos, ao invés de impor práticas que causem mudanças radicais na forma de trabalho;
- Sistemas de CSCW devem reconhecer que mudanças são freqüentes neste contexto, e que, por isso, devem ser capazes de permitir a redefinição de procedimentos e processos, além de disseminar estas mudanças entre os participantes;
- A construção de aplicações menores e inter-relacionadas é preferível ao desenvolvimento de aplicações monolíticas que incluem o conjunto completo de tarefas;
- Informações que serão usadas no trabalho cooperativo precisam estar fora do domínio de um indivíduo.

O trabalho cooperativo é baseado em três funções chave: Comunicação, Colaboração e Cooperação (CHAFFEY, 1998). Comunicação é a função base do trabalho em grupo que permite que informações sejam compartilhadas pelo grupo. Colaboração é a ação de cooperação na solução de problemas empresariais. Coordenação é o controle da efetividade e do cumprimento de objetivos do trabalho por parte da equipe.

#### **2.4.1.1 – Classificações de *Groupware***

Uma classificação dos sistemas de apoio à comunicação foi apresentada por DESANCTIS & GALLUPE (1987) e é amplamente utilizada na literatura. A classificação divide os sistemas em quatro quadrantes no que se refere às noções de tempo e espaço sob as quais as interações são realizadas, conforme é ilustrado na Figura 11.

	Mesmo Momento (síncrono)	Momentos Distintos (assíncrono)
Mesmo local	Salas de Reunião Compartilhamento de Tela/Documentos	Workflow Compartilhamento de documentos
Locais distintos	Compartilhamento de Tela/Documentos Video / Audio Conferência Conferência por computador	WorkFlow Conferência assíncrona pelo computador

Figura 11-Classificação de *Groupware* (Adaptado de (ELLIS, GIBBS et al., 1991))

O aspecto temporal avalia o sistema quanto ao tempo de envio e recebimento das informações. Quando o envio e o recebimento ocorrem simultaneamente, a comunicação é síncrona. A comunicação assíncrona ocorre quando o receptor recebe a informação em um momento diferente do momento de envio. Já o fator tempo, assim como a distancia, avaliam se o sistema permite que os usuários estejam em lugares distintos para estabelecer a comunicação.

Interações face-a-face são exemplos de cooperação realizada no mesmo ambiente físico e no mesmo espaço de tempo. Já uma troca de mensagens por correio eletrônico se dá em diferentes períodos de tempo e com as partes estando em diferentes ambientes.

ELLIS, GIBBS *et al.* (1991) identificam os seguintes tipos de aplicação de trabalho em grupo: sistemas de mensagem, editores de grupo, salas de reunião eletrônica, sistemas de conferência, agentes inteligentes e sistemas de coordenação do trabalho. No entanto, a exceção das salas de reunião eletrônicas e a coordenação do trabalho, esses tipos de *groupware* não serão abordados nesta dissertação.

#### 2.4.1.2 – Salas de Reunião Eletrônica

Salas de reuniões eletrônicas (*Electronic Meeting System - EMS*) são sistemas que oferecem ambientes especiais com grande suporte de hardware e software, para apoiar reuniões no mesmo local ou locais distintos sincronamente. Tipicamente, estes sistemas incluem assistência à preparação da pauta da reunião, à geração de idéias, à organização e priorização das idéias propostas, e à tomada de decisão (NUNAMAKER,

DENNIS et al., 1991). Entre as vantagens em potencial das reuniões eletrônicas podem ser destacadas:

- A geração automática de uma memória da reunião que aumenta a sinergia e a quantidade de informação disponível, e diminui o uso inadequado ou parcial da informação (por exemplo, fora de contexto);
- A comunicação paralela que gera mais informação em menos tempo e é mais estimulante para os participantes que podem estar gerando informação para o grupo enquanto “ouvem” outras pessoas. Tem como vantagem também reduzir o aspecto de dominação de um membro sobre o grupo, como acontece nas reuniões;
- A possibilidade do anonimato da opinião que aumenta a objetividade das informações e diminui a pressão da hierarquia de um ou alguns membros do grupo. Essa é na realidade uma questão polêmica, e como vantagem só é sustentada para certos tipos de reunião, como por exemplo, os *brainstorms*.

#### 2.4.1.3 – Coordenação do trabalho

A coordenação dos trabalhos é feita através de sistemas que auxiliam os membros de um grupo a alcançar um objetivo comum. Os sistemas de coordenação podem ser divididos em quatro tipos distintos: orientados a formulários, a procedimentos, à conversação e a comunicações estruturadas.

Os sistemas orientados a formulário são os sistemas de *Workflow* ou de Controle de Fluxo de Trabalho. Basicamente, este tipo de sistema preocupa-se com o roteamento de documentos (formulários) de uma organização.

No caso dos sistemas orientados a procedimentos, o foco está no controle das atividades dos usuários e na sua correta seqüência. Os procedimentos são encadeados em seqüência, de forma que o resultado de um procedimento alimente o seguinte, e assim sucessivamente até que todos tenham sido executados.

Os sistemas orientados a conversação controlam os pedidos e compromissos das pessoas através da monitoração de sua correspondência eletrônica. E finalmente, os sistemas orientados a comunicação estruturada, controlam as atividades de uma organização baseados no relacionamento entre as funções dos indivíduos.

## 2.4.2 – *Workflow*

*Workflow* é uma tecnologia de processamento da informação que auxilia a implementar processos do negócio, que podem ser facilmente adaptados para necessidades de um ambiente onde ocorrem muitas mudanças.

A Coalizão para Gerência de *Workflow* (*Workflow Management Coalition* – WfMC) (PRIOR, 2003) define um processo de negócio como sendo um conjunto de um ou mais procedimentos ou atividades relacionados, que atingem um objetivo coletivamente dentro do contexto de uma estrutura organizacional que define papéis funcionais e relações.

Processos podem variar significativamente em aspectos como tempo de duração e abrangência dentro das organizações, podendo envolver diversos sistemas de informação heterogêneos e distribuídos.

As atividades dentro de um processo podem englobar procedimentos executados por computadores, atividades automatizadas por máquinas ou atividades humanas, como reuniões, discussões ou uma tomada de decisão.

Um processo de negócios pode ser representado através de uma definição de processo. Segundo a WfMC (ALLEN, 2001), esta definição consiste de uma rede de atividades e seus relacionamentos, critérios de início e término do processo, e informações sobre as atividades em si, como participantes, aplicativos e dados de sistemas de informação relacionados, entre outros.

Processos de negócios podem ser representados por fluxos de trabalho, que são modelos que especificam as atividades do processo de negócio, a ordem e as condições em que estas devem se executadas, os executores de cada atividade, as ferramentas a serem utilizadas e os documentos manipulados durante a sua execução.

Um sistema de *Workflow* tem como principais objetivos a automação e o monitoramento de processos de negócios (representados por fluxos de trabalho). Constitui-se de um conjunto de ferramentas que permite o projeto e a definição de fluxos de trabalho, sua instanciação e execução controlada, bem como a coordenação e a integração de diversas ferramentas dentro de um mesmo fluxo de trabalho (ARAÚJO & BORGES, 2001).

Os principais elementos de um fluxo de trabalho são as atividades, que correspondem a uma parcela de trabalho a ser feita dentro do processo. São definidas

por elementos como nome, objetivos, instruções, dados, formulários e documentos necessários que podem ser manipulados durante sua execução.

As atividades são executadas por indivíduos, agentes, grupos ou papéis. Os indivíduos podem ser responsáveis pela execução de determinada atividade dentro de um fluxo de trabalho. Contudo, essa não é a estratégia ideal a ser seguida devido à rotatividade de pessoas dentro de uma organização, tornando necessário efetuar estas atualizadas nos fluxos de trabalho em execução sempre que ocorressem.

Um papel reúne um conjunto de características ou responsabilidades necessárias para a execução de uma ou mais atividades e, no momento da execução de determinada atividade, são representados por atores que podem ser pessoas ou agentes automatizados.

Pode ser necessário também que não apenas um ator seja responsável por determinada atividade, e sim um grupo de usuários. Dentro deste grupo, cada usuário pode ainda ter um papel definido.

Outro aspecto importante na definição do fluxo de trabalho é o encadeamento de atividades. As atividades em um fluxo de trabalho podem ser executadas seqüencialmente, uma após a outra, ou em paralelo, sob determinadas condições. Para tanto, são definidas as rotas, que determinam o seqüenciamento de atividades e elementos especiais que indicam condições para que uma atividade seja iniciada.

Além de prover um meio de controle de processos de negócio, um sistema de *Workflow* pode ter outras funcionalidades importantes de acompanhamento dos fluxos de trabalho, como a visualização do *status* de execução de uma instância de processo. Outras funções também podem ser contempladas, como por exemplo, auditorias automáticas (controle de versões dos documentos e formulários em cada passo do processo), priorização de atividades específicas e visão de carga de trabalho, permitindo ao administrador re-designar tarefas de usuários que estejam sobrecarregados de atividades.

Uma funcionalidade avançada em *Workflows* é o apoio a sub-processos. Conforme BUSSLER (1999), cada atividade pode ser elementar ou complexa. Uma atividade elementar é não-decomponível e pode ser executada por um ator. Por outro lado, uma atividade complexa é por si só um outro fluxo de trabalho que consiste de outras atividades. Atividades complexas permitem a decomposição hierárquica do processo em qualquer profundidade.

Quanto à classificação, sistemas de *Workflow* podem ser classificados com base no grau de estruturação e na frequência de execução dos fluxos de trabalho que apóiam. Com isso, são identificadas três categorias de classificação: *Ad-hoc*, Administrativos e de Produção (CHAFFEY, 1998).

Nos *Workflows Ad-hoc*, os fluxos de trabalho são pouco estruturados. Geralmente, correspondem a processos executados uma única vez, com características muito peculiares, o que torna inviável o reaproveitamento dos fluxos de trabalho para instâncias futuras. Não é possível prever todas as tarefas e seu encadeamento em uma fase de modelagem antes da execução propriamente dita. Os usuários finais atuam como desenvolvedores e coordenadores de seus próprios processos. É comum envolverem trabalho em grupo, geralmente centrado em algum documento ou artefato, sobre o qual interagem os membros da equipe. Envolve tipicamente atividades de geração de conhecimento, onde a criatividade dos executores tem grande influência em seu sucesso, demandando, portanto, flexibilidade em seu tratamento.

Nos *Workflows Administrativos*, os fluxos de trabalho possuem um maior grau de estruturação, tornando as tarefas envolvidas e seu encadeamento mais previsíveis, o que facilita o reaproveitamento de fluxos de trabalho. Apóiam processos administrativos, que são particulares a cada organização e podem ser alterados com frequência. Geralmente não constituem a única atividade atribuída às pessoas que os executam.

Por fim, nos *Workflows de Produção*, os fluxos de trabalho podem ser considerados completamente estruturados, podendo ser totalmente modelados antes de sua execução. Ocorrem frequentemente e geralmente são as principais atividades de seus executores. Podem ser comparados a processos fabris – a idéia é que possam ser ajustados para que sua execução seja o mais eficiente possível. Pelo fato de terem sua estrutura bem definida, seus executores não precisam usar de sua criatividade para definir etapas seguintes.

Estas categorias não devem ser consideradas disjuntas, ou seja, processos podem não ser completamente *ad-hoc*, administrativos ou de produção. As três categorias funcionam como um espectro contínuo onde podem se situar os diversos processos, conforme é ilustrado na Figura 12.

CHAFFEY (1998) sugere, ainda, uma dimensão para classificação de *Workflow* que relaciona o fluxo de trabalho com a necessidade de colaboração requerida entre os atores para a realização deste. Esta classificação indica que nos sistemas de Produção a

granularidade da definição das atividades e seu seqüenciamento é maior, pois são completamente estruturadas. Essa alta previsibilidade do processo evita que seus executores tenham que tomar decisões quanto ao direcionamento das atividades ou roteamento dos artefatos que estão sendo construídos, fazendo com que haja um menor grau de interação ou colaboração entre os executores do processo.

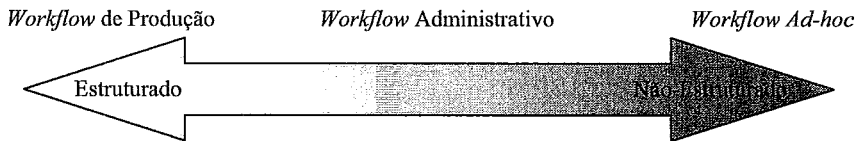


Figura 12-Classificação de Sistemas de *Workflow*

Em processos *Ad-hoc*, o sequenciamento das atividades é definido com uma menor granularidade, fazendo com que os executores do processo necessitem tomar decisões quanto ao roteamento do trabalho que realizam, pressupondo uma maior interação e negociação entre as partes envolvidas com o processo.

A utilização de sistemas de *Workflow* tem uma relação estreita com a memória organizacional. As instâncias geradas pela execução de fluxos de trabalho em sistemas de *Workflow* constituem importante fonte de conhecimento sobre os processos de negócio de uma organização, já que armazenam o conhecimento envolvido nestes.

Conforme ZHAO (1998), sistemas de *Workflow* complementam a funcionalidade das aplicações tradicionais, como correio eletrônico e bancos de dados, adicionando mais mecanismos de automação, como por exemplo:

- Integrando informações internas e externas e fontes de conhecimento, de forma que a recuperação do conhecimento seja mais eficiente;
- Provendo mecanismos para a geração de documentos, automatizando tarefas manuais, repetitivas e tediosas;
- Operacionalizando o modelo de *Workflow* de forma que as passagens de tarefas entre os agentes participantes seja automatizadas;
- Mantendo os históricos de execução do *Workflow* de modo que os indivíduos possam pesquisar casos antigos;
- Disponibilizando automaticamente o conhecimento necessário aos executores no momento que for preciso, o que pode ser chamado de “entrega de conhecimento na hora exata” (*just-in-time knowledge delivery*);



- Personalizando a estratégia de gestão do conhecimento de forma que os trabalhadores não sejam sobrecarregados com informações irrelevantes.

Sistemas de *Workflow* envolvem diferentes tipos de conhecimento, tais como conhecimento processual, descrições de tarefas, papéis, regras e rotas; conhecimento institucional, procedimentos e regulamentos de negócio; e conhecimento sobre o ambiente, regulamentações governamentais, associações industriais, competidores e clientes, etc. Estes tipos de conhecimento podem existir em várias formas, entre elas:

- Modelos de fluxos de trabalho;
- Históricos de fluxos de trabalho (instâncias);
- Dados transacionais contidos nos diversos sistemas de informação da organização;
- Documentos de apoio à decisão contidos nos sistemas de arquivos;
- Documentos em formato hipertexto provenientes de fontes externas, como a internet.

Um modelo de fluxo de trabalho pode ser considerado um tipo de metadado que engloba o conhecimento do processo em questão e parte do conhecimento institucional e o histórico do *Workflow* contém conhecimento sobre casos típicos e exceções (ZHAO, 1998).

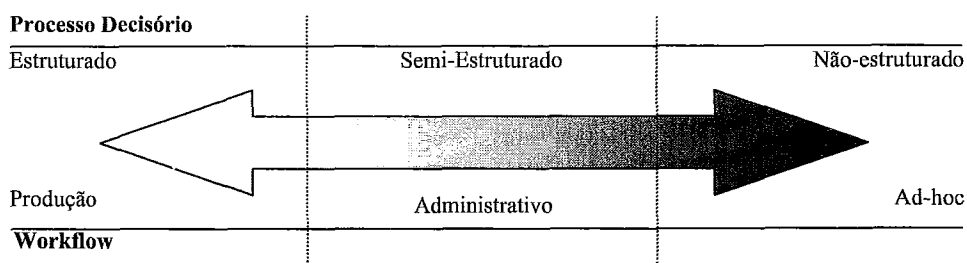
A distribuição automática da lógica do negócio pode ser obtida com melhor precisão porque o modelo de *Workflow* indica quem precisa do “quê” e “quando”, minimizando assim os custos de aprendizado. Registros transacionais costumam ser armazenados à parte de documentos devido a seus formatos, entretanto muitas vezes são utilizados em conjunto em determinados processos. Os históricos de instâncias de execução contém informações sobre casos típicos de negócio e exceções. As instâncias coletadas podem ser utilizadas posteriormente para treinamento, melhoria de processos, pesquisa, identificação de erros comuns, etc.

### **2.4.3 – *Workflow* e o Processo Decisório**

A seqüência de atividades de um processo decisório pode ser descrita através de um fluxo de trabalho e, assim, pode ser controlada por um sistema de *Workflow*. As informações de entrada e saída (dados, condições de execução, dispositivos a usar, entre outros) e os relacionamentos entre os diferentes passos do processo são expressos pela definição do fluxo do trabalho.

O uso de um sistema de *Workflow* para controle de processos decisórios que envolvem dados geográficos e colaboração foi introduzido por MEDEIROS, STRAUCH *et al.*(2000), na arquitetura SPeCS. O acompanhamento do processo decisório através de um sistema de *Workflow* permite a captura do raciocínio envolvido na tomada de decisão. Essa captura é de importante valia para a formação da memória organizacional, uma vez que o importante em um processo decisório não é qual foi a decisão tomada, e sim como e porque essa solução foi escolhida.

A classificação de sistemas de *Workflow* e de processos decisórios são similares, tratando de processos estruturados, semi-estruturados e não-estruturados, o que é mostrado na Figura 13. Nesse sentido, pode-se dizer que *Workflows Ad-hoc* podem ser utilizados para a execução e o acompanhamento de processos decisórios não-estruturados. Já os *Workflows Administrativos* podem ser aplicados a processos decisórios semi-estruturados e *Workflows* de Produção para processos decisórios estruturados.



**Figura 13-Comparação da classificação de Sistemas de *Workflow* e Processos Decisórios**

Como os processos de planejamento ambiental são atividades semi-estruturadas ou não-estruturadas, já que envolvem situações de decisões estratégicas, o sistema de *Workflow* aplicado a esse domínio deve tratar de processos não-estruturados e suas peculiaridades.

Para tratar dos problemas com baixo grau de estruturação de um processo decisório, é necessário implementar extensões semelhantes às extensões adequadas a *Workflows* científicos. *Workflows* científicos são extensões a sistemas de *Workflow* tradicionais, especialmente definidos para documentar procedimentos e experimentos científicos (WAINER, WESKE *et al.*, 1996; WEKE, VOSSEN *et al.*, 1996). O trabalho científico é caracterizado por um alto grau de flexibilidade e incerteza e a ocorrência de exceções é maior do que o trabalho comercial. Desta forma, os mecanismos de

*Workflow* padrão são insuficientes para descrever este tipo de trabalho, assim como o são para processos decisórios. Essas extensões são as seguintes:

- **Incompletude:** *Workflows* científicos podem ser executados até mesmo quando incompletos, sendo assim construídos progressivamente durante sua execução e não sendo necessário serem totalmente definidos antes de serem executados;
- **Reutilização parcial:** *Workflows* científicos diferem dos tradicionais, pois são considerados como blocos em construção para especificação de experimentos. Assim, *Workflows* parciais podem ser utilizados para a especificação de novos *Workflows*;
- **Modificação dinâmica:** *Workflows* científicos permitem re-executar atividades e também retroceder a uma atividade anterior, restabelecer seu contexto e continuar a execução por um novo curso de ação. Isto é, a especificação de um *Workflow* pode ser modificada dinamicamente;
- **Execução de processos inválidos:** no domínio científico, processos de decisão são baseados no mecanismo de tentativa e erro. *Workflows* científicos são flexíveis o suficiente para apoiar este tipo de abordagem;

## Capítulo 3 – DECISIO

A ferramenta desenvolvida nesta dissertação compõe um módulo do projeto SPeCS, da COPPE/Sistemas. Esse projeto visa implementar a arquitetura homônima ao projeto proposta por (MEDEIROS, 2002; MEDEIROS, SOUZA et al., 2001; MEDEIROS, STRAUCH et al., 2000).

Com isso, este capítulo começa apresentando o projeto, com os diferentes subsistemas que o compõem. A seguir, o subsistema DECISIO é detalhado, com seus principais requisitos e detalhes de desenvolvimento.

### 3.1 – O projeto SPeCS

O projeto SPeCS foi concebido com o objetivo de aprimorar a arquitetura SPeCS e desenvolver um sistema integrado no qual os requisitos e funcionalidades propostas na arquitetura fossem contemplados.

Esse sistema deve possuir ferramentas colaborativas baseadas na *web* de forma centralizada, onde a equipe envolvida no problema tratado pelo planejamento ambiental tenha acesso a todos os recursos e ferramentas de gerenciamento de suas atividades.

Com este objetivo o projeto foi dividido em cinco módulos distintos que são responsáveis por:

- Apoio à decisão colaborativa → Subsistema DECISIO;
- Gestão do conhecimento científico → Subsistema EPISTHEME;
- Gestão de documentos e conteúdos científicos → Subsistema DOC;
- Gerência de experimentos científicos → Subsistema BOE;
- Integração de dados → Subsistema X-ARC;

O papel de cada módulo é ilustrado na Figura 14 e detalhado posteriormente.

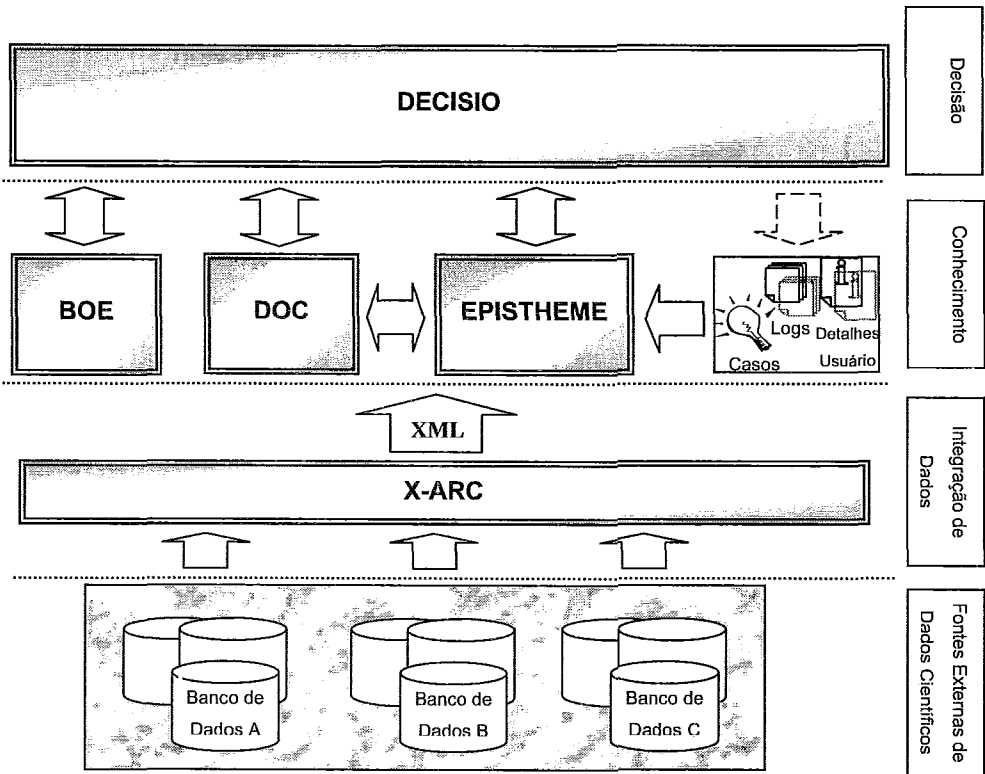


Figura 14 - Arquitetura de desenvolvimento do projeto SPeCS

### 3.1.1 – DECISIO - Apoio à Decisão Colaborativa

O subsistema DECISIO, tema desta dissertação, é responsável pelo apoio ao trabalho colaborativo em processos decisórios. Neste subsistema estão concentrados os principais requisitos estabelecidos na arquitetura SPeCS, a coordenação do processo decisório, a gerência de conflitos e o auxílio a tomadores de decisão que estejam geograficamente distribuídos.

Nesse sentido, o DECISIO deve facilitar o processo de tomada de decisão espacial colaborativa, permitindo: gerenciar o processo de decisão em grupo; prover meios de facilitar a negociação; projetar cenários interativos; e avaliar o impacto das decisões (CASTRO, OLIVEIRA et al., 2003a).

### **3.1.2 – EPISTHEME - Gestão do Conhecimento**

O subsistema de Gestão do Conhecimento, EPISTHEME (OLIVEIRA, SOUZA et al., 2002d; OLIVEIRA, SOUZA et al., 2002a; OLIVEIRA, SOUZA et al., 2002b; OLIVEIRA, SOUZA et al., 2002c), possui o papel de fornecer apoio à aquisição, identificação, integração, validação e criação e distribuição de conhecimento relacionados às atividades científicas.

Seu principal objetivo é ser um sistema pró-ativo, isto é, capaz de tomar iniciativas de acordo com o perfil e área de atuação do pesquisador, bem como reativo, respondendo as requisições e mudanças do ambiente. Desta maneira, o sistema provê no tempo certo novos e relevantes conhecimentos para auxiliar os pesquisadores em suas tarefas.

Sua principal contribuição é munir os pesquisadores e de todo o conhecimento possível para executar suas tarefas e tomar decisões colaborativas, disseminando o conhecimento individual para que se esse seja parte significativa do conhecimento organizacional.

### **3.1.3 – DOC - Gerência de Documento e Conteúdo**

O subsistema DOC possui o papel de Gerenciamento de Documentos e Conteúdos Científicos na arquitetura. Ele objetiva o compartilhamento de documentos e seus metadados entre grupos de pesquisadores, facilitando o trabalho de pesquisa e tomada de decisão de tal forma que seja possível captar, armazenar, pesquisar, localizar, converter, manipular e gerenciar versões de unidades de conhecimento em potencial, ou seja, documentos e conteúdos. A ferramenta acompanha o ciclo de vida das informações desde sua criação até o seu arquivamento. Outro fator importante referente a esse módulo é o gerenciamento de metadados dos documentos e seus respectivos conteúdos.

### **3.1.4 – BOE - Gerência de Experimentos Científicos**

O BOE (*Bill of Experiments*) (CARDOSO, SOUZA et al., 2002a; CARDOSO, SOUZA et al., 2002b) é responsável pelo gerenciamento de experimentos científicos, acompanhando e documentando a execução destes através da tecnologia de *Workflow*.

Seu principal objetivo é permitir que pesquisadores definam experimentos científicos através de fluxos de trabalhos dentro de um sistema gerenciador de *Workflows* para que seja possível o reuso posterior do experimento modelado.

Para auxiliar na elaboração de novos experimentos, esse subsistema disponibiliza também uma máquina de inferência que sugere a melhor alternativa para a condução de um experimento científico e sua execução computacional através de modelos matemáticos e, na inexistência de um experimento, orienta o pesquisador na obtenção deste.

### 3.1.5 – X-ARC - Integração de Dados

O subsistema X-ARC (PINTO, SOUZA et al., 2002) é o responsável pela obtenção e padronização de dados em diferentes fontes de dados na arquitetura. Ou seja, seu principal papel é permitir que dados de diferentes instituições sejam localizados de acordo com um determinado critério a fim de que possam ser visualizados, consultados, e que alguma informação possa ser extraída.

As consultas de dados enviadas a este módulo são transformadas em sub-consultas, de acordo com cada repositório de dados. O resultado de cada um deles é então traduzido, filtrado e agrupado em um único resultado que é retornado para o usuário ou aplicação que originou a consulta inicial de forma padronizada, utilizando a linguagem XML (*Extensible Markup Language*), conforme é ilustrado na Figura 15.



Figura 15 - Exemplo de dados gerados pelo XArc

Através dessa camada de integração de dados, é possível a abstração do usuário sobre as diferenças de capacidade de execução de cada um dos repositórios envolvidos e dos diferentes formatos de dados empregados.

### **3.2 – DECISIO – Apoiando Decisões**

O DECISIO (CASTRO, SOUZA et al., 2003), objeto desta dissertação, é uma extensão das ferramentas de auxílio à decisão espacial colaborativa do projeto SPeCS. Dentro da arquitetura, o DECISIO possui o papel de fornecer ferramentas colaborativas para o acompanhamento do processo decisório e, com isso, facilitar a interação entre os diversos participantes envolvidos na tomada de decisão.

A finalidade do DECISIO é auxiliar atividades de Planejamento Ambiental. Como já visto anteriormente, este tipo de atividade geralmente envolve tomadas de decisão onde o uso de dados geográficos é um fator preponderante. Além disso, essas atividades envolvem especialistas de diferentes áreas, como biólogos, químicos, ecólogos, geólogos, geógrafos, hidrólogos e especialistas em clima.

Assim, os estudos para a elaboração do DECISIO foram feitos com o objetivo de fornecer todo o apoio para que estes profissionais interajam entre si, trocando conhecimentos de sua área específica e produzindo soluções eficazes.

O primeiro fator levado em consideração, o trabalho colaborativo, teve como principal âmbito de estudo os problemas comumente encontrados em trabalhos em grupo estudados no capítulo 2.

Outro fator importante estudado foi a dinâmica do conhecimento envolvida no processo decisório. Conforme descrito em (CASTRO, OLIVEIRA et al., 2003b), o processo decisório é uma fonte de conhecimento, já que, além de envolver uma forte pesquisa de conhecimentos acerca do problema abordado, explicita o uso destes conhecimentos na criação de uma solução para o problema.

Com isso, o DECISIO possui como principal requisito as seguintes funcionalidades:

- Fornecer ferramentas para auxílio no planejamento decisório;
- Permitir a Definição, execução e acompanhamento de processos de decisórios, incluindo sub-processos subjacentes a este;
- Permitir a colaboração entre os profissionais envolvidos no planejamento, permitindo a resolução de conflitos e evitando que estes ocorram no trabalho de planejamento;



- Fornecer conhecimentos relevantes durante as atividades do processo;
- Mapear os conhecimentos empregados e capturar novos conhecimentos gerados no processo.

### **3.2.1 – Apoiando Decisões no Planejamento Ambiental**

A tomada de decisão no planejamento ambiental geralmente envolve a necessidade de conjuntos de dados, especialistas em áreas específicas, a discussão da abordagem a ser escolhida, a atribuição de responsabilidades aos profissionais da organização, ou seja, envolve o emprego e associação de diferentes tipos de recursos.

Com isso, as ferramentas de planejamento da decisão têm como principal objetivo fornecer meios para o planejamento da utilização destes tipos de recurso em todo o processo decisório. Ainda, é necessário ter em vista que o planejamento decisório nem sempre é feito por um só indivíduo. Especialmente no planejamento ambiental, as atividades de planejamento são executadas por diferentes equipes das diferentes áreas das quais o problema decisório está relacionado. Com isso, a essas ferramentas de planejamento, devem ser acrescentados os fatores colaborativos referentes a essas necessidades.

A definição do processo decisório pode ser considerada como constante das atividades de planejamento. Através dela, são definidas as tarefas que serão executadas, as equipes ou pessoas responsáveis por cada tarefa, os documentos e dados necessários para a execução destas e, principalmente, a ordem de execução, as condições para que sua execução seja iniciada e a troca de dados entre as tarefas definidas.

A perfeita execução dos processos decisórios está relacionada à qualidade de uma decisão. Apesar de um processo decisório bem executado não assegurar que o resultado da decisão seja bom, processos decisórios mal executados geralmente levam a decisões mal tomadas. Com isso, torna-se necessário controlar a execução dos processos decisórios. Assim, é necessário garantir que tarefas as tarefas do processo decisório sejam executadas na hora certa, pela pessoa certa, dentro de prazos apropriados, e que sejam fornecidos todos os recursos necessários para que sejam bem executadas.

O apoio às atividades colaborativas se dá através da facilitação da interação entre os tomadores de decisão. A troca de idéias, dados, informações, conhecimentos e discussões acerca de determinados assuntos relacionados à decisão entre os participantes do processo é primordial para o melhor entendimento do problema decisório e, conseqüentemente, para a formulação e escolha da melhor alternativa.

O fornecimento de conhecimentos relacionados às atividades decisórias também é importante para o resultado da decisão. Quanto maior o conhecimento sobre o domínio do problema tratado, menor é o nível de incerteza da decisão tomada, isto é, tomadores de decisão podem ter um maior grau de certeza das conseqüências de cada alternativa quando possuem maior conhecimento destas. Esse conhecimento pode ser dado através de casos passados, reuniões com especialistas ou qualquer outra forma de prover um melhor entendimento de questões relacionadas à decisão.

Ainda, devido ao fator de envolvimento de diferentes especialistas, este tipo de atividade se torna uma fonte rica de geração de novos conhecimentos. Esses conhecimentos podem estar relacionados à região em estudo, aos aspectos interdisciplinares, a culturas de plantio, a aspectos sociológicos, ou seja, estão relacionados a valores inseridos no contexto do problema e das diferentes áreas de atuação que este envolve.

### **3.2.2 – Principais características propostas pelo DECISIO**

No DECISIO, a colaboração é feita através de ferramentas de trabalho em grupo. Essas ferramentas são importantes, pois permitem que os diferentes participantes do processo decisório interajam entre si sem a necessidade de reuniões onde a presença física é necessária e reduzem as chances de ocorrência de conflitos entre membros do grupo e auxiliam na obtenção de um consenso para a decisão tomada.

Outro fator importante é a criação de um ambiente de captura do processo de raciocínio utilizado para chegar à conclusão da decisão apropriada. Assim, não só a solução escolhida é armazenada, mas também o modo como esta foi escolhida, quais eram as alternativas possíveis e quais eram os cenários existentes à época da escolha.

Através do controle computacional das atividades decisórias e da interação entre os diferentes especialistas envolvidos na decisão, o conhecimento pode ser mais bem captado, o que faz com que novos conhecimentos possam ser identificados mais facilmente e conhecimentos já existentes possam ser aprimorados.

Como o processo decisório envolve o uso constante de conhecimentos relativos ao problema decisório, além de possuir o papel de fornecer as ferramentas decisórias colaborativas, o DECISIO tem a função de mapear todo o conhecimento envolvido na tomada de decisão e identificar os conhecimentos utilizados pelos tomadores de decisão, registrando recursos importantes para a conclusão obtida e novos conhecimentos criados

a partir da colaboração dos diferentes profissionais e daqueles gerados através do entendimento do problema decisório.

Assim sendo, o DECISIO interage com o módulo de gestão do conhecimento, o EPISTHEME, de forma que todo o conhecimento gerado possa ser armazenado e todo o conhecimento utilizado seja registrado como relevante para o problema decisório tratado.

Além da gestão do conhecimento, as outras funcionalidades contempladas pela arquitetura SPeCS e implementadas através dos outros subsistemas do projeto têm um papel muito importante para o processo de tomada de decisão. A camada de integração de dados, por exemplo, agrega um valor muito importante no processo decisório. Na identificação do problema, etapa constante no processo geral de tomada de decisão implementado por SIMON (1960), a recuperação de dados é uma das atividades preponderantes para o melhor entendimento do problema decisório, atividade que é apoiada pelo mediador X-ARC. Já o subsistema gerência de documentos DOC permite administrar e acompanhar o ciclo de vida dos documentos envolvidos no processo decisório. Por fim, a gerência de experimentos científicos, feita através do subsistema BOE, permite a estruturação e acompanhamento de experimentos científicos, comuns em atividades de pesquisa, como aquelas encontradas no planejamento ambiental.

A construção do DECISIO foi feita utilizando o processo geral de tomada de decisão introduzido por SIMON (1960). Neste trabalho, os passos que geralmente são seguidos em uma tomada de decisão são descritos. Essa estratégia foi adotada com o objetivo de entender melhor as necessidades de uma tomada de decisão e construir, assim, as ferramentas de apoio à decisão. A elaboração de cada ferramenta proposta foi baseada nas necessidades apontadas pelo processo para cada etapa. No entanto, no DECISIO, o processo decisório é executado como um fluxo de trabalho em um sistema de *Workflow*, que não é restrito a este processo de decisão. Assim, o uso das ferramentas desenvolvidas é facultativo e outras ferramentas podem ser utilizadas para efetuar o processo decisório.

A arquitetura do DECISIO está ilustrada na Figura 16. Os módulos de definição e execução do processo são responsáveis pela criação e execução dos processos decisórios, respectivamente. Este processo pode fazer uso das ferramentas colaborativas desenvolvidas no DECISIO, a saber: **Reunião Eletrônica**, **Geração de Idéias (Brainstorm)**, **Análise de Alternativas**, **Votação**, **Classificação** e **Avaliação**, bem

como outras aplicações externas, como planilhas, documentos textos, gerenciadores de projeto e principalmente Sistemas de Informação Geográfica.

Nas próximas seções, os requisitos de cada sistema serão apresentados. Em seguida, a integração do DECISIO com os demais subsistemas do projeto SPeCS serão detalhadas. Por conseguinte, é feita uma análise da utilidade destas ferramentas de acordo com o processo decisório elaborado por SIMON (1960). Finalmente, são apresentados os detalhes e o estado de implementação dos módulos de desenvolvimento.

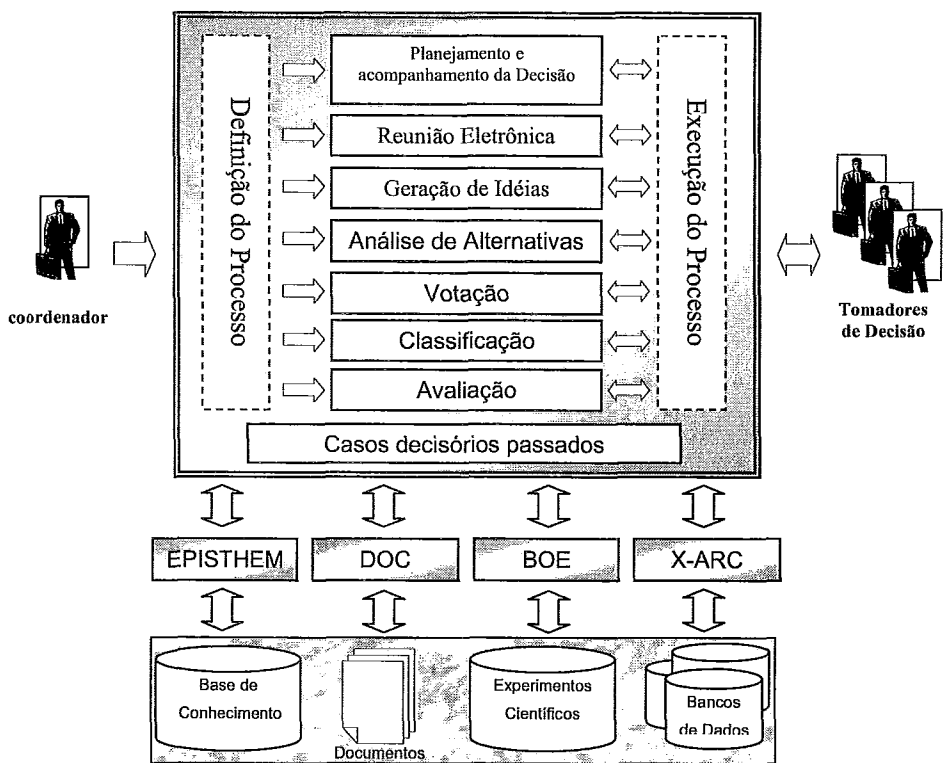


Figura 16 - Arquitetura DECISIO

### 3.2.3 – Definição e Execução de Processos

O módulo de **Definição de Processos** é responsável pela definição de processos decisórios, permitindo a alocação de equipes ou de especialistas às tarefas inerentes ao processo. Através desta ferramenta, as tarefas são definidas, com o estabelecimento dos dados, parâmetros de entrada e saída, documentos e ferramentas necessárias para a sua execução, além de sua ordem cronológica.

Já o módulo de **Execução de Processos** coordena a execução dos processos decisórios, sendo responsável pelo escalonamento das tarefas dentre os usuários e grupos envolvidos na tomada de decisão. O principal controle efetuado é a disponibilização das tarefas a serem executadas pelos usuários do sistema. Certas tarefas só podem ser executadas quando alguns pré-requisitos são preenchidos. Outras, só podem ser executadas com o auxílio de determinadas ferramentas.

No DECISIO, para atender a estes requisitos, esses módulos são implementados através de um sistema de gerência de *Workflow*. Assim, os processos decisórios são definidos e executados como fluxo de trabalhos.

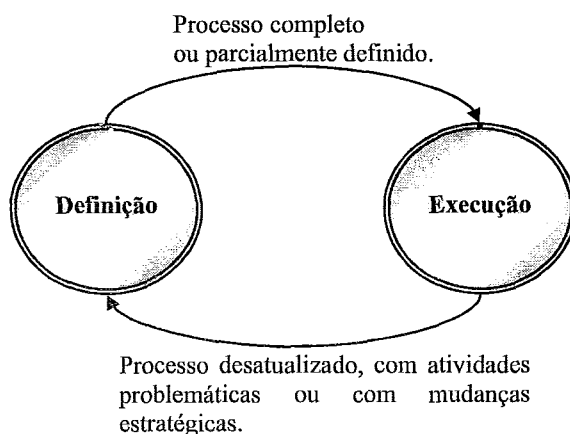
No sistema de *Workflow*, a definição do processo é feita através da ferramenta de definição de fluxo de trabalhos. Nela, atividades são criadas e alocadas a papéis ou grupos de usuários existentes na organização. Por exemplo, no contexto ambiental uma tarefa poderia ser alocada a um meteorologista ou ao grupo de meteorologia da empresa. Através desta ferramenta, são especificados também os dados e documentos necessários para a execução das atividades, a ordem cronológica e condições de execução destas e os prazos que devem ser atendidos.

A execução do fluxo de trabalho é garantida pela máquina de *Workflow*. Quando um processo está em execução, as tarefas que se tornam disponíveis são atribuídas às listas de tarefas dos tomadores de decisão que exercem o papel associado à tarefa para serem executadas. Se qualquer ferramenta foi configurada para ser utilizada na execução da tarefa, a máquina de *Workflow* invoca automaticamente a aplicação e ajusta todos os parâmetros para a execução da tarefa.

A definição e execução de processos decisórios na área de planejamento ambiental não são processos estanques, como ocorre em fluxos de trabalhos tradicionais, onde primeiramente são totalmente definidos para então serem executados. Processos decisórios podem ser considerados contínuos, isto é, um processo pode ser executado antes que seja completamente definido (Figura 17). Além disso, quando uma atividade falha, novas atividades podem ser definidas para substituir a atividade problemática.

Assim, levando-se em consideração essa característica desestruturada, para apoiar a execução de processos decisórios, o sistema de *Workflow* implementado no DECISIO adota as seguintes características:

- Modificação Dinâmica
- Incompletude
- Reutilizacao Parcial



**Figura 17 - Definição x Execução de Processos**

Além disso, no planejamento ambiental, onde as atividades são modificadas constantemente, quer seja pela simples mudança de diretivas, quer pela própria natureza inovadora da solução, a adoção da tecnologia de sistemas de *Workflow* não almeja a automatização de processos, e sim a manutenção e controle de sua execução, bem como a documentação dos processos, registrando um histórico de processos decisórios ambientais na empresa.

Essa documentação possibilita a formação da memória organizacional de projetos ambientais dentro da empresa. Dessa forma, os modelos decisórios passados podem ser acessados e reutilizados.

Contudo, o sistema de *Workflow* do DECISIO também implementa outras características comuns aos sistemas tradicionais. A principal é a capacidade de definição de sub-processos. Processos decisórios na área de planejamento ambiental demandam a realização de outros processos menores onde o nível de repetição e similaridade àqueles executados em outros processos é alto. Para estes processos menores e mais corriqueiros, a utilização de sistemas de gerenciamento de *Workflow* permite sua automatização.

Além disso, o DECISIO implementa os elementos de controle de fluxo, controle de prazos e interface com programas externos. Na Figura 18, é exibido um exemplo da execução de uma tarefa no DECISIO.

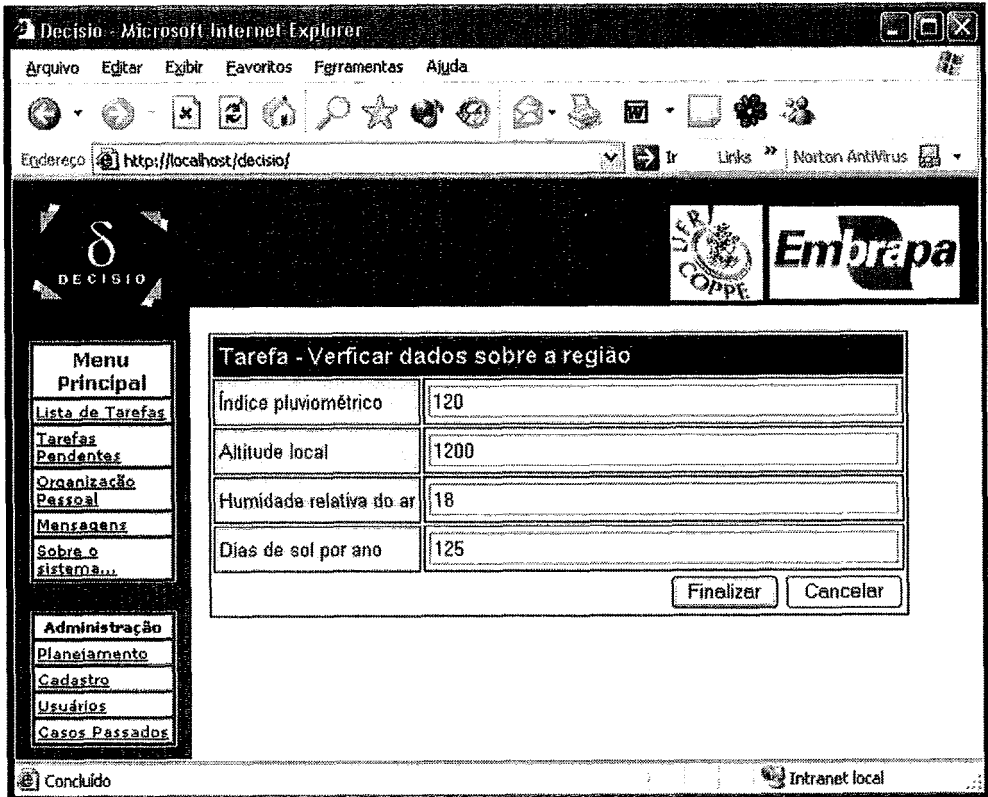


Fig.18 – Execução de uma tarefa no Sistema de Workflow do Decisio

### 3.2.4 – Casos Decisórios Passados

A principal vantagem do uso da tecnologia de *Workflow* é a criação de uma base de modelos de processos decisórios ambientais, isto é, os modelos dos fluxos de trabalho, com a descrição do problema, os passos necessários para alcançar a solução e todos os recursos mandatórios para a execução desses passos.

Além da base de modelos, uma base de casos associados aos modelos também é criada, isto é, instâncias de fluxo de trabalho, com conhecimento acerca da execução das atividades, dados relevantes ao processo, conhecimentos envolvidos, alternativas, critérios, problemas encontrados no processo de execução, e outros tipos de informação são armazenados como casos de sucesso ou insucesso.

A representação de conhecimento através de instâncias facilita o tratamento de exceções e anomalias, comum em processos decisórios ambientais, já que todo caso

representa uma situação que foi experienciada e como foi resolvida. Dessa maneira, exceções e anomalias podem ser evitadas ou tratadas de modo análogo aos casos similares.

Para ajudar na elaboração de novos modelos decisórios, casos passados similares ao problema corrente podem ser utilizados através da estratégia de Raciocínio Baseado em Casos (*Case Based Reasoning - CBR*)(WATSON, 1997).

CBR é uma técnica para solução de problemas que relembra e adapta soluções que foram usadas para resolver problemas similares anteriores (AAMODT & PLAZA, 1994; WATSON, 1997). No CBR, um caso contém informações sobre uma experiência passada, como a descrição da situação encontrada, em que esta difere de outras situações e como o sistema reagiu à situação.

O ciclo básico do processamento do CBR pode ser descrito como: dado um problema, obter soluções anteriores relevantes, adaptá-las para o problema atual e armazenar o novo caso, juntamente com sua solução. Em (KOLDNER & JONA, 1991), este processo é resumido nas seguintes atividades, ilustradas na Figura 19:

- 1) Recuperar: analisar o caso de entrada extraindo os descritores relevantes e recuperar, utilizando estes descritores, os casos mais similares ao caso de entrada. Esta atividade é fundamentada em técnicas como esquemas de classificação e métricas de similaridade;

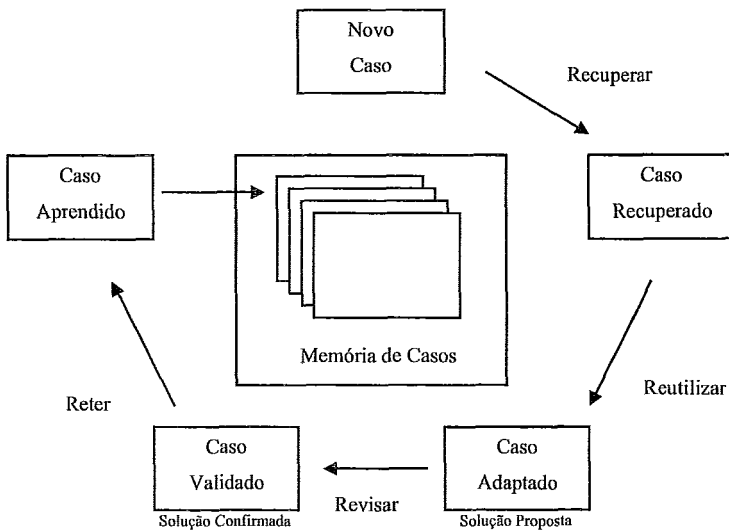


Figura 19 - Ciclo básico de processamento em CBR(adaptado de (KOLDNER & JONA, 1991))



- 2) Reutilizar: construir novas soluções a partir das soluções dos casos recuperados e/ou partes destas, através de ajustes e adaptações;
- 3) Revisar: avaliar e testar a solução construída para determinar sua correteza;
- 4) Reter: acrescentar o novo caso à memória.

Dois tipos básicos de implementação de sistemas de CBR podem ser distinguidos (KOLDNER & JONA, 1991):

- Sistemas totalmente automáticos: Resolvem problemas de forma autônoma e tem mecanismos de interação com o mundo para avaliar os resultados de suas decisões.
- Sistemas de recuperação de informação baseado em casos: apenas subsidiam pessoas que resolvem os problemas, como uma extensão da memória do usuário, a quem cabe realizar o raciocínio e tomar decisões.

O DECISIO usa a segunda abordagem para implementar o módulo de **Casos Decisórios Passados**, que permite que os usuários do sistema façam uma busca precisa dos modelos decisórios similares que já foram executados na empresa e possam reutilizar total ou parcialmente estes modelos, além de suas instâncias de execução.

Assim, a recuperação do modelo é o primeiro passo no reuso de soluções no DECISIO. Identificar o modelo mais similar ao modelo desejado para uma nova situação torna disponível ao usuário informações relevantes e reduz o trabalho de adaptação e adequação do modelo em uma nova situação.

A base de modelos contém modelos (metadados dos processos) armazenados e a base de casos contém casos associados aos modelos. Para recuperar um modelo, o usuário provê uma descrição do problema, que é comparada com os casos armazenados na base de casos. O sistema retorna ao usuário o modelo mais semelhante ao problema descrito.

O usuário pode fazer as adaptações necessárias para reusar o modelo como solução para o novo problema. Uma vez validado pelo usuário, se o modelo difere dos modelos que já foram armazenados, é armazenado na base de modelos e o caso correspondente é armazenado na base de casos, se não, somente o novo caso é armazenado.

### 3.2.5 – Planejamento e Acompanhamento da Decisão

O módulo de **Planejamento e Acompanhamento da Decisão** possui o papel de controlar o planejamento e o desenvolvimento do processo decisório e permitir que os usuários do sistema possam elaborar planejamentos pessoais quanto à decisão a ser tomada.

Assim, essa ferramenta armazena e gerencia todas as informações relativas ao processo decisório, dentre os quais:

- Definição do problema decisório: o problema decisório pode ser descrito. Essa descrição é um primeiro passo para a elaboração do processo decisório;
- Propriedade do problema: o problema é associado às áreas competentes dentro da empresa para sua solução;
- Descrição do problema decisório: são especificados diferentes aspectos das diversas áreas envolvidas no processo decisório;
- Dados: os dados capturados pelo usuário através do mediador X-ARC cujos tomadores de decisão consideram relevantes para o processo decisório podem ser armazenados, gerenciados e disponibilizados para acesso durante todo o processo decisório;
- Documentos: documentos podem ser associados ao processo decisório e novos documentos podem ser gerados. Esses documentos são controlados pelo Doc e associados aos processos decisórios;
- Experimentos: experimentos gerados no BOE podem ser associados ao processo decisório;
- Conhecimentos: conhecimentos explícitos da base de conhecimento fornecida pelo EPISTHEME podem ser associados ao processo decisório, como por exemplo, casos passados e contatos de especialistas em diferentes áreas;
- Critérios: critérios são estabelecidos para a escolha da melhor opção;
- Alternativas: alternativas são criadas, alteradas e eliminadas;
- Processo decisório: o fluxo de trabalho do processo decisório é definido, definindo a metodologia de decisão a ser utilizada;

Além disso, a ferramenta gerada por este módulo controla a interação assíncrona entre os usuários do sistema, visando registrar:

- Lista de mensagens: Mensagens são trocadas pelos usuários de forma privada ou pública. As mensagens podem ser georeferenciadas e os usuários podem visualizar os dados geográficos;
- Discussão por tópicos: Tópicos relevantes para a tomada de decisão podem ser discutidos pelos usuários;
- Pautas de reunião: Pautas para reuniões podem ser criadas, com diferentes atribuições para usuários distintos;
- Atas de reunião: Atas de reuniões podem ser criadas e acessadas pelos usuários, principalmente aqueles que não estavam presentes à reunião realizada.

O outro papel desempenhado pela ferramenta desenvolvida nesse módulo, de organização pessoal do tomador de decisão, permite que este crie um ambiente onde as informações que julga serem interessantes para si no desenvolvimento de seu trabalho são armazenadas e facilmente acessadas. Essas informações são praticamente as mesmas do processo decisório, como documentos, dados e pautas de reunião pessoais.

### 3.2.6 – Reunião Eletrônica

O módulo de **Reunião Eletrônica** (Figura 20) provê uma ferramenta que propicia um ambiente onde os membros da equipe acessam dados e trocam conhecimentos individuais através de discussões sobre a decisão a ser tomada.

O sistema permite que reuniões possam ser feitas mesmo que os profissionais que devem participar da reunião estejam geograficamente distribuídos. Além disso, o sistema permite acesso a dados geográficos de modo colaborativo. Todos os participantes da reunião têm acesso aos mapas envolvidos no processo decisório. A permissão de consulta aos mapas é dada ao coordenador do grupo. Os resultados são representados em forma de camadas (*Layers*), que podem ser acessadas por todos os membros do grupo.

A discussão pode ser georeferenciada, isto é, ao citar uma determinada área do mapa da região em discussão, o usuário da ferramenta pode fazer referência a área da qual está mencionando. Assim, os interlocutores podem visualizar o mapa citado e obter informações sobre a região tratada com apenas um clique sobre o georeferenciamento indicado.

Além disso, documentos armazenados no sistema gerenciador de documentos ou conhecimentos armazenados na base de conhecimento, como casos passados, indicação

de especialistas, melhores práticas podem ser citados na argumentação. Assim como no georeferenciamento, os interlocutores necessitam apenas clicar na citação para acessar os recursos em seu sistema de origem, DOC e EPISTHEME, respectivamente.

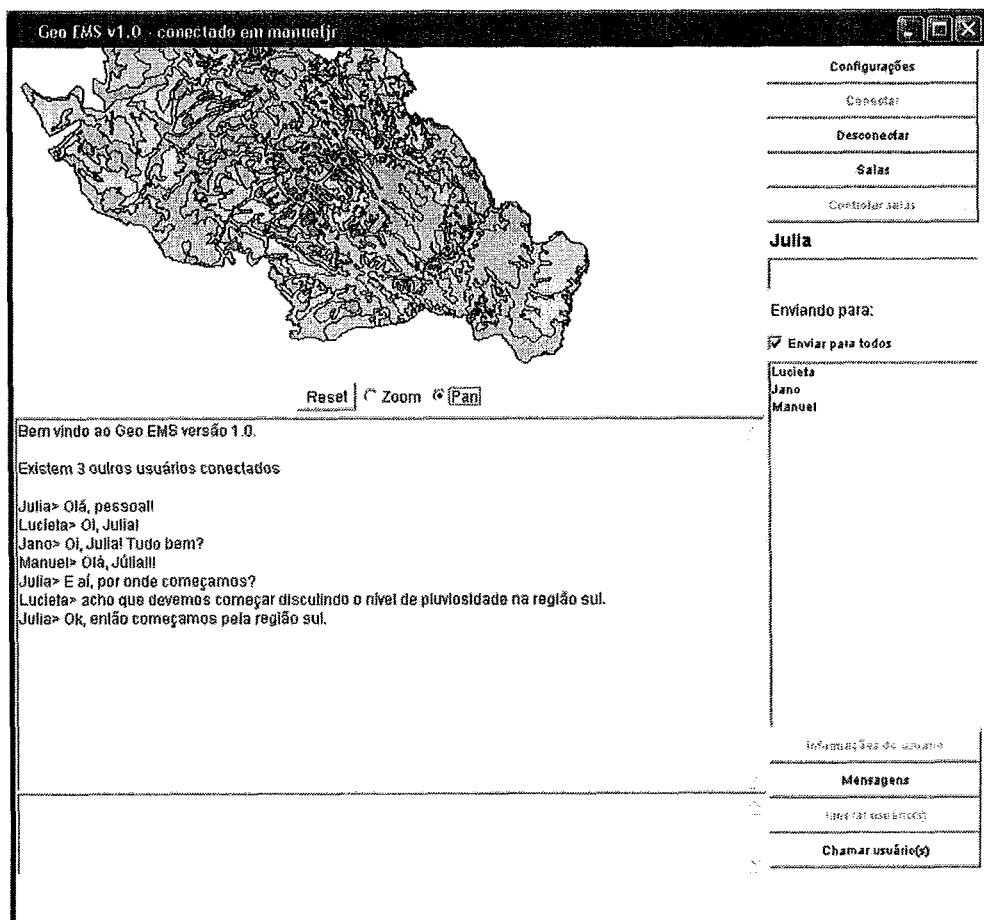


Figura 20 - Sistema de Reunião Eletrônica no Decisio

### 3.2.7 – Geração de Idéias (Brainstorm)

No DECISIO, o módulo de **Geração de Idéias** é responsável pelo desenvolvimento de uma ferramenta de *brainstorm* cujo objetivo é auxiliar o grupo envolvido na decisão a estabelecer um conjunto de idéias relacionadas a tópicos sobre a decisão a ser tomada. Através desta ferramenta, os usuários participam anonimamente ou não, gerando um fluxo livre de idéias, as quais são usadas para a discussão da decisão a ser tomada.

Todas as idéias geradas durante o processo são armazenadas e podem ser usadas de diferentes formas, a depender da metodologia utilizada para o processo decisório.

Esse módulo está atrelado ao módulo de reunião eletrônica. A partir desta abordagem, as idéias e os tópicos do processo de geração de idéias podem ser georeferenciados, pois sua estrutura de conversação georeferenciada é usada para permitir o fluxo de idéias.

### 3.2.8 – Análise de Alternativas

O módulo de **Análise de Alternativas** desenvolve uma ferramenta de auxílio à análise das alternativas. Nela, o grupo de decisores pode elaborar uma hierarquia de decisão, com o estabelecimento dos seus critérios e sub-critérios para a avaliação das alternativas, conforme ilustra a Figura 21. A hierarquia de critérios e alternativas é analisada através do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) (SAATY, 1980). Os resultados podem ser avaliados *online*, enquanto critérios e pesos de alternativas são atribuídos.

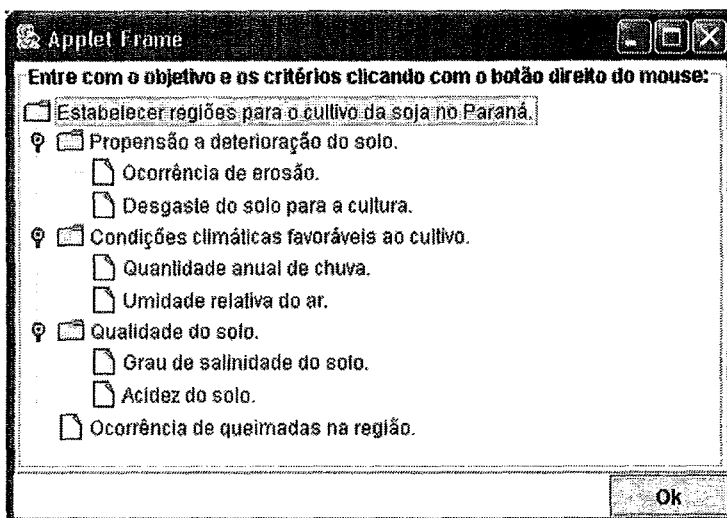


Figura 21 – Estabelecimento de Hierarquia de decisão no DECISIO

A ferramenta de análise de alternativas é composta de duas funcionalidades: Definição de Hierarquia e Análise de Hierarquia. A primeira deve ser usada para elaborar hierarquias colaborativamente, com seus critérios e alternativas.

Na segunda, participantes da reunião avaliam a hierarquia com a aplicação de pesos entre os critérios e alternativas através de comparações pareadas, conforme ilustra a Figura 22. O resultado é obtido através da aplicação do método AHP. Os resultados

podem ser avaliados *online*, assim que os pesos para os critérios e alternativas são atribuídos.

Crítérios e alternativas podem ser mapas, ou descrições georeferenciadas. O resultado da análise aponta para a melhor escolha na opinião do grupo, o que não implica que esta seja a escolha definitiva. Trata-se apenas de um auxílio para alcançar a melhor escolha através do consenso de modo mais rápido. Essa ferramenta é útil para avaliar cada alternativa com critérios das diferentes áreas envolvidas no planejamento ambiental.

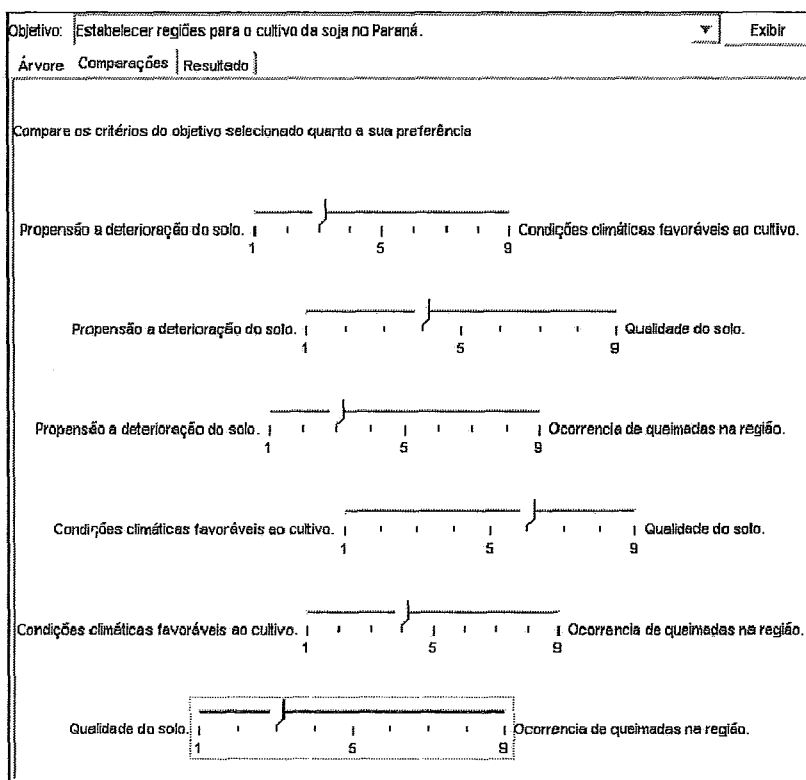


Figura 22 - Análise comparativa pareada de critérios no Decisio

### 3.2.9 – Votação

O módulo de votação disponibiliza uma ferramenta de votação para apoiar a escolha dos tomadores de decisão, como, por exemplo, auxiliar na escolha de alternativas ou definir estratégias dentro do grupo.

A depender da metodologia de decisão empregada no processo decisório, essa ferramenta pode possuir um papel muito importante, como naquelas em que em alguma fase escolhas devam ser tomadas através da eleição.

Nesta ferramenta são contempladas diferentes formas de votação, tais como:

- Votação em um candidato: Usuários votam na alternativa que mais lhe convier e a classificação das alternativas se dá pela quantidade de votos recebidos, da mais votada para a menos votada;
- Votação em candidatos múltiplos: É similar ao sistema de votação anterior. A única diferença é que os usuários podem votar em mais de uma alternativa;
- Votação por aprovação e rejeição de alternativas;
- Votação por classificação de alternativas.

O uso dos diferentes sistemas de votação vai depender do objetivo almejado da escolha. Em ambientes onde há um alto nível de discordância e certas alternativas tenham altos níveis de rejeição e aceitação, por exemplo, a votação por aprovação e rejeição de alternativas pode ser utilizada.

Essa ferramenta possibilita ainda a criação de alternativas de voto georreferenciadas, os usuários podem acessar os mapas e dados referenciados no momento da votação.

### **3.2.10 – Classificação**

O módulo de **Classificação** visa criar uma ferramenta cujo papel é armazenar as melhores alternativas correntes durante o processo decisório. A ordem de classificação das alternativas é mantida pelos tomadores de decisão. Para tanto, a ferramenta de votação pode ser utilizada como meio de obter essa ordenação, por exemplo. O histórico da classificação em todo o processo decisório é mantido. As alternativas podem ser descrições georreferenciadas ou não.

### **3.2.11 – Avaliação**

O módulo de **Avaliação** tem como objetivo criar uma aplicação que permita a criação e manutenção de questionários que podem ser associados às atividades decisórias e às decisões, por exemplo.

Cada item do questionário pode ser associado a valores quantitativos ou descritivos. Também é possível a criação de itens de resposta, permitindo-se assim perguntas com múltiplas escolhas.

Depois que os questionários são preenchidos pela comunidade pesquisada, o resultado da pesquisa pode ser avaliado de forma amigável, através de relatórios ou consultas específicas.

Essa ferramenta pode ser utilizada também para verificar a eficiência e eficácia do resultado gerado pela implementação da solução escolhida. Os dados colhidos pelos questionários podem ser comparados aos valores considerados ideais esperados. Assim, o desempenho da solução proposta pelo processo decisório pode ser medida.

### **3.2.12 – Integração com outros módulos do projeto SPeCS**

A interação do DECISIO com os demais módulos do projeto SPeCS pode se dar na forma de acesso direto do usuário a esses sistemas ou através da interação direta entre os sistemas. No primeiro caso, a integração se dá através de referências de hipertexto ao sistema. Na segunda, um protocolo de interface de aplicação entre os módulos é utilizado.

Nesta seção, nos tópicos a seguir, serão abordados como o DECISIO se integra aos demais módulos.

#### **3.2.12.1 – Integração do DECISIO com o EPISTHEME**

O EPISTHEME possui um papel importante para o DECISIO, pois permite que os tomadores de decisão com conhecimentos sobre o domínio do estudo ambiental, permitindo tomadas de decisões com maior grau de certeza.

A integração do DECISIO com o EPISTHEME foi estudada em (CASTRO, OLIVEIRA et al., 2002; CASTRO, OLIVEIRA et al., 2003a; CASTRO, OLIVEIRA et al., 2003b). Através da integração dos dois sistemas é possível efetuar o gerenciamento dos conhecimentos no processo decisório.

#### **3.2.12.2 – Integração do DECISIO com o DOC**

A integração do DECISIO com o DOC se dá através do controle que este último faz dos arquivos envolvidos no processo decisório. Todo o ciclo de vida dos arquivos utilizados e criados na tomada de decisão, incluindo seus metadados e conteúdo, é controlado pelo DOC.

#### **3.2.12.3 – Integração do DECISIO com o BOE**

A integração do DECISIO com o BOE permite o planejamento de experimentos no ambiente decisório. Assim, o gerenciamento de experimentos científicos permite a



estruturação e acompanhamento de experimentos científicos, comuns em atividades de pesquisa, como aquelas encontradas no planejamento ambiental.

### 3.2.12.4 – Integração do DECISIO com o X-ARC

A integração de dados é de extrema importância para o processo decisório. Através do X-ARC, é possível que o tomador de decisão consulte dados que são disponibilizados por diferentes instituições sem se preocupar com a forma com que esses dados são disponibilizados por esta, nem tampouco com as diferentes linguagens de consultas pertinentes aos diferentes repositórios.

A integração do DECISIO com o X-ARC se dá através da disponibilização desta ferramenta para os usuários finais, que farão o uso efetivo da mesma obtendo dados relevantes para o processo decisório e atrelando-os ao processo decisório.

### 3.2.13 – Atividades Decisórias Apoiadas

Nesta seção, é avaliado o grau do apoio fornecido pelo DECISIO, juntamente com os demais sistemas desenvolvidos no projeto SPeCS em cada fase do processo decisório geral elaborado por (SIMON, 1960) e adotado neste trabalho como referência. A Figura 23 ilustra como as ferramentas do ambiente desenvolvido auxiliam as atividades decisórias.

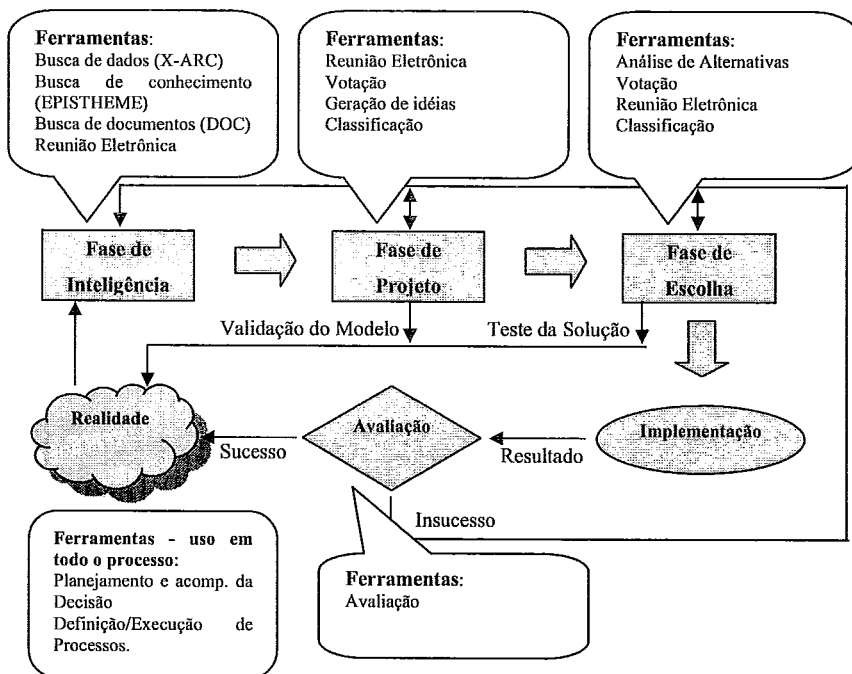


Figura 23 - Ferramentas do DECISIO no processo decisório

As ferramentas de planejamento e acompanhamento da decisão e definição e execução de processos são usadas em todo o processo decisório. A ferramenta de planejamento e acompanhamento possibilita a criação do ambiente colaborativo onde as informações relevantes para o processo decisório são compartilhadas. A definição e execução de processos facilitam a elaboração e coordenação da execução das tarefas necessárias para alcançar a decisão, ou seja, através dessa ferramenta é definido que e quando os recursos do sistema serão usados.

Na fase de inteligência, os dados, documentos e conhecimentos acerca do problema decisório podem ser recuperados e gerenciados pelo X-ARC, DOC e EPISTHEME, respectivamente. Através da ferramenta de planejamento e acompanhamento da decisão, esses recursos são disponibilizados aos tomadores de decisão, bem como as demais informações pertinentes ao processo decisório. Reuniões podem ocorrer para troca de informações e conhecimentos entre os tomadores de decisão, o que pode ser feito pela ferramenta de reunião eletrônica.

Na fase de projeto, a colaboração necessária para o estabelecimento dos objetivos, critérios, alternativas, entre outros, é provida pelas ferramentas de reunião eletrônica e planejamento e acompanhamento da decisão. Dependendo da metodologia utilizada, a ferramenta de geração de idéias pode ser utilizada para gerar essas informações. A ferramenta de votação também pode ser usada nesta fase, como, por exemplo, para a escolha dentre diferentes estratégias ou para a escolha das melhores alternativas.

Na fase de Implementação, o plano de implementação da decisão pode ser elaborado como um sub-processo dentro do processo decisório. Além disso, questionários podem ser construídos para a avaliação dos resultados da implementação da decisão tomada.

Assim, através das ferramentas fornecidas pelo DECISIO, os tomadores de decisão têm a liberdade de escolha da metodologia mais apropriada para tomada de decisão em questão, já que o sistema possui uma grande flexibilidade de uso, permitindo a definição de acordo com as necessidades dos usuários.

### **3.2.14 – Conhecimento no Processo Decisório**

A dinâmica dos conhecimentos tácitos e explícitos dentro do processo decisório ambiental estudada em (CASTRO, OLIVEIRA et al., 2002; CASTRO, OLIVEIRA et al., 2003a; CASTRO, OLIVEIRA et al., 2003b) e detalhadas no capítulo 2 pode ser

tomada como base para análise das ferramentas desenvolvidas no DECISIO e das demais ferramentas desenvolvidas no projeto SPeCS, conforme ilustra a Tabela 4.

**Tabela 4 - Conversão de conhecimento através das ferramentas do DECISIO no processo decisório**

Fase	Transformação	Onde ocorre	Ferramentas que Apóiam
Inteligência	Internalização	Tomadores de decisão aprendem sobre o domínio da decisão.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casos passados (EPISTHEME)</li> <li>- Busca por especialistas (EPISTHEME)</li> <li>- Informações sobre qualidade de fontes de dados (EPISTHEME)</li> <li>- Busca por documentos relacionados ao problema decisório (Doc)</li> <li>- Busca por dados em diferentes fontes de dados (X-ARC)</li> </ul>
	Externalização	Problema descoberto e descrito, com sua classificação, competências. Dados, documentos e conhecimentos são relacionados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento e acomp. da decisão</li> <li>- Geração de Idéias</li> </ul>
	Socialização	Troca de conhecimento entre os tomadores de decisão.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento e acomp. da decisão</li> <li>- Reunião eletrônica</li> </ul>
Projeto	Internalização	Identificação de casos decisórios similares.	- Casos decisórios passados
	Externalização	Formulação do modelo, critérios e alternativas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento e acomp. da decisão</li> <li>- Definição e Execução de Processos</li> </ul>
Escolha	Externalização	Solução para o modelo, seleção das melhores alternativas e planejamento para decisão.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise de Alternativas</li> <li>- Definição e Execução de Processos</li> <li>- Votação</li> <li>- Análise de Alternativas</li> </ul>
Implementação	Externalização	A solução escolhida é aplicada. São armazenados casos de sucesso e insucesso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação</li> <li>- Melhores e piores práticas (EPISTHEME)</li> </ul>

Além dessas conversões de conhecimento, quando alguma dessas fases é realizada de modo colaborativo, as ferramentas fornecidas pelo DECISIO em conjunto com os demais módulos também provêm um ambiente onde conhecimentos podem ser trocados, conforme ilustra a Figura 24.

Assim, as ferramentas desenvolvidas no DECISIO, em conjunto com as demais ferramentas contempladas nos demais módulos permitem a criação de um ambiente onde conhecimentos podem ser trocados entre o sistema e os especialistas e entre os próprios especialistas. Essa característica facilita o aprendizado por parte dos tomadores de decisão e a captura por parte do sistema dos conhecimentos trocados.

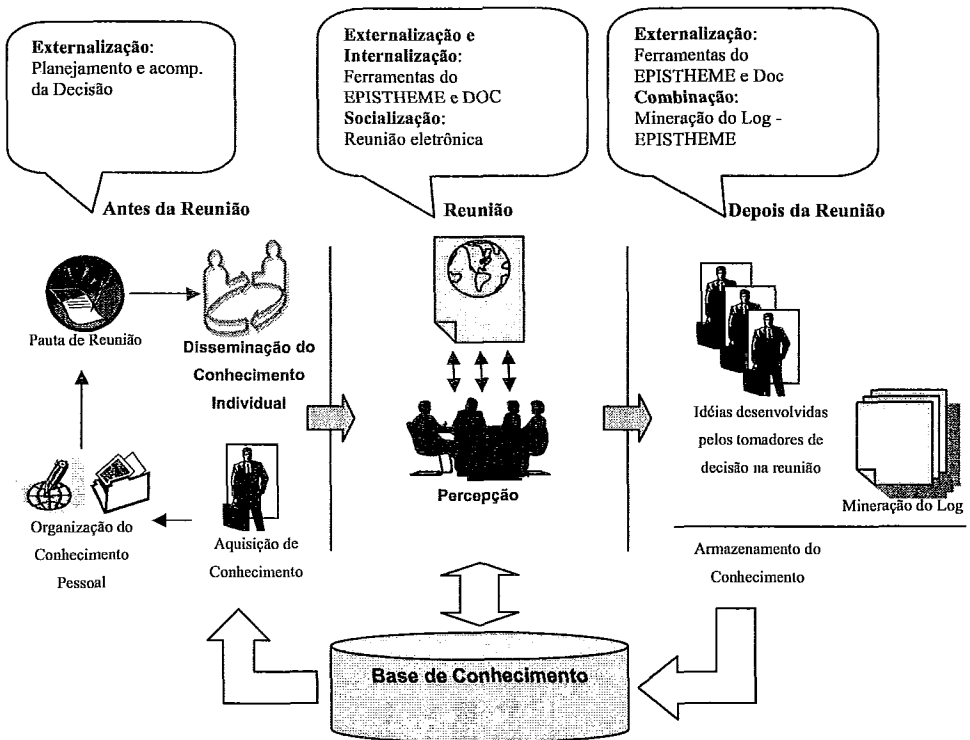


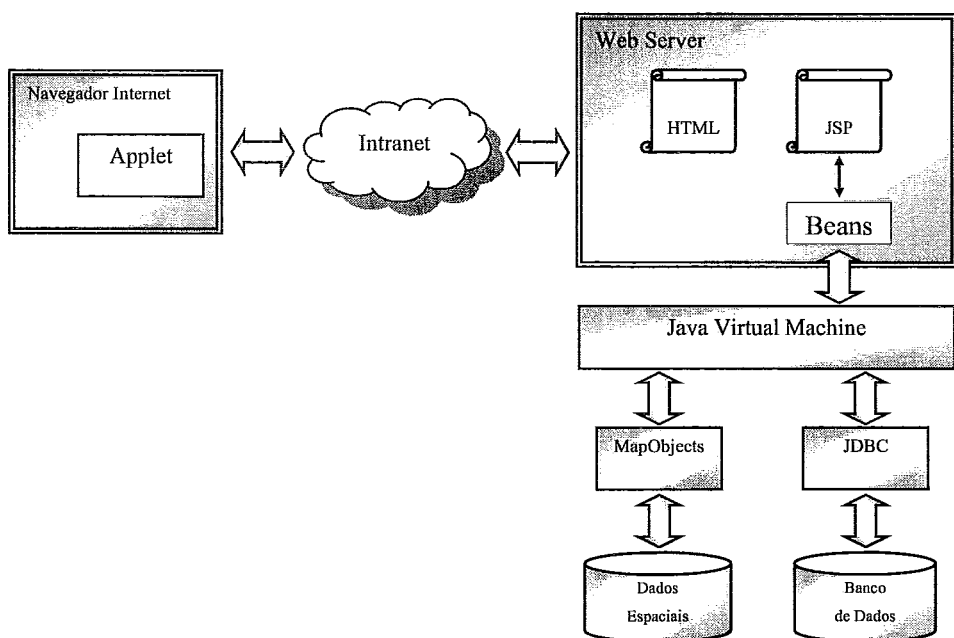
Figura 24 - Conversão de conhecimento através das ferramentas do DECISIO

### 3.3 – Implementação do Protótipo

Como concebido originalmente na arquitetura SPeCS, a implementação do sistema está voltada para o ambiente Internet e Intranet. Essa escolha foi adotada pela viabilização de uso pelos cientistas, que nem sempre apresentam desenvoltura no trato com as dificuldades de instalação e uso de produtos de informática. Outro fator de estímulo ao uso desta tecnologia é a grande heterogeneidade de usuários que atualmente já conseguem se identificar com o Navegador Internet, permitindo, desta forma, a facilitação do uso do sistema através da escolha deste enfoque.

A plataforma de implementação do DECISIO seguiu as convenções estabelecidas para todo o projeto SPeCS. O Sistema Gerenciador de Banco de Dados utilizado é o Microsoft SQL Server 2000 (MICROSOFT, 2003), com uso da linguagem padrão SQL (*Structured Query Language*). A linguagem de programação utilizada é Java (SUN, 2003b).

O ambiente utilizado para desenvolvimento (Figura 25) foi Windows 2000 Server, servidor de Internet Microsoft Internet Information Server, Resin (extensão utilizada para executar código Java dentro do IIS)(CAUCHO, 2003) e ESRI MapObjects (ESRI, 2003b) e ESRI ArcIMS (ESRI, 2003a), para manipulação de dados espaciais. Para geração de páginas *web* com conteúdo dinâmico no servidor, a tecnologia escolhida foi *Java Server Pages* (JSP) (SUN, 2003c), por sua total integração com a linguagem Java.



**Figura 25 - Arquitetura de Sistema do DECISIO**

Através da portabilidade permitida pela tecnologia Java, o sistema pode ser instalado em servidores Linux, Unix ou outras plataformas suportadas pela tecnologia. Um fator que poderia ser limitante seria o SGBD escolhido, no caso, o Microsoft SQL Server, pois este só pode ser executado em ambiente Windows. No entanto, como o sistema faz uso somente de comandos SQL padronizados, o banco de dados do DECISIO pode ser facilmente adaptado a outro sistema, como, por exemplo, PostgreSQL (POSTGRESQL, 2003) ou Firebird (FIREBIRD, 2003), que são bancos de dados gratuitos.

Outra vantagem da linguagem Java utilizada no projeto foi o uso de alguns do vasto número de pacotes de componentes disponíveis para essa tecnologia, com, por exemplo, o pacote de acesso a dados espaciais MapObjects.

A seguir, alguns detalhes de implementação de cada um dos módulos do DECISIO serão descritos.

### 3.3.1 – Definição e Execução de Processos

Neste módulo, duas opções poderiam ser escolhidas para implementação: utilizar um sistema já existente e fazer as modificações necessárias ou implementar um novo sistema. Apesar da primeira opção ser menos trabalhosa, a segunda foi adotada, pois os sistemas de *Workflow* encontrados no mercado possuem alto valor de aquisição e os sistemas de código livre estudados não estavam adequados para a demanda do projeto à época do estudo.

Atualmente a definição de processos através da ferramenta de definição de processos é feita de forma não usual, como telas de cadastro em páginas JSP. No entanto, uma ferramenta com componentes gráficos de criação de tarefas e sua devida interligação já está sendo elaborado dentro do projeto SPeCS. Já o módulo de execução de processos, a máquina de *Workflow*, que é responsável pela execução dos fluxos de trabalho, já possui uma primeira versão com parte das funcionalidades necessárias. Esta versão contempla o versionamento de fluxos de trabalho, execução de tarefas em paralelo e suporte a subprocessos. Atualmente, estão sendo desenvolvidas as funcionalidades de estabelecimento de prazos para as tarefas em execução e o controle condicional de fluxo, onde regras para o fluxo de trabalho podem ser estabelecidas.

A máquina de *Workflow* foi então concebida a partir de estudos sobre esta tecnologia. Como o sistema é inteiramente baseado na *web*, optou-se por elaborar um pacote Java que tem como função servir como um protocolo de interface de aplicação para controle do *Workflow*. Todos os outros controles necessários a um servidor de *Workflow*, como suporte a múltiplos processos, são aproveitados do servidor de Internet.

Este pacote é utilizado, então, como um *bean* em páginas JSP, que são acessadas pelos usuários do DECISIO. Todas as funcionalidades de interface são desempenhadas por estas páginas as funções da máquina de *Workflow* são encapsuladas pelos componentes *beans*. Essa arquitetura é ilustrada na Figura 26.

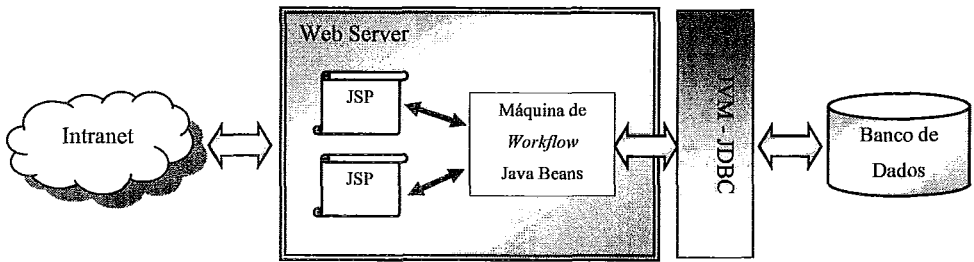


Figura 26 - Arquitetura de Funcionamento da Máquina de *Workflow*

### 3.3.2 – Casos Decisórios Passados

Este módulo está fortemente acoplado a máquina de *Workflow* utilizada no módulo anterior. Isto se deve ao fato de que a base de modelos e casos no DECISIO é composta pela definição e pelos casos de execução dos processos decisórios.

Para tanto, a definição do *Workflow* é criada tendo associada a si uma descrição. O trabalho que cabe a esse módulo é encontrar os modelos/casos armazenados no banco de dados similares ao problema descrito pelo usuário e recuperá-los para que este possa fazer as modificações necessárias que atendam ao seu caso. Sua implementação está fortemente acoplada ao módulo EPISTHEME.

Como no EPISTHEME, atualmente este módulo permite apenas o CBR baseado em semelhança sintática, onde um conjunto de atributos serve como um ponto de entrada para casos similares e o resultado do CBR é uma relação de casos, ordenados pela quantidade de atributos em comum encontrados nos casos já existentes, onde os usuários podem navegar nos casos para encontrar o que mais se adequa ao domínio estudado. O uso de CBR por semelhança semântica para busca de modelos e casos é tema de outra dissertação na COPPE/UFRJ, o qual fará o CBR utilizando Lógica Fuzzy minerando definições de *Workflow*.

Atualmente, estão sendo estudados alguns pacotes de algoritmos de similaridade semântica que aumentem a capacidade de pesquisa dos modelos de decisão.

### 3.3.3 – Reunião Eletrônica

O módulo de **Reunião Eletrônica** é composto de dois componentes principais. O cliente, que pode ser executado em qualquer computador que tenha um navegador Internet que possua suporte a *Applets* (SUN, 2003a) Java versão 2 e o servidor, que é um processo que é executado no servidor, conforme ilustra a Figura 27.

A comunicação destes dois componentes é feita através do estabelecimento de *sockets*. O controle das mensagens é feito pelo servidor, bem como o controle de acesso aos dados geográficos por parte dos usuários.

A primeira versão deste módulo utiliza o pacote de visualização de dados espaciais GeoTools (GEOTOOLS, 2003). No entanto, por este pacote possuir funcionalidades limitadas, uma segunda versão, com o pacote MapObjects está sendo implementada.

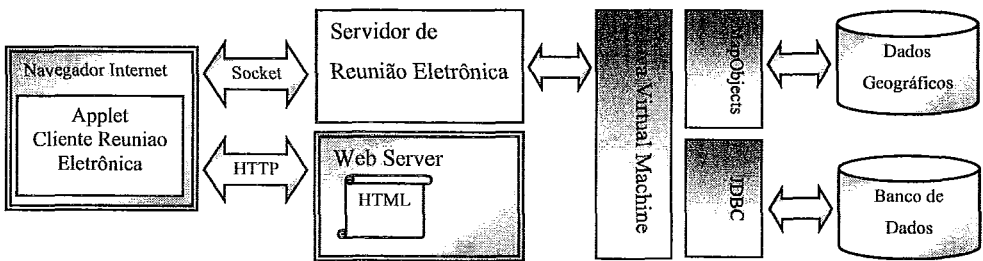


Figura 27 - Arquitetura de funcionamento do Sistema de Reunião Eletrônica

### 3.3.4 – Geração de Idéias (*Brainstorm*)

O sistema de **Geração de Idéias** utiliza a arquitetura do sistema de reunião eletrônica para permitir que os usuários discutam sobre os temas relevantes para a tomada de decisão. A extensão criada neste módulo é a exibição dos temas no sistema de reunião eletrônica, as interfaces de cadastros de temas e de idéias geradas no *brainstorm*.

### 3.3.5 – Análise de Alternativas

O módulo de **Análise de Alternativas** é composto de três componentes principais. A ferramenta de definição de hierarquias de critérios e alternativas e a ferramenta de análise comparativa, que podem ser executados em qualquer computador que tenha um navegador Internet que possua suporte a *Applets* Java e o servidor, que é um processo que é executado no servidor de *internet*.

A primeira versão deste módulo permite a definição e execução da análise através do método AHP. A segunda versão, atualmente em desenvolvimento, visa mesclar o resultado da análise de todos os usuários e exibir o resultado de forma mais amigável, através de gráficos.



### 3.3.6 – Planejamento da Decisão, Votação, Classificação e Avaliação

Os módulos de Planejamento da Decisão, Votação, Classificação e Avaliação são compostos de um conjunto de páginas JSP, conforme ilustra a Figura 28. Quando o acesso a dados espaciais é necessário, um Applet (Figura 29) de visualização dos dados espaciais é utilizado para permitir que estes sejam exibidos e manipulados pelo usuário.

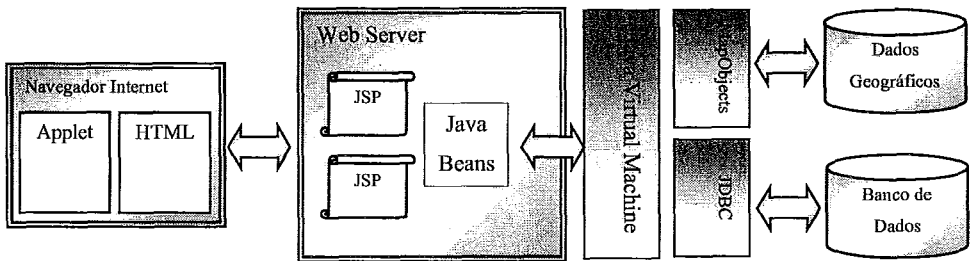


Figura 28 - Arquitetura de Funcionamento dos demais módulos.

A captura de tela mostra a interface de usuário. À esquerda, há um mapa com o título 'Decisin'. À direita, há uma janela de resultados com o título 'Results: 1 feature(s) found' e uma tabela de atributos.

#SHAPE#	com.esri.mo.cs.geom.Ba...
AREA	2.814030363297E7
PERIMETER	107016.17662
SOLOS	1287
SOLOS_ID	1294
TIPO	CHd1
ORDEM1	CAMBISSOLO
SUBORDEM1	HUMICO
GRANDEGR1	Distrofico
SUBGRUPO1	leptico
TEXTURA1	media
SATBASE1	
VEGETACAO1	campo subtropical
RELEVO1	suave ondulado 1
ORDEM2	
SUBORDEM2	
GRANDEGR2	
SUBGRUPO2	
TEXTURA2	
SATBASE2	
VEGETACAO2	
RELEVO2	
DESCRICAO	"CAMBISSOLO HUMICO ...

Figura 29 - Visualização de Dados Espaciais para georeferenciamento

Atualmente, o módulo de **Planejamento da Decisão** permite o cadastro de todas as informações relevantes para o processo decisório, além de permitir a colaboração assíncrona entre os usuários do sistema. Uma segunda versão, contendo a interface avançada com os demais subsistemas do projeto está sendo implementada a partir da evolução dos protocolos de interface de aplicação de cada subsistema.

O módulo de **Votação** permite atualmente o sistema de eleição com voto em um candidato e turno único. Os demais sistemas estão sendo desenvolvidos.

O módulo de **Classificação** atualmente está embutido no módulo de **Planejamento da Decisão**, juntamente com o controle das informações sobre o processo decisório.

O módulo de **Avaliação** permite a criação dos questionários e de seu preenchimento por parte da comunidade pesquisada. Atualmente, estão sendo desenvolvidas a funcionalidade de geração de relatórios e a comparação dos resultados com valores considerados ideais para avaliação destes.

## Capítulo 4 – Estudo de Caso

Neste capítulo é descrita uma aplicação do DECISIO no projeto Agromet (PINTO, STRAUCH et al., 2002; SOUZA, STRAUCH et al., 2002), um projeto de Apoio à Decisão e Gestão de Conhecimento aplicado à área de Agrometeorologia, uma parceria entre a COPPE/UFRJ e a Embrapa.

A seguir, é dada uma descrição do projeto AgroMet, o processo de elicitação do conhecimento para zoneamento agro-climático, as principais dificuldades encontradas nesse processo e, em seguida, como os módulos do projeto SPeCS, com maior ênfase para o DECISIO, são utilizados neste contexto.

### 4.1 – O Projeto AgroMet

A agrometeorologia, ao estudar a complexidade das condições climáticas na produção agrícola com vistas à adequação entre as demandas econômicas, sociais, e ambientais, constitui uma ferramenta indispensável de trabalho para a obtenção de uma agricultura sustentável. Essa ciência fornece informações para a gestão da atividade agrícola e seu principal objetivo consiste em orientar a produção agrícola através de previsão das condições do tempo.

Atualmente, a grande variabilidade dos fatores ambientais aliada à redução acentuada de recursos técnicos e financeiros indispensáveis à investigação científica têm provocado um re-direcionamento no planejamento dos projetos de pesquisa em agrometeorologia. Neste sentido, dois aspectos são observados. O primeiro é a formação de equipes multidisciplinares e interinstitucionais, nacionais, e até mesmo internacionais, que trabalham na área e com áreas correlatas. O segundo é a utilização de modelos de simulação aplicados à agricultura. Estes aspectos têm por objetivo a adoção imediata de novas tecnologias geradas ou ajustadas ao País, que podem ser adequadas à agrometeorologia (COSTA & BARROS, 2001).

Todavia, os estudos agrometeorológicos envolvem a componente de física do clima e utiliza escalas espaciais, que variam de pequenas áreas experimentais até macro regiões. Esses trabalhos manipulam um grande conjunto de dados e modelos de previsão numérica de tempo e clima que são utilizados nas rotinas de pesquisa. Os dados expressam as observações espaciais e temporais dos fluxos de energia e água.

Eles são usados nas análises das variações do clima e na resposta do sistema solo-ar-água, em escalas de tempo diárias e sazonais.

Estes dados são provenientes de instituições públicas ou privadas, especializadas na coleta e processamento destes dados, tais como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); o Ministério da Aeronáutica através de suas Diretorias de Eletrônica e Proteção ao Voo (DEPV); o Ministério da Marinha; o Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR); o Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR); o Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo (IAC); Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), entre outras.

O desenvolvimento dos estudos agrometeorológicos exige dos profissionais um grande esforço no que tange a localização dos dados, a seleção das séries homogêneas, a realização de análises estatísticas e a utilização de modelos agrometeorológicos e climáticos. Isto ocorre devido à falta de sinergia interinstitucional, aos dados encontrarem-se armazenados em diferentes sistemas, que por sua vez, são tecnicamente e semanticamente heterogêneos. Nestes sistemas, os dados, em geral, estão em diferentes formatos, apresentam diferentes granularidades da informação (diários; mensais; ou anuais), sintaxe e semântica variada e muitas vezes, necessitam de uma consistência das séries históricas e a adoção de um grau de confiabilidade e qualidade. Esses dados, depois de localizados, são processados de forma não integrada, gerando, muitas vezes, duplicação de esforços e implicando em custos e atrasos excessivos das atividades. Além disso, em certas ocasiões, mais de uma instituição pode gerar a mesma informação, com dados, modelos, custos e qualidades diferenciadas.

Assim, o projeto AgroMet visa a aplicação das ferramentas desenvolvidas no projeto SPeCS ao ambiente de trabalho de agrometeorologia da Embrapa. O intuito desta aplicação é proporcionar toda a infra-estrutura de pesquisa proporcionada por estas ferramentas, proporcionando, assim, facilidades relacionadas ao auxílio da interação da equipe de agrometeorologia, dentro e fora da Embrapa e a gestão dos conhecimentos científicos.

Dentre os principais benefícios que se espera alcançar com a plataforma AgroMet destacam-se a redução no custo de aquisição de dados, a não duplicação de dados existentes, a troca de conhecimento científico, a otimização do tempo no tratamento e seleção dos dados e a gestão do processo de análise de dados agrometeorológicos.

## 4.2 – Zoneamento Agro-Climático

O principal objetivo de um estudo de zoneamento agro-climático é conhecer o potencial de uma área para determinada cultura, visando a conciliação entre a produção e a conservação ambiental. Esta conciliação é importante para administrar, e conseqüentemente preservar, a qualidade ambiental, pois esta afeta diretamente a produtividade e a qualidade do produto final. Este estudo é realizado pela Embrapa Solos com parceria com outras instituições, provendo assim orientação para a formulação de políticas de desenvolvimento agrícola. A Figura 30 apresenta o fluxograma do processo de zoneamento, que será mais bem detalhado a seguir.

Tendo-se escolhido a cultura a ser feita e a região a ser avaliada, ocorre a determinação das variáveis meteorológicas relevantes para o estudo. Nesta atividade, há uma pesquisa dos registros bibliográficos sobre a região em base interna (da própria Embrapa), em fontes externas e em algumas vezes em bases internacionais. Dependendo da região, pouca informação documentada é disponível, e a consulta a um especialista da região torna-se necessária. Como exemplo destas variáveis, podemos citar a temperatura do ar, temperatura do solo, umidade relativa do ar, vento, insolação (horas de brilho solar) e radiação solar.

Após escolher as variáveis meteorológicas a serem analisadas, é necessário consultar bases de dados para obter as séries temporais destas variáveis, ou seja, os valores que receberam na região por um período de tempo. Geralmente, a consulta a estes dados é feita junto às instituições que possuam estações de coleta de informações na região, como o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

Os dados obtidos necessitam de tratamento. Este tratamento se dá sob a forma de adequação de formato, que significa padronizar os formatos (tendo em vista que estes podem vir de instituições diferentes e em formatos diferentes) e adequação de conteúdo.

Podem ser citados como exemplo de padronização de formato a conversão de unidades de medidas, e de adequação de conteúdo o cálculo de grandezas a partir de outras. Depois de tratados, estes dados são armazenados em bases de dados na Embrapa.

A próxima etapa exige o processamento estatístico dos dados tratados anteriormente. Com a análise dos cálculos estatísticos, como avaliação da distribuição, média, desvio padrão, coeficiente de variação e séries temporais, é possível concluir,

por exemplo, que na região estudada não ocorre chuvas na primeira quinzena do ano. Conclusões efetuadas por dia, mês, ano e por sazonalidade são documentadas.

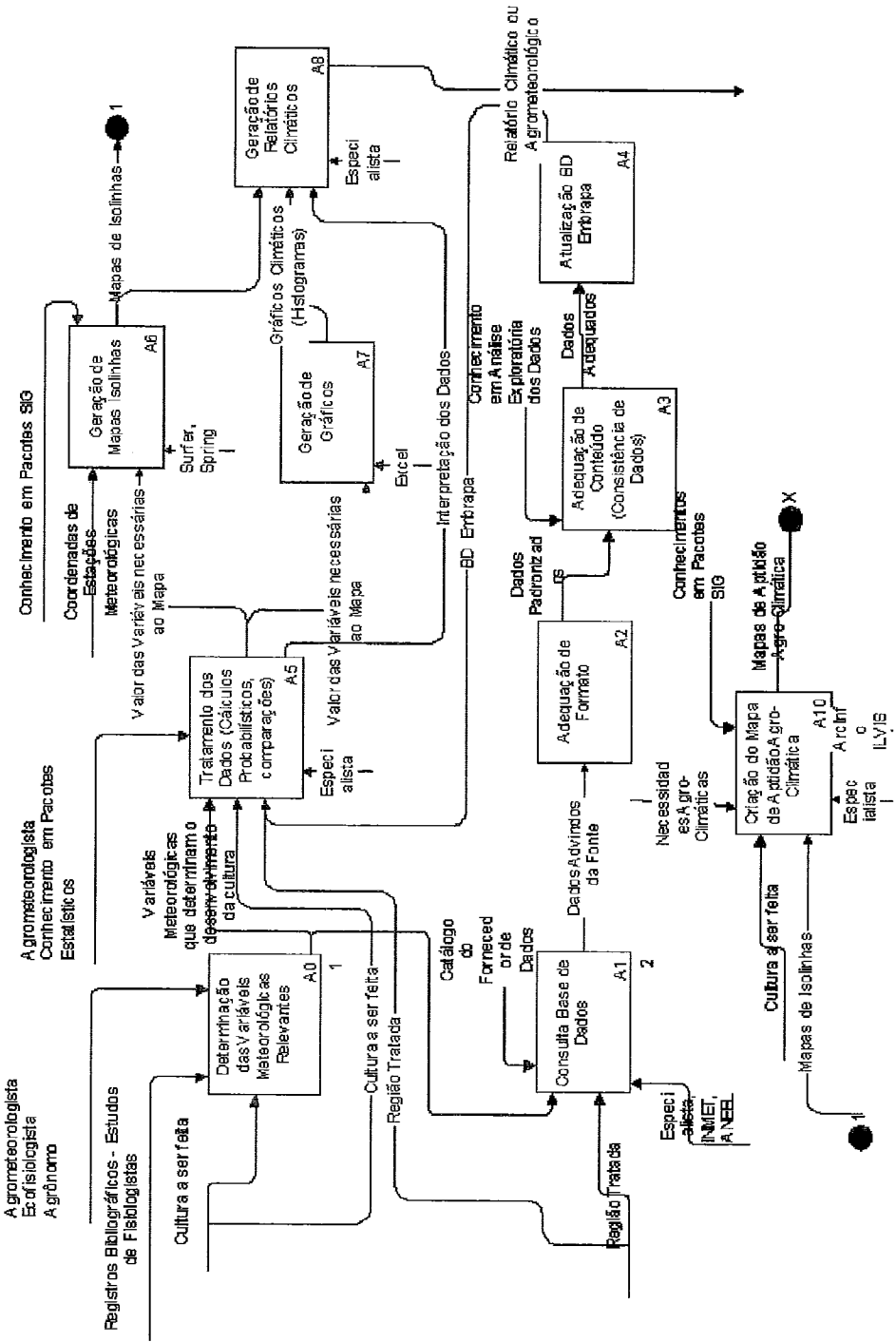


Figura 30 - Fluxograma do Processo de Zoneamento Agro-Climático

Com as conclusões e dados temporais obtidos, pode-se, com a ajuda de modelos matemáticos, realizar gráficos, mapas e relatórios informativos para realizar análises espaciais. Um deles é o mapa de isolinhas, ou seja, mapas onde as linhas unem pontos onde ocorrem fenômenos semelhantes e na mesma medida. Dependendo da cultura analisada, é gerado um mapa para cada variável meteorológica. Integrandose as informações advindas dos mapas isolinhas com as necessidades agro-climáticas específicas da região, situações climáticas que favorecem o desenvolvimento da cultura, é criado o mapa de aptidão agro-climática, indicando as melhores regiões para o plantio de culturas conforme o clima. O mapa de aptidão agro-climática gera áreas com características semelhantes.

Com base no mapa de aptidão agro-climática são gerados os planos de informação da região estudada. Este é o relatório fim, no qual a produção será baseada. Integrandose este relatório com análises de solo e relevo, obtêm-se os relatórios agropedoclimáticos.

### 4.3 – Principais dificuldades

O processo de zoneamento agro-climático enfrenta diversas dificuldades relacionadas abaixo (CASTRO, OLIVEIRA et al., 2003b):

- **Reuniões decisórias são feitas com a necessidade da presença de todos os especialistas:** quando alguém não pode comparecer, a reunião é adiada ou a reunião ocorre sem a contribuição do especialista ausente. Além disso, o custo das reuniões é alto, já que nem sempre todos os especialistas se encontram na mesma localidade tendo, assim, um custo adicional de viagem;
- **Nenhuma informação sobre o andamento do processo é armazenada:** em uma eventual ausência de algum especialista, o seu substituto não saberá que atividades devem ser continuadas e àquelas que já foram executadas. Com isso, pode ocorrer um re-trabalho;
- **O processo de zoneamento não é armazenado:** não ocorre o registro dos processos de zoneamentos feitos, nem os dados utilizados e as atividades feitas. Com isto, não se tem um histórico dos estudos feitos em uma região, nem em cultura, impossibilitando a organização de avaliar processos similares;

- **A execução do processo possui problemas de coordenação:** o controle da execução das tarefas pelos diferentes profissionais envolvidos é difícil de ser feito, já que os especialistas podem estar geograficamente distribuídos;
- **Ausência de ferramentas para apoio à decisão colaborativa:** a interação dos especialistas é feita apenas através de encontros ou troca de mensagens eletrônicas ou telefonemas. Essa interação não é armazenada;
- **O conhecimento gerado através do processo decisório não é armazenado:** a memória organizacional não é construída e os novos conhecimentos gerados dentro do processo não são armazenados para futuro acesso;
- **Ausência do mapa de conhecimento organizacional:** Certas atividades do processo exigem um conhecimento específico para serem realizadas. Quando um especialista está ausente, devido à ausência de um mapeamento de competência na instituição, é difícil encontrar um especialista com o mesmo nível de conhecimento, ou similar, para executar tais atividades;
- **Busca de documentos e dados difícil de ser executada:** quando dados e documentos são pesquisados em fontes externas, algum tempo de trabalho é perdido para entender e transformar esses dados em um formato padrão. Além disso, não há nenhum controle de qualidade sobre a coerência e usabilidade dos mesmos;
- **Busca de Especialistas difícil de ser executada:** eventualmente, é necessário obter mais informações sobre uma cultura especial com o especialista da região. A organização não tem algum mapeamento do conhecimento organizacional e é difícil associar o especialista de uma região brasileira;
- **Ausência de especificação de termos comuns ou interpostos em domínios diferentes:** por ser um estudo multidisciplinar, envolvendo agricultores, meteorologistas, geólogos, estatísticos, físicos e químicos, muitos termos de vários domínios são utilizados, ocasionando inconsistência ou incompreensão;
- **Excesso de informação:** para determinar-se as variáveis meteorológicas relevantes para o estudo há uma pesquisa dos registros bibliográficos sobre a região em base interna (da própria Embrapa), em fontes externas e em



algumas vezes em bases internacionais. O especialista não possui nenhum parâmetro inicial de busca de informação, e às vezes encontra-se sobre uma imensa quantidade de informação a ser analisada.

#### 4.4 – Aplicação do DECISIO na Melhoria do Processo

A finalidade do DECISIO é prover um ambiente de gerência do processo, permitindo a colaboração entre os especialistas de áreas interdisciplinares envolvidas neste, melhorando assim o processo de estudo de uma região (CASTRO, SOUZA et al., 2003).

Assim, as dificuldades encontradas acima no processo podem ser eliminadas ou reduzidas. A Tabela 5 mostra como as ferramentas do DECISIO podem ajudar na melhoria do processo agro-climático.

**Tabela 5 - Ferramentas do DECISIO no processo de zoneamento agro-Climático**

Problema	Ferramentas	Conclusão
Reuniões decisórias são feitas com a necessidade da presença de todos os especialistas.	- Reunião Eletrônica	Com o uso da ferramenta, as reuniões podem ser feitas com usuários conectados a Internet. Toda a conversação é registrada e novos conhecimentos podem ser extraídos.
Nenhuma informação sobre o andamento do processo é armazenada	- Definição/Execução de Processos	O andamento do processo é registrado e, caso algum especialista necessite se ausentar, pode ser facilmente substituído através de um comando no sistema.
O processo de zoneamento não é armazenado	- Definição/Execução de Processos	Uma base com os modelos decisórios e a execução destes é criada, fornecendo um ambiente de memória organizacional.
A execução do processo possui problemas de coordenação	- Execução de Processos	Todo o processo é coordenado pela máquina de <i>Workflow</i> . As tarefas são iniciadas no

		momento adequado e os recursos necessários para a sua execução são automaticamente fornecidos aos seus executores.
Ausência de ferramentas para apoio à decisão colaborativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento e Acompanhamento da Decisão</li> <li>- Votação</li> <li>- Análise de Alternativas</li> <li>- Classificação</li> <li>- Geração de Idéias</li> </ul>	O sistema oferece ferramentas para apoio à decisão que podem ser utilizadas para controle das informações utilizadas no processo decisório, colaboração, resolução de conflitos, geração de idéias, entre outras facilidades.
O conhecimento gerado através do processo decisório não é armazenado	- Integração do módulo DECISIO com o módulo EPISTHEME	Os conhecimentos utilizados no processo decisório podem ser armazenados na base de conhecimento do sistema, o EPISTHEME.
Ausência do mapa de conhecimento organizacional	- EPISTHEME	Todo conhecimento organizacional é mapeado através do EPISTHEME.
Busca de documentos e dados difícil de ser executada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doc</li> <li>- X-ARC</li> <li>- EPISTHEME</li> </ul>	A busca de documentos, dados ou conhecimentos é facilitada pelos demais módulos da arquitetura SPeCS.
Busca de Especialistas difícil de ser executada	- EPISTHEME	A busca de especialistas é facilitada através de ferramenta própria do módulo EPISTHEME.
Ausência de especificação de termos comuns ou interpostos em domínios diferentes	- EPISTHEME	Através do módulo EPISTHEME, ontologias de domínio podem ser criadas.
Excesso de informação	- EPISTHEME	O EPISTHEME dispara

		informação aos usuários do sistema de acordo com seu perfil (como áreas de interesse, assuntos de pesquisa e perfil).
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Assim, o DECISIO, juntamente com as outras ferramentas do projeto SPeCS fornecem facilidades para que as principais dificuldades encontradas na execução de processos decisórios dentro da área de agrometeorologia sejam minimizadas, fazendo com que estes sejam executados de maneira mais eficaz e eficiente.

## Capítulo 5 – Conclusões

A necessidade de gerenciamento de recursos naturais e a demanda por sistemas de apoio ao planejamento ambiental se tornam cada vez mais comuns nas empresas com o objetivo de melhor explorar esses recursos e garantir a preservação do meio ambiente.

Por se tratar de uma atividade multidimensional e multidisciplinar que incorpora fatores sociais, econômicos, políticos, geográficos e técnicos, na qual pode ser agregada uma grande variedade de especialistas que fazem uso de uma grande quantidade de dados e informações georeferenciados e devido à singularidade dos problemas a serem resolvidos, este tipo de atividade se torna um processo complexo.

Para apoiar o Planejamento Ambiental, é comum a utilização de Sistemas de Apoio à Decisão Ambiental ou Sistemas de Apoio à Decisão Espacial, onde dados espaciais geralmente são armazenados, gerenciados e manipulados por Sistemas de Informação Geográfica.

O DECISIO, tema desta dissertação, implementa um Sistema de Apoio à Decisão Ambiental Colaborativo onde os diferentes profissionais envolvidos no planejamento ambiental podem executar atividades colaborativamente e todos os recursos necessários a esta execução são providos. O sistema contempla também a captura do conhecimento gerado e compartilhado na execução destas atividades através de um estudo específico da dinâmica do conhecimento envolvido em todo este processo.

O desenvolvimento do sistema tomou como base a arquitetura SPeCS (MEDEIROS, 2002) e foi desenvolvido em projeto homônimo à arquitetura onde estão sendo empregadas noções de trabalho colaborativo, apoio à decisão, gestão do conhecimento, gerência de experimentos científicos, gestão de documentos e conteúdos e integração de dados para fornecer auxílio computacional a processos decisórios colaborativos com dados espaciais.

Com a finalidade de ser fortemente adaptável aos diferentes processos de planejamento ambiental, a ferramenta utiliza um sistema de *Workflow*, também desenvolvida neste trabalho, para modelar o processo decisório como um fluxo de trabalho e, com isso, obter as facilidades de coordenação do trabalho dos diferentes grupos envolvidos na tomada de decisão, permitindo também a documentação destes processos e facilitando a criação da memória organizacional de projetos ambientais.

Além disso, o sistema fornece ferramentas de apoio à decisão colaborativa que permitem acesso a dados espaciais e o georeferenciamento das informações trocadas, ferramentas de planejamento da decisão, facilitação na busca por casos decisórios similares, o registro dos conhecimentos utilizados no processo decisório e a captura de novos conhecimentos gerados durante o processo através da interação dos diferentes especialistas envolvidos na decisão.

Para projetar e desenvolver o sistema, foram estudadas as principais características das tecnologias utilizadas e dos aspectos relevantes encontrados na literatura sobre os assuntos relacionados, como sistemas de *Workflow*, suporte por computador ao trabalho cooperativo, gestão do conhecimento e sistemas de apoio à decisão.

A proposta procura, assim, integrar os fatores relevantes a cada uma destas tecnologias e integrar à sua especificação as soluções mais inovadoras encontradas na literatura e em produtos comercializados. A partir disso, foram feitos estudos sobre a melhor forma de desenvolvimento de cada ferramenta proposta.

Dentre estas, se destacam o projeto do sistema de *Workflow* e o estudo da gestão do conhecimento dentro do processo decisório ambiental. O primeiro levou à implementação de um sistema de *Workflow* adaptado para o perfeito tratamento de processos decisórios não estruturados, comuns nas atividades de planejamento. Já o segundo levou a um melhor entendimento e aplicação das ferramentas de apoio à decisão e gestão do conhecimento no processo de planejamento.

O uso das ferramentas propostas no âmbito agrometeorológico na Embrapa Solos através do projeto AgroMet em processos de zoneamento agro-climáticos se verifica como um fator diferencial de melhoria dos problemas encontrados na elaboração e execução desses processos.

## **5.1 – Contribuições**

A principal contribuição desta dissertação é o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão Ambiental fortemente adaptável a diferentes processos decisórios ambientais, onde metodologias distintas de decisão podem ser empregadas. Este sistema pode ser usado nas diversas atividades relativas à área de planejamento ambiental, pois provê suporte às principais características encontradas nesta área de atuação.

A primeira característica, de multidisciplinaridade é atendida através do apoio ao trabalho colaborativo através de ferramentas de trabalho em grupo com total integração de acesso a dados geográficos.

A coordenação do trabalho por parte dos diferentes profissionais é viabilizada através do auxílio à definição e coordenação da execução de processos decisórios, com possibilidade de criação de subprocessos para executar processos aninhados.

Além disso, o conhecimento gerado e utilizado no processo decisório é identificado e armazenado, formando a memória organizacional de projetos ambientais da empresa.

Por fim, o sistema de *Workflow* desenvolvido nesta ferramenta pode ser utilizado não somente em processos decisórios ambientais, mas também com outros fins como, por exemplo, no controle de processos estruturados ou não estruturados, na automatização de atividades, no acompanhamento do ciclo de vida de documentos, entre outros. Isto é possível porque seu desenvolvimento foi feito de forma separada do restante das ferramentas do DECISIO, através de um pacote Java.

## 5.2 – Trabalhos Futuros

Como trabalho futuro, algumas funcionalidades não implementadas devem ser concluídas, com principal destaque para a máquina de *Workflow*, onde algumas funcionalidades necessitam ser aperfeiçoadas, como por exemplo, o suporte a fluxos condicionais, o controle de prazos e a construção de uma ferramenta gráfica de definição do fluxo de trabalho.

Além disso, está planejada a criação de mecanismos de identificação e captura automática dos conhecimentos envolvidos no processo decisório. Esta automatização pode ser feita através de técnicas de descoberta de conhecimento como mineração de dados e a criação de armazéns de dados.

Um âmbito de aplicação vislumbrado é a mineração de dados em fluxos de trabalho armazenados na ferramenta de *Workflow*. Através desta estratégia, os conhecimentos representados através da definição e da execução dos processos decisório podem ser capturadas externalizadas como conhecimentos armazenados na base de conhecimento.

## Referências Bibliográficas

- AAMODT, A., PLAZA, E., 1994, "Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations and system approaches", *AI Communications*, v. 7, n. 1, pp. 39-59.
- ALLEN, R., 2001, "Workflow: An Introduction". In: [http://www.wfmc.org/standards/docs/Workflow\\_An\\_Introduction.pdf](http://www.wfmc.org/standards/docs/Workflow_An_Introduction.pdf), Accessed in 05/08/2003.
- ALTER, S. L., 1980, *Decision Support Systems: Current Practices and Continuing Challenges*, Addison-Wesley.
- ANTHONY, R. N., 1965, *Planning and Control Systems: A Framework for Analysis*, Boston, Harvard University Graduate School of Business Administration.
- ARAÚJO, R. M., BORGES, M. R. S., 2001, "Sistemas de Workflow". In: *XX Jornada de Atualização em Informática, Congresso da SBC*, Rio de Janeiro.
- BALASUBRAMANIAN, V., 1995, "Organizational Learning and Information Systems". In: <http://www.e-papyrus.com/personal/orglrn.html>, Accessed in 05/08/2003.
- BOLLOJU, N., KHALIFA, M., TURBAN, E., 2002, "Integrating knowledge management into enterprise environments for the next generation decision support", *Decision Support Systems*, v. 33, pp. 163-176.
- BORGHOFF, U. M., PARESCHI, R., 1998, "Introduction". In BORGHOFF, U. M. and PARESCHI, R., *Information Technology for Knowledge Management*, Springer.
- BUSSLER, C., 1999, "Predicting Workflow Behavior". In: *Workshop on the Implementation and Application of Object-Oriented Workflow Management Systems II*, Colorado, USA.
- CAMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. V., "Introdução à Ciência da Geoinformação". In: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>, Accessed in 2003.
- CAMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. V., 2002, "Introdução à Ciência da Geoinformação". In: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>, Accessed in 2003.
- CARDOSO, L. F., SOUZA, J. M., MARQUES, C., 2002a, "A Collaborative Approach to the Reuse of Scientific Experiments in the Bill of Experiments Tool", pp. 296-301, *The Seventh International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*.

- CARDOSO, L. F., SOUZA, J. M., MARTORANO, L. G., 2002b, "Uma Abordagem Colaborativa para a Gestão do Conhecimento Científico na Ferramenta Bill of Experiments", *V International Symposium on Knowledge Management*.
- CASTRO, M., OLIVEIRA, J., STRAUCH, J., et al., 2002, "Decisio-Epistheme: An Integrated Environment to Geographic Decision-Making". *Proceedings of PAKM 2002 - Practical Aspects of Knowledge Management*, Vienna.
- CASTRO, M., OLIVEIRA, J., STRAUCH, J., et al., 2003a, "Collaborative Decision Support Based On Intangible Assets". *Proceeding of 24th McMaster World Congress*, Ontario, Canada.
- CASTRO, M., OLIVEIRA, J., STRAUCH, J., et al., 2003b, "Improving Collaborative Decision Process Quality on Geographic Environments". *Proceeding of International Workshop on Data Quality in Cooperative Information Systems*, Italy.
- CASTRO, M., SOUZA, J. M., STRAUCH, J. C. M., 2003, "Decisio: A Collaborative Decision Support System for Environmental Planning". In: *International Conference on Enterprise Informaiton Systems*, Angers, France.
- CAUCHO, 2003, "Caucho Resin". In: <http://www.caucho.com/>, Accessed in 2003.
- CAVALCANTI, M. C. R., MATTOSO, M. L. Q., CAMPOS, M. L. M., et al, 2000, *Scientific Experiments Management in Heterogeneous Distributed Database Systems*. Relatório Técnico ES-537/00, COPPE Sistemas/UFRJ.
- CHAFFEY, D., 1998, *Groupware, Workflow and Intranets - Reengineering the Enterprise with Collaborative Software*. First Edition, Digital Press.
- CHRISTOFOLETTI, A., 1999, *Modelagem de Sistemas Ambientais*, São Paulo, Edgard Blucher.
- COHEN, M. D., MARCH, J. G., OLSEN, J. P., 1972, *A garbage can model of organizational choice*, New York, Administrative Science Quarterly.
- CONKLIN, E., JEFFREY, WEIL, W., 1996, "Wicked Problems: naming the pain in organizations". In: <http://depts.washington.edu/cmweb/cero/wicked.pdf>.
- COSTA, L. C., BARROS, A. H. C., 2001, "Desenvolvimento e teste de um modelo de simulação de crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura do milho", *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 9, n. 1, pp. 75-82.
- CROSSLAND, M. D., WYNNE, B. E., PERKINS, W. C., 1995, "Spatial decision support systems: An overview of technology and a test of efficacy", *Decision Support Systems*, v. 14, n. 3, pp. 219-235.
- DAVENPORT, T. H., PRUSAK, L., 1998, *Conhecimento Empresarial: Como as organizações gerenciam o seu capital intelectual*, Rio de Janeiro, Editora Campus.



- DELBECQ, A. L., 1967, "The Management of Decision-Making within the Firm: Three Strategies for Three Types of Decision-Making", *Academy of Management Journal*.
- DESANCTIS, G., GALLUPE, R. B., 1987, "Group Decision Support Systems: A new Frontier", *Management Science*, v. 33, n. 5.
- ELLIS, C. A., GIBBS, S. J., REIN, G. L., 1991, "Groupware: Some issues and experiences", *Communications of the ACM*, v. 34, n. 1, pp. 38-58.
- ESRI, 2003a, "ESRI ArcIMS". In: <http://www.esri.com/software/arcims/>, Accessed in 2003a.
- ESRI, 2003b, "ESRI MapObjects Java Edition". In: <http://www.esri.com/software/mojava/>, Accessed in 2003b.
- FGV-SP, 2003, "Gestão do Conhecimento". In: <http://www.fgvsp.br/conhecimento/home.htm>, Accessed in 05/08/2003.
- FIREBIRD, 2003, "Firebird". In: <http://firebird.sourceforge.net/>, Accessed in 2003.
- GEOTOOLS, 2003, "GeoTools". In: <http://geotools.sourceforge.net/>, Accessed in 2003.
- GRUDIN, J., 1994, "CSCW: History and Focus", *IEEE Computer*, v. 27, n. 5, pp. 19-27.
- GUTHRIE, D., 1996, "Transforming na Existing Organization into a Learning Organization".
- HEIJST, G., SPEK, R., KRUIZINGA, E., 1998, "The Lessons Learned Cycle". In BORGHOFF, U. M. and Pareschi, R, *Information Technology for Knowledge Management*, Springer.
- HEYWOOD, I., OLIVER, J., TOMLINSON, S., 1995, "Building an exploratory multi-criteria modelling environment for spatial decision support", *Innovations in GIS*, v. 2, pp. 127-136.
- HOLSAPPLE, C. W., JOSHI, K. D., 1999, "Description and Analysis of Existing Knowledge Management Frameworks", 32nd Hawaii International Conference on System Sciences.
- HOLSAPPLE, C. W., WHINSTON, A. B., 1996, *Decision Support Systems: A Knowledge-based Approach*, St. Paul, MN, West Publishing Company.
- JANIS, I. L., 1982, *Groupthink*. Second Edition, Boston, Houghton Mifflin Co.
- KOLDNER, J. L., JONA, M. Y., 1991, *Case-based reasoning: An overview*. Northwestern University.
- KÜHN, O., ABECKER, A., 1997, "Corporate Memories for Knowledge Management in Industrial Practice: Prospects and Challenges", *Journal of Universal Computer Sciences*, v. 3, n. 8, pp. 929-954.

- LAHTI, R. K., 1996, *Group Decision Making within the Organization: Can Models Help?* Center for the Study of Work Teams -University of North Texas.
- LINDBLOM, C. E., 1959, *The Science of 'Muddling Through'*, Public Administration Review.
- MACDOUGAL, E. B., 1992, "Exploratory analysis, dynamic statistical visualization, and geographic information systems", *Cartography and Geographic Information Systems*, v. 19, pp. 237-246.
- MALACZEWSKI, J., 1999, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. First Edition, New York, John Wiley & Sons, Inc.
- MARAKAS, M., 1998, *Decision Support Systems in the Twenty-first Century*. First Edition, New Jersey, Prentice Hall.
- MARSH, W. M., 1997, *Landscape Planning: Environmental Applications*. Third Edition, New York, John Wiley & Sons.
- MEDEIROS, S., 2002, *SPeCS - Sistema de Suporte à Decisão Espacial Colaborativa*, Tese de D. Sc., COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro.
- MEDEIROS, S., SOUZA, J., STRAUCH, J., et al., 2001, "Coordination Aspects in a Spatial Group Decision Support Collaborative System". *Proceedings of ACM/SAC*, Las Vegas.
- MEDEIROS, S., STRAUCH, J., SOUZA, J., et al., 2000, "SPECS - A Spatial Decision Support Collaborative System for Environment Design". *Proceedings of the Fifth International Conference in CSCW in Design*, Hong Kong.
- MICROSOFT, 2003, "Microsoft SQL Server". In: <http://www.microsoft.com/sql/default.asp>, Accessed in 2003.
- MINTZBERG, H., 1973, "The Nature of Managerial Work", Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- NONAKA, I., TAKEUCHI, H., 1995, *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press.
- NUNAMAKER, J. F., DENNIS, A. R., VALACICH, J. S., et al, 1991, "Electronic meeting systems to support group work", *Communications of the ACM*, v. 34, n. 7, pp. 183-195.
- O'LEARY, D. E., 1998, "Knowledge Management Systems: Converting and Connecting", pp. 30-33.
- OLIVEIRA, J., SOUZA, J., STRAUCH, J., 2002a, "AgroMet-Epistheme: Um ambiente de aquisição de conhecimento aplicado à Agrometeorologia". *Proceedings of 2nd IIISC - 2nd Iberoamerican Symposium on Software Engineering and Knowledge Engineering*, Salvador, Brazil.

- OLIVEIRA, J., SOUZA, J., STRAUCH, J., 2002b, "Epistheme: Ambiente Computacional de Apoio à Gerência do Conhecimento Científico". *Proceeding of KM-Brasil - Symposium of Brazillian Knowledge Management Society*, São Paulo, Brazil.
- OLIVEIRA, J., SOUZA, J., STRAUCH, J., et al., 2002c, "Epistheme: Scientific Knowledge Management Environment in the SpeCS Collaborative Framework". *Proceedings of the 7th International Conference in CSCW in Design*, Rio de Janeiro, Brazil.
- OLIVEIRA, J., SOUZA, J., STRAUCH, J., et al., 2002d, "Agromet-Epistheme: Ambiente para Acompanhamento do Ciclo de Conhecimento Aplicado à Agrometeorologia". *Proceedings of CBMET 2002 - Brazillian Congress of Meteorology*, Foz do Iguaçu, Brazil.
- ONSRUD, H. J., RUSHTON, G., 1995, *Sharing geographic information*, New Brunswick, Center for Urban Policy Research.
- PINTO, G., SOUZA, J., STRAUCH, J., et al., 2002, "Um mediador para o problema de integração de dados agrometeorológicos". *Proceedings of CBMET 2002 - Brazillian Congress of Meteorology*, Foz do Iguaçu, Brazil.
- PINTO, G., STRAUCH, J., SOUZA, J., et al., 2002, "A framework to support scientific knowledge and cooperation: a study case in Agro meteorology". *Proceedings of the 7th International Conference in CSCW in Design*, Rio de Janeiro, Brazil.
- POLANYI, M., 1983, *The Tacit Dimension*, London, Peter Smith Pub.
- POSTGRESQL, 2003, "PostgreSQL". In: <http://www.postgresql.org/>, Accessed in 2003.
- POWER, D. J., 2000, "Decision Support Systems Glossary". In: <http://www.dssresources.com/glossary/>, Accessed in 13/05/2003.
- PRIOR, C., 2003, "Workflow: An Introduction". In: [http://www.wfmc.org/information/Workflow\\_and\\_Process\\_Management.pdf](http://www.wfmc.org/information/Workflow_and_Process_Management.pdf), Accessed in 05/08/2003.
- QUATERMAN, J., 1990, *The matrix: computer networks and conferencing system worldwide*, Bedford, MA, Digital Press.
- RIGAUX, P., SCHOLL, M., VOISARD, A., 2001, *Spatial databases with application to GIS*. 1st edition, Morgan Kaufmann.
- RIZZOLI, A. E., YOUNG, W. J., 1997, "Delivering environmental decision support systems: Software tools and techniques", *Environmental Modelling and Software*, v. 12, n. 2-3, pp. 237-249.
- SAATY, T. L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill.

- SANTOS, R. F., CARVALHAIS, H. B., PIRES, F., 1997, "Planejamento Ambiental e Sistemas de Informações Geográficas", *Caderno de Informações Georeferenciadas*, v. Volume 1, n. Número 2.
- SHIMIZU, T., 2001, *Decisão nas Organizações: introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão*. Primeira Edição, São Paulo, Editora Atlas.
- SIMON, H. E., 1960, *The New Science of Management Decision.*, New York, Harper & Row.
- SIMON, H. E., 1997, *Administrative Behaviour*. Fourth Edition, New York, Free Press.
- SOUZA, J., STRAUCH, J., MARTORANO, L., 2002, *Agromet: Gestão do Conhecimento em Agrometeorologia*. Technical Report # ES-581/2002.
- SPRADLIN, T., 1997, "A Lexicon of Decision Making.". In: <http://faculty.fuqua.duke.edu/daweb/lexicon.doc>, Accessed in 13/05/2003.
- SPRAGUE, R. H., CARLSON, E. D., 1982, *Building Effective Decision Support Systems*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- SUN, 2003a, "Applets". In: <http://java.sun.com/applets/>, Accessed in 01/01/2003a.
- SUN, 2003b, "Java". In: <http://java.sun.com/>, Accessed in 2003b.
- SUN, 2003c, "Java Server Pages (JSP)". In: <http://java.sun.com/products/jsp/>, Accessed in 2003c.
- SVEIBY, K., LLOYD, T., 1987, *Managing Knowhow: Add Value by Valuing Creativity*, London, Bloomsbury Publishing Limited.
- TURBAN, E., ARONSON, J. E., 2001, *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Sixth Edition, New Jersey, Prentice Hall.
- WAINER, J., WESKE, M., VOSSEN, G., et al, 1996, "Scientific workflow management". In: *Proceedings of the NSF Workshop on Workflow Process Automation: State-of-the-art and Future Directions*.
- WALSH, J. P., UNGSON, G. R., 1991, "Organizational Memory", *Academy of Management*, v. 16, pp. 57-91.
- WATSON, I. D., 1997, *Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Enterprise Systems*, Morgan Kaufmann.
- WEKE, M., VOSSEN, G., MEDEIROS, C., 1996, "Scientific Workflow Management: WASA Architecture and Applications". In: *Schriften zur Angewandten Mathematik und Informatik 03/96-I*.
- WRIGHT, J. R., WIGGINS, L. L., JAIN, R. K., et al, 1993, *Expert Systems in Environmental Planning*, Berlin, Springer Verlag.

ZHAO, J. L., 1998, "Knowledge Management and Organizational Learning in Workflow Systems". In: *Proceedings of the AIS Americas Conference on Information Systems*, Maryland, USA.

## **APÊNDICE A – Sistemas de Informação Geográfica**

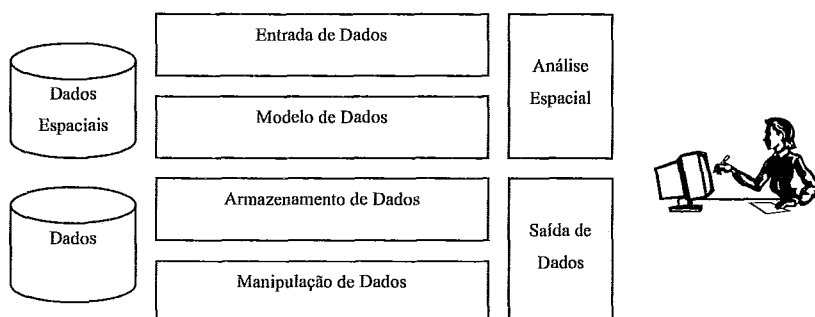
### **Principais Conceitos de um Sistema de Informação Geográfica**

Um Sistema de informação geográfica (SIG) é um sistema que realiza o tratamento computacional de dados geográficos e recupera informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial, oferecendo ao usuário uma visão de seu ambiente de trabalho em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum, a localização geográfica (CAMARA, DAVIS et al., 2002).

Com as funções de um SIG de armazenar, gerenciar, e prover funções de manipulação e análise de dados geográficos e a diferente gama de usuários que entram em contato com esse tipo de sistema, a visão do papel que um SIG desempenha está intimamente relacionada ao uso que este usuário faz do sistema. Dentre estes papéis desempenhados, podem ser destacados: uma ferramenta para produção de mapas, um sistema para análise decisória de dados geográficos e banco de dados geográfico (MALACZEWSKI, 1999).

Para o escopo desta dissertação, a função desempenhada por um SIG estudada é a de apoio à análise decisória. As atividades decisórias são apoiadas por um SIG através de seu conjunto de procedimentos, que facilitam a entrada, o armazenamento, a manipulação e a análise de dados para dados espaciais.

Os componentes de um SIG podem ser subdivididos em quatro grupos principais: Entrada de dados; Armazenamento e Gerenciamento de dados; Manipulação e Análise de Dados e Saída de Dados. Cada grupo pode ser descrito de acordo com as funções que são usualmente executadas. Na Figura 31 os componentes são ilustrados e nas sub-seções a seguir, as funcionalidades pertinentes a cada grupo são brevemente discutidas.



**Figura 31-Componentes de um SIG**

### **Entrada de Dados**

O processo de entrada de dados está relacionado à identificação e ao recolhimento de dados para uma aplicação específica. Em um ambiente geográfico, o processo de entrada de dados envolve a aquisição, a formatação, o geo-referenciamento, a compilação e a documentação dos dados. O componente de entrada de dados de um SIG converte os dados de sua forma original para a forma utilizada pelo SIG. Os dados disponíveis para um projeto no ambiente espacial podem estar em diferentes formatos, que são: mapas, tabelas, diagramas, conjunto de dados digitais existentes, mapas digitais, fotos aéreas, imagens de satélites, pesquisas, e outras fontes em formato digital.

A obtenção de dados acerca de um problema ambiental pode se dar das seguintes formas:

**Digitalização:** O processo de digitalização envolve a codificação de dados analógicos (mapas ou gráficos em papel) em dados digitais. Esse método utiliza uma mesa digitalizadora e mouse com um cursor para traçar e armazenar pontos, linhas e polígonos necessários em um conjunto de dados. A digitalização é um método eficiente para ser usado quando uma pequena quantidade de mapas com um conjunto mínimo de dados geográficos necessita ser capturado. O problema desse método é que os mapas gerados têm o propósito de exibição das informações para o usuário e nem sempre descreve a localização espacial dos objetos de forma exata. Geralmente, o formato de armazenamento no SIG é vetorial.

**Escaneamento:** É o processo de conversão de documentos em fonte analógica em digital através do uso do uso de *scanners* de mão e de mesa. A qualidade da informação

está relacionada à qualidade do scanner e dos dados que estão sendo convertidos. Geralmente, é armazenado no SIG no formato matricial.

**Sensoriamento Remoto:** É o processo de obtenção de dados sobre a superfície terrestre e sobre o ambiente a distancia, através de avião ou sensores espaciais em satélites.

**Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System - GPS*):** É um sistema que utiliza um conjunto de satélites para a determinação precisa de localizações em coordenadas terrestres. Localizando ou movendo os sensores por toda a área, uma rede de coordenadas geográficas pode ser estabelecida para apoiar o mapeamento a geodésico, topográfico e fotogramétrico.

**Compartilhamento de Dados:** O compartilhamento de dados pode ser institucional — entre instituições governamentais como Embrapa e INMET—, no nível do banco de dados, ou no tipo de problema tratado pelos tomadores de decisão (ONSRUD & RUSHTON, 1995).

### **Saída de Dados**

O componente de saída de dados de um SIG provê uma maneira de visualizar os dados ou informações em forma de mapas, tabelas, diagramas e outros.

Em geral, os tipos de saída podem ser classificados em quatro categorias (MALACZEWSKI, 1999):

- Textual: tabelas, listas, números ou textos em resposta a consultas.
- Gráfico: mapas, diagramas, gráficos e outros.
- Dados digitais: armazenados em disco ou fita, ou transmitidos em rede.
- Outros não comumente utilizados, como sons e vídeos.

### **Armazenamento e Gerenciamento de Dados**


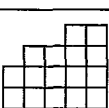
O componente de armazenamento e gerenciamento de dados no SIG é responsável pelas funções de armazenamento e recuperação de dados do banco de dados.

Os dados espaciais podem ser armazenados de duas formas no nível físico: no formato Matricial ou Vetorial, conforme ilustrado na Figura 32 (RIGAUX, SCHOLL et al., 2001).



No formato Matricial, os dados são armazenados em uma matriz bidimensional. As áreas são feitas de pontos contíguos dentro da matriz. Quanto maior a quantidade de pontos, maior o nível de detalhe que podem ser distinguidos em uma imagem. A maior vantagem dessa abordagem é que é possível representar dados variando de forma contígua. Assim, variáveis físicas, como temperatura e índice pluviométrico, são bem representadas nesse formato.

No formato Vetorial, entidades geográficas são representadas por conjuntos de coordenadas. Um ponto é uma coordenada. Pontos podem ser conectados para formar linhas. Um polígono é representado por um conjunto de coordenadas que representam seus vértices. Sua vantagem é a precisão que é limitada somente pela qualidade dos dados originais, a eficiência no armazenamento de dados e a alta qualidade de saída de dados.

	Vetorial	Matricial
Ponto	•	□
Reta	• — •	□ □ □ □ □
Polígono		

**Figura 32-Formato Vetorial x Matricial**

Qualquer sistema do mundo real pode ser representado no modo Matricial e Vetorial. Além disso, é possível converter os dados de uma representação para a outra facilmente.

### **Camadas de dados**

Os dados em um SIG geralmente estão organizados por mapas temáticos ou conjuntos de dados. Cada mapa temático é chamado de camada do mapa (*map layer*), ou nível. Uma camada é um conjunto de dados descrevendo uma característica simples de cada localização dentro de uma área geográfica limitada.

Cada camada contém informação de naturezas diferentes e podem ser consideradas como uma variável, isto é, capturam a variação de um atributo na

superfície terrestre. Além disso, uma camada pode representar uma simples entidade geográfica ou um conjunto de entidades geográficas inter-relacionadas e pode ser exibida, manipulada e analisada individualmente ou em combinação com outras camadas armazenadas em um banco de dados SIG.

As camadas armazenadas em um bando de dados SIG devem ser georeferenciadas em um sistema de coordenadas comum para permitir a sobreposição destas. Geralmente, as coordenadas terrestres, longitude e latitude, são utilizadas, enquanto em outros casos, uma unidade gráfica arbitrária é empregada.

A visão em camadas do mundo real pode ser implementada através do formato Matricial ou Vetorial. Cada camada é idêntica em tamanho, espaçamento, e orientação.

### **Manipulação e Análise de Dados**

Uma das principais funcionalidades de um SIG é sua capacidade de efetuar análises para obter informações úteis para uma aplicação particular. Os SIG oferecem uma vasta gama de operações analíticas aos usuários.

No caso da análise geográfica, o uso dessas funções permite a combinação de informações temáticas através da manipulação de mapas. Um conjunto importante de procedimentos de análise geográfica foi definido por Tomlin (Tomlin, 1990 apud (CAMARA, DAVIS et al., )), denominado de “Álgebra de mapas”. Estas definições são a base de implementações de operadores de análise em diferentes sistemas.

Alguns exemplos dessas funções são:

- Projeção, seleção, união e sobreposição de temas;
- Reclassificação de objetos;
- Interseção (*Overlay*);
- Operações booleanas entre mapas;
- Consulta ao banco de dados;
- Operações para avaliação de conectividade, contigüidade, proximidade e sobreposição de objetos.

O uso dessas funções é primordial para a análise dos dados geográficos em um planejamento ambiental. Diferentes mapas temáticos podem ser comparados entre si para que uma conclusão seja atingida. Por exemplo, o mapa pluviométrico de uma região pode ser comparado com as áreas de desmatamento da mesma para que se conclua quais são as áreas de risco de erosão. A partir desse resultado, alternativas de solução diferentes podem ser aplicadas para resolver o problema da erosão. Para tanto, é

necessário analisar outros aspectos e, com isso, novos mapas podem ser necessários para a análise, fazendo um novo uso das funções de destas funções.

## APÊNDICE B – Casos de Uso

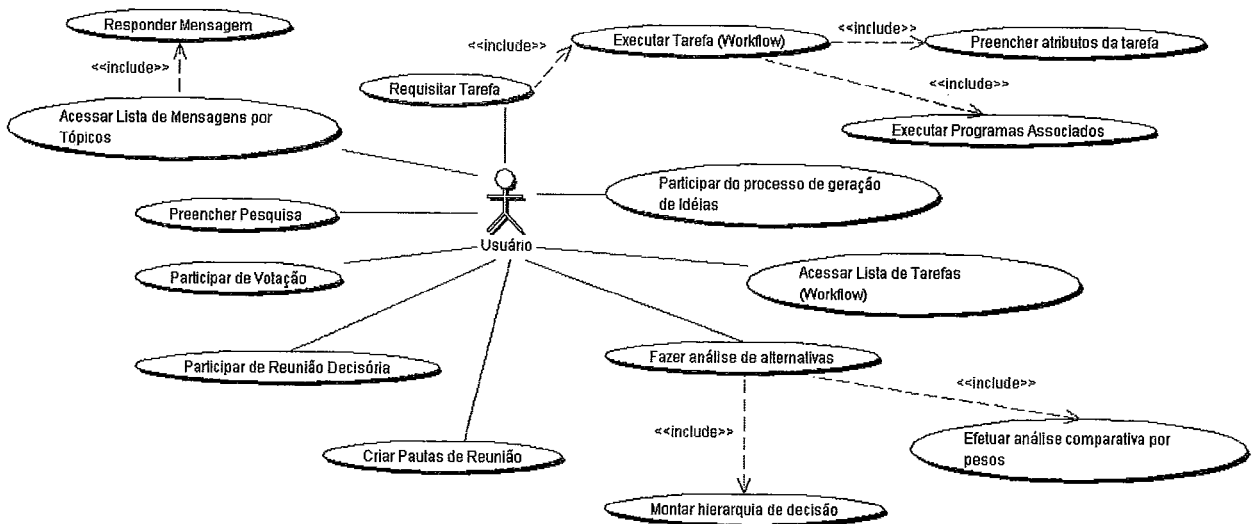


Figura 33 – Diagrama de Casos de uso da utilização do sistema

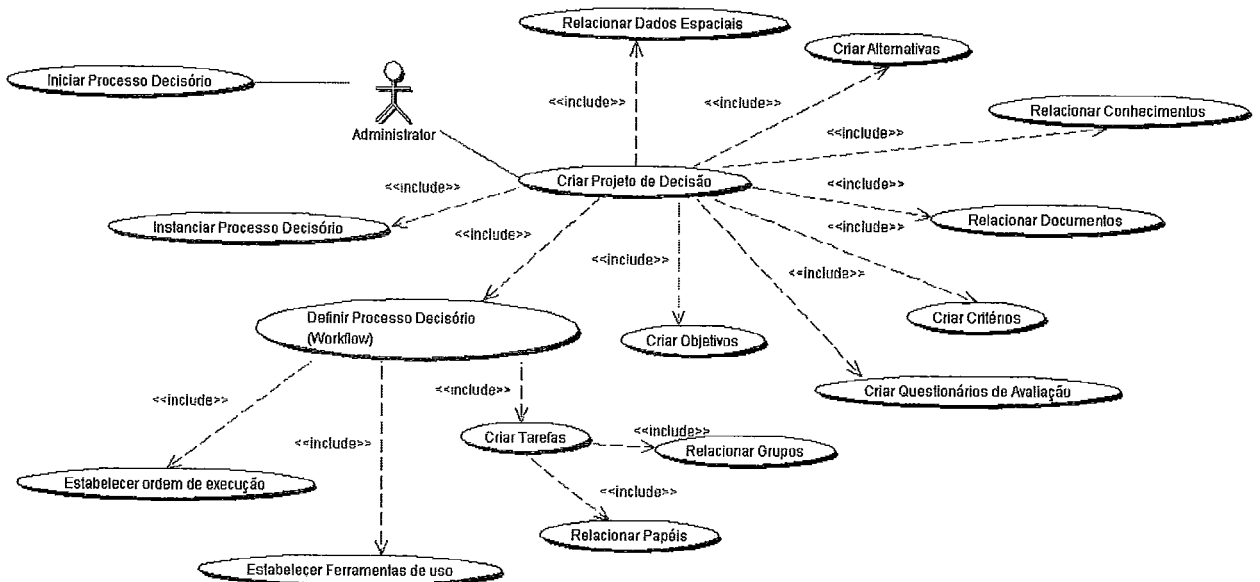


Figura 34 – Diagrama de Casos de uso de configuração do sistema

# APÊNDICE C – Diagramas de Classe do Workflow

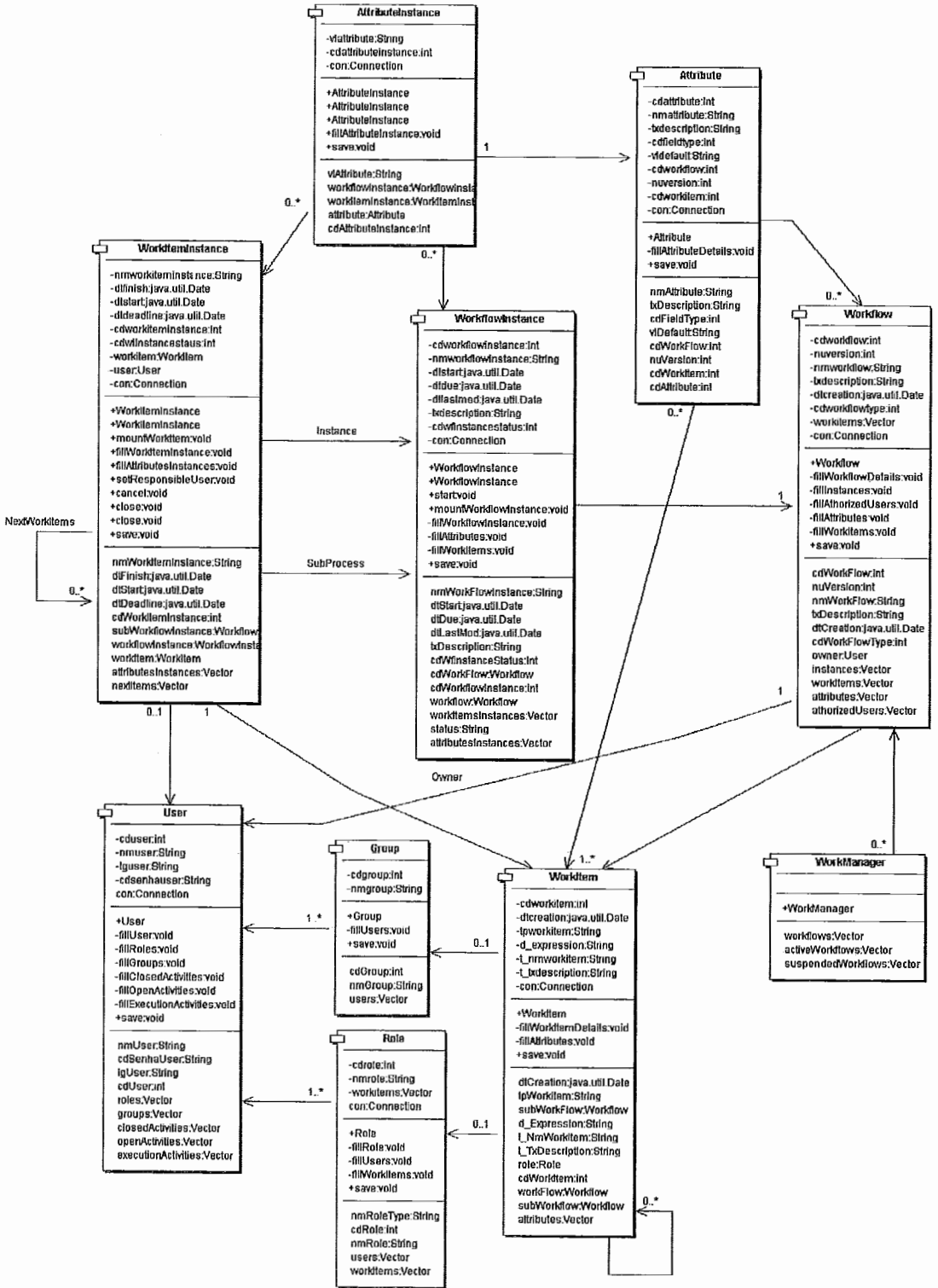


Figura 35 - Diagrama de Classes do Pacote Workflow

## **APÊNDICE D – Esquemas Lógicos de Banco de Dados**

Neste apêndice estão incluídos os esquemas lógicos de banco de dados de alguns módulos do DECISIO.

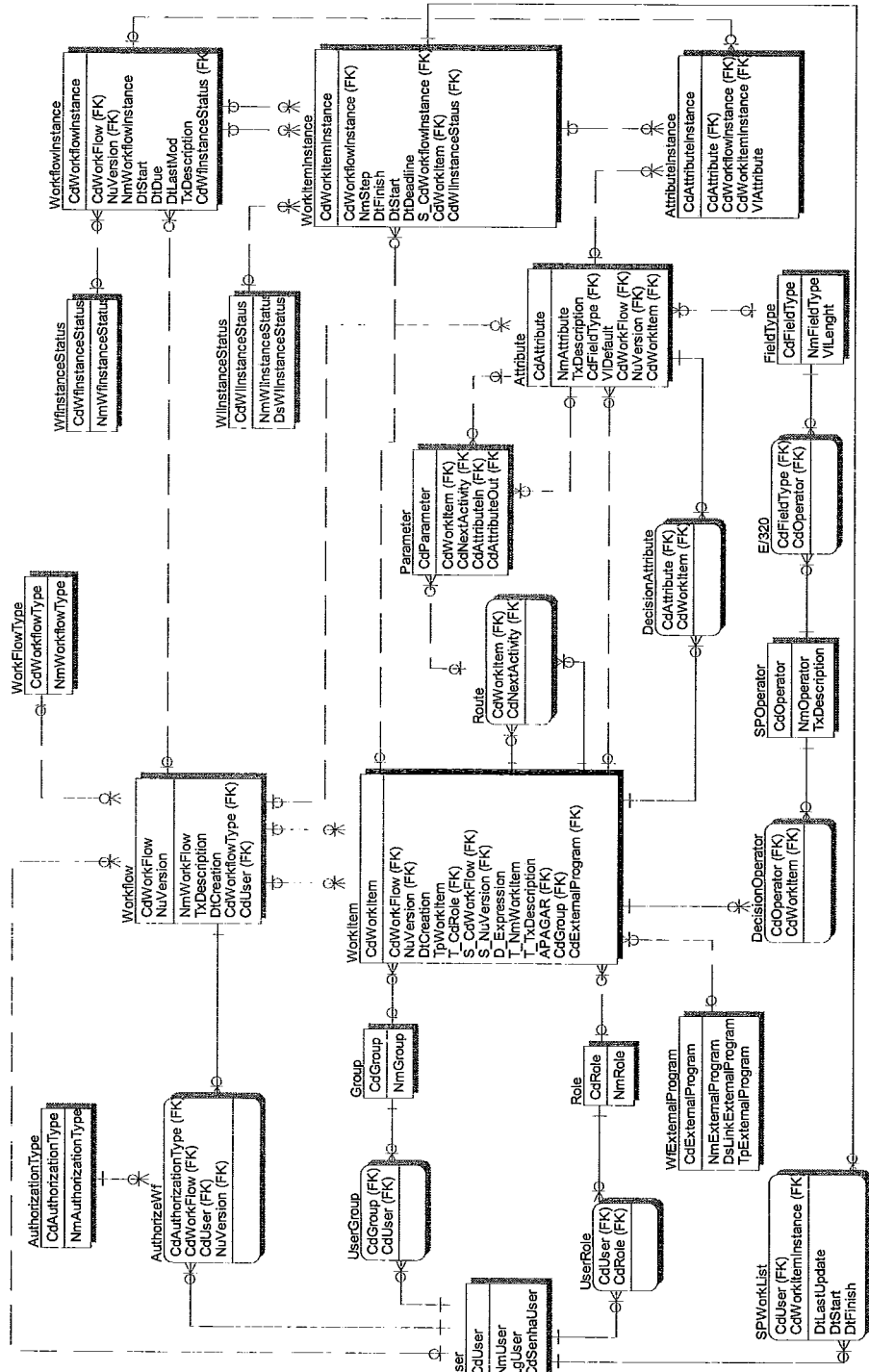


Figura 36 - Esquema lógico do Sistema de Workflow





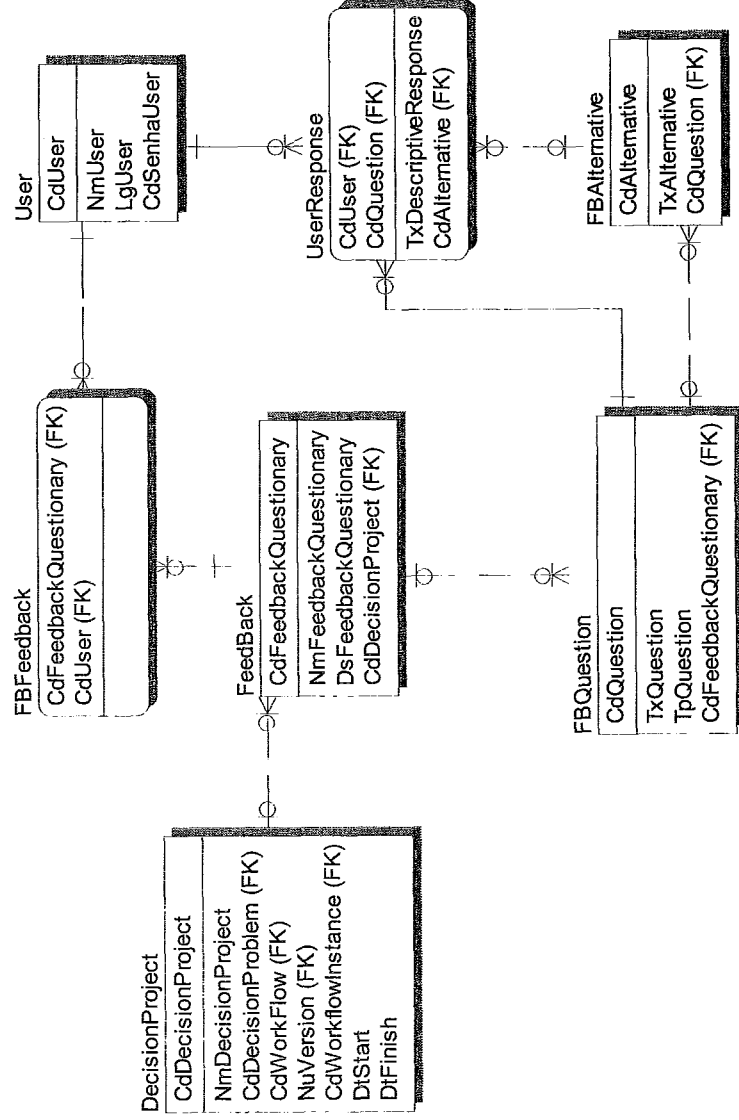


Figura 38 - Esquema lógico do módulo de Avaliação

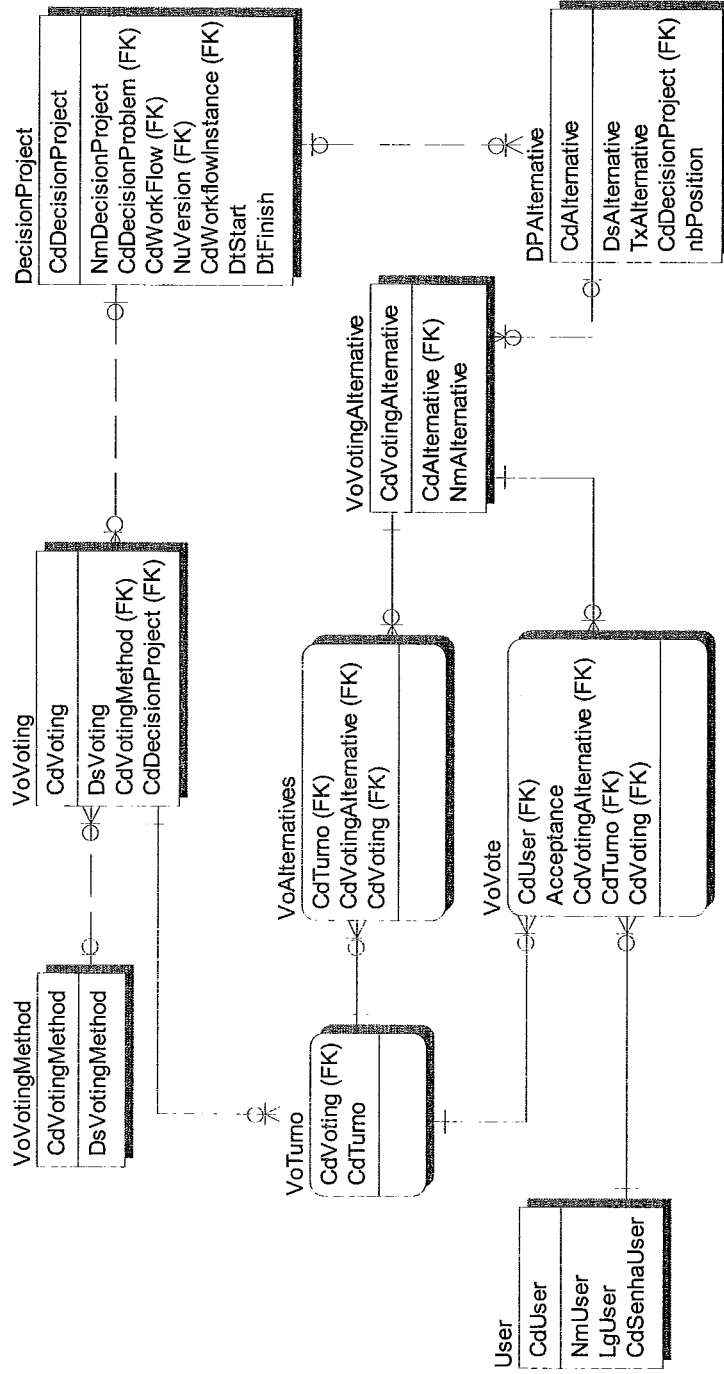


Figura 39 - Esquema lógico do módulo de Votação