

Sistema de Apoio à Decisão em Escalada Alpina

Leandro Toss Hoffmann

Graduando de Análise de Sistemas e Bolsista de IC
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS
Av. Unisinos, 950, Cristo Rei, São Leopoldo, RS, CEP: 93022-000
(lth@ig.com.br)

RESUMO: Neste trabalho é apresentado um Sistema de Apoio à Decisão aplicado à escalada alpina. O objetivo do sistema é apoiar um líder de escalada nas suas decisões, onde existe um grande risco associado. Essas decisões referem-se a configuração de recursos e otimização de rota. Em nenhum momento o sistema de informação decidirá pelo líder o que fazer, pois seu objetivo é dar suporte ao decisor, visando uma melhor qualidade na decisão.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Informação, Sistema de Apoio à Decisão, Software de Apoio à Decisão.

1. Introdução

Neste trabalho é apresentado um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) aplicado à escalada alpina. Primeiramente, no item 2, o ambiente no qual o SAD está inserido é apresentado, bem como os objetivos deste trabalho, no item 3. Posteriormente no item 4, Sistema de Apoio à Decisão é definido. A teoria da decisão é um fator importante no desenvolvimento de um SAD, desta forma os itens 5, 6 e 7 abordam conceitos pertinentes a este assunto. O item 8 descreve as variáveis de entrada do SAD proposto e o item 9 as regras de negócio representadas através de relações matemáticas entre as variáveis. O algoritmo de caminho crítico, utilizado para otimização de rota de subida de montanha é descrito no item 10. A modelagem do SAD é explicada no item 11 e finalmente no item 12 é realizada uma simulação de uso deste sistema.

2. Contextualização

Escalada alpina consiste em subidas de grandes montanhas, com percursos de neve e gelo. Apesar do nome ter origem nos Alpes, esta modalidade não se restringe às montanhas lá situadas.

Para escaladas de montanhas de alta periculosidade, do tipo Everest e K2, o alpinista necessita muito mais do que técnica e experiência. Precisa de uma boa dose de sorte [1,2,3]. (E sorte foi o que muitos precursores deste tipo de aventura não encontraram quando tentaram chegar ao topo do mundo!)

As dificuldades são muitas e as chances de falhar, frente às condições inóspitas enfrentadas em uma montanha, são grandes.

Por outro lado, existem técnicas que podem amenizar as incertezas durante uma escalada de alto risco: aquele que tiver a melhor configuração de alimentos, equipamentos, preparo físico e tomar a melhor decisão em situações de emergência ou imprevistos, terá uma maior chance de sucesso.

3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é gerar um SAD para apoiar a decisão de um líder durante uma escalada alpina. Sua decisão será pertinente a configuração de recursos: quantidade de alimento, equipamentos, recursos humanos, quantidade de medicamentos e planejamento do

tempo. Além disso, o sistema otimizará o caminho de subida, buscando a melhor rota, levando em conta as mudanças ambientais de obstrução de caminhos, podendo gerar caminhos alternativos.

Chamaremos o usuário do sistema simplesmente de líder. É claro que o SAD não poderá ser operado pelo líder, uma vez que seria inviável um alpinista escalar com um computador. O SAD será operado então por algum responsável da equipe de apoio que ficará no acampamento base. Esse responsável estará em constante comunicação com o líder, trocando informações dos cenários gerados pelo SAD.

O SAD proposto utiliza-se de rotas pré-definidas e relações matemáticas entre variáveis de entrada para gerar possíveis cenários de uma escala, auxiliando assim o líder do grupo de escalada a escolher uma melhor estratégia.

4. Definição de SAD

Um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) é uma ferramenta que procura auxiliar o decisor/gerente na sua tomada de decisão [4,5]. Em hipótese alguma o SAD substitui o julgamento humano e sua decisão. Diferente dos Sistemas Especialistas, o objetivo do SAD não é assimilar a experiência dos decisores para a resolução de problemas semelhantes no futuro, mas sim ajudar o decisor no uso e manipulação de dados e aplicação de heurísticas [6,7].

O SAD utiliza um mecanismo de geração de cenários, onde variáveis de entradas fornecidas pelo usuário geram simulações da realidade. Os cenários são gerados tanto para problemas estruturados quanto para não-estruturados.

Uma vez que seu objetivo é dar suporte ao decisor, o SAD deve ser fácil utilização, adaptado ao estilo cognitivo do usuário.

Outra grande característica do SAD é manipular pequenos ou grandes volumes de dados e de diferentes fontes (internas ou externas) [4,8].

5. Problemas estruturados e não-estruturados

No processo de solução de problemas é encontrado problemas estruturados e não estruturados[4,5]. Os problemas estruturados são simples e seu processo de solução obedece a regras, tornando-o uma rotina (p.e.: Qual é a melhor aplicação do mercado monetário, considerados a taxa de juros?). Os problemas não-estruturados são complexos, a aplicação de regras não é óbvia, onde existe um grande grau de incerteza associado as variáveis (p.e.: Onde instalar uma nova unidade de fabricação?).

Cada tipo de problema exige um diferente tipo de decisão. Decisões programadas lidam com problemas estruturados, através de um conjunto de regras e procedimentos pré-estabelecidos, podendo assim ser facilmente delegada ou modelada. Os problemas não-estruturados são solucionados por meio de decisões não-programadas, onde são determinados cursos de ação incomuns. Cada curso de ação possível contém muitas características singulares que não poderiam ser modelados através de regras simples. O SAD deve atender a estes dois tipos de decisões.

6. O processo decisório

A solução de um problema começa pelo processo de tomada de decisão. Decidir significa escolher um rumo a seguir frente as várias alternativas existentes, visando um objetivo. Em resumo, estamos frente a um problema e queremos buscar a melhor solução possível. Para tanto, é imprescindível identificar o problema de maneira precisa [9,10].

Herbert Simon divide o processo de tomada de decisão em três estágios: inteligência, concepção e escolha [5,11,12]. O primeiro estágio é o de inteligência, que consiste em identificar, definir e categorizar o problema. No estágio de concepção são geradas alternativas para solucionar o problema. Finalmente no estágio de escolha, utiliza-se de métodos de seleção das alternativas para apontar um curso de ação.

O entendimento deste processo facilita a implementação de um SAD de qualidade.

7. Estilo decisório do usuário do SAD

Todas pessoas são diferentes no seu modo de pensar e agir. Dentro do processo de tomada de decisão, o estilo decisório do gerente vai variar de acordo com o seu estilo cognitivo. O estilo cognitivo está relacionado ao modo de percepção dos dados e a formulação de conhecimento a partir dos dados assimilados [13].

Identificando o estilo cognitivo do usuário é possível verificar as preferências do usuário quanto a quantidade e a forma de dados expostos. Um exemplo disto seria a preferência pelo uso de gráficos ao uso textos.

Um melhor diálogo entre usuário e sistema será obtido quando o estilo cognitivo do usuário for incorporado no SAD.

Neste trabalho, o estilo decisório do usuário do SAD tem um perfil flexível e criativo [13]. De modo geral, o líder responsável toma suas decisões baseadas em experiências e heurísticas, porém sempre respeitando a vida e a opinião de seus colegas.

8. Variáveis de entrada do SAD proposto

As variáveis de entrada representam um momento decisório está propondo ao sistema. A partir destas variáveis, o SAD gera um cenário, calculando variáveis de saída. As variáveis de saída neste sistema são a rota de subida (e encontrada por um algoritmo de caminho crítico) e a folga resultante das variáveis de entrada em relação os valores reais da rota definida.

As variáveis de entrada estão divididas em dois grupos: variáveis de rota e variáveis de recursos.

8.1. Variáveis de Rota

Os possíveis caminhos de subida da montanha, são representados através de um grafo. As variáveis descritas na Tabela 1, representam entradas do sistema em relação a este grafo e restrições em relação aos arcos. Além disso, o usuário também informa o critério desejado para otimização da melhor rota de subida.

8.2. Variáveis de recursos

São as entradas do SAD que definirão a configuração inicial ou atual de recursos disponíveis. A Tabela 2 descreve cada uma destas variáveis.

Variável	Descrição
Ponto de Origem	Ponto inicial (ou atual) de subida
Ponto de Destino	Ponto de destino para subir
Grau máximo de dificuldade	A inclinação e dificuldade de escalada alpina é medido em grau, e é representado por um número (de 5 a 9) seguido por uma letra (de “a” a “c”), sendo 5a mais fácil e 9c mais difícil.
Critério de Otimização de busca de melhor rota	Critério para otimizar e buscar a melhor rota de subida, utilizada pelo algoritmo de caminho crítico. Pode ser: minimizar tempo ou minimizar consumo de equipamentos
Status de caminho	Informação de disponibilidade ou não de um caminho.

Tabela 1: Variáveis de entrada do SAD, referente a rota de subida.

Variável	Descrição	Unidade
Número de Pessoas	quantidade de pessoas que compõe o grupo de escalada	Unidades
Tempo	Tempo disponível ou estimado para subida	Minutos
Quantidade de Alimento	Quantidade de alimento disponível ou estimada	Calorias
Quantidade de Equipamentos	Quantidade de equipamentos disponível ou estimadas que serão consumidos durante a escalada	Quilogramas
Quantidade de Medicamento	Quantidade de ampolas de medicamento de combate a edema pulmonar e cerebral.	unidades

Tabela 2: Variáveis de entrada do SAD, referente a recursos.

9. Relações matemáticas entre as variáveis de entrada

As variáveis de recursos estão diretamente ligadas por relações matemáticas que representam regras do negócio. A medida que o usuário do sistema preenche as variáveis de entrada, outras variáveis relacionadas às variáveis preenchidas são automaticamente calculadas.

A seguir são as fórmulas matemáticas que garantem o relacionamento entre as variáveis são descritas:

$$(1) \text{ Quantidade de Equipamento} = 15 * \text{NroPessoas} - 2 * \text{NroPessoas}_,$$

onde: 15 kg = carga total por pessoa

$\text{NroPessoas}_ = \text{NroPessoas}$, caso seja divisível por 3,
ou o próximo nro dividido por 3.

Por exemplo:

Se $\text{NroPessoas} = 3$ então $\text{NroPessoas}_ = 3$

Se $\text{NroPessoas} = 4$ então $\text{NroPessoas}_ = 6$

Regras:

Cada pessoa pode levar 15 kg entre equipamentos a serem consumidos na escalada e equipamentos compartilhados com outras pessoas.

Cada conjunto de equipamento compartilhado pesa 6 kg e pode ser compartilhado por até 3 pessoas.

Desta forma, num grupo de 3 pessoas, cada pessoa levará 2 kg de equipamentos compartilhados e poderá levar 13 kg de equipamentos para a escalada (15 - 2).

Se o grupo for de 4 pessoas, serão necessários 2 conjuntos de equipamentos compartilhados. Cada pessoa levará 1,5 kg de equipamentos compartilhados (6*2 / 4), e poderá levar 13,5 kg de equipamentos para escalada (15 - 1,5).

(2) **NroPessoas** = NroPessoas_

onde: $\text{NroPessoas}_ = \text{int}(\text{equipamentos} / 13) + 1$

Regra: Para fins de arredondamento, caso ao aplicar a fórmula, o procedimento inverso (aplicando a fórmula 1) o valor resultante comparado for menor, soma -se +1 ao valor final. Este arredondamento é necessário em virtude do número de pessoas.

(3) **Quantidade de Medicamento** = NroPessoas * int (tempo / 180)

Regra:

Assume-se que cada pessoa necessita de uma dose de medicamento a cada 180 minutos.

(4) **NroPessoas** = QtdeMedicamento / int (tempo / 180)

(5) **tempo** = (QtdeMedicamento / (NroPessoas / 180)) + 180

(6) **Quantidade de Alimentos** = NroPessoas * tempo * 2,0833

onde 2,0833 quantidade de calorias consumida por cada pessoa por minuto.

Regra:

Assume-se que cada alpinista consome em média 3000 cal / dia.

(7) **Tempo** = QtdeAlimentos / (2,0833 * NroPessoas)

(8) **NroPessoas** = QtdeAlimentos / (2,0833 * tempo)

9.1. Estrutura de cálculo das variáveis de entrada

Na tela de alimentação do SAD não existe uma ordem de preenchimento das variáveis de entrada. Desta forma, é utilizada uma estrutura de cálculo que representa as relações matemáticas entre as variáveis [14]. Essa estrutura de cálculo, como podemos ver na Tabela 3, abrange todas as combinações de ordem de preenchimento das variáveis.

		Sequência de Cálculo
Pessoas	-	(1)
Pessoas	Tempo	(6) (3)
Pessoas	Alimento	(7) (3)
Pessoas	Medicamento	(5) (6)
Equipamento	-	(2)
Tempo	Pessoas	(3) (6)
Tempo	Alimento	(8) (3)
Tempo	Medicamento	(4) (6)

Tabela 3: Estrutura de cálculo das variáveis de entrada.

10. Algoritmo de Caminho Crítico

A geração de cenário permite determinar também a melhor rota de subida, otimizando o tempo ou a quantidade de consumo de equipamentos. Para tanto, é utilizado o algoritmo de Dijkstra [15]. Baseado nos caminhos pré-definidos e nos seus atributos, o algoritmo define a melhor rota do ponto de origem ao ponto de destino.

O pseudocódigo do algoritmo de Dijkstra é mostrado a seguir:

Inicializa matriz weight[][]

```
perm[s] = MEMBER
distance[s] = 0
current = s
```

```
Do While (current <> t){
  smalldist = INFINITY
  dc = distance[current]
```

```
  For (i = 0; i < MAXNODES; i--){
    If (perm[i] == NONMEMBER){
      newdist = dc + weight[current, i]
      If (newdist < distance[i]){
        /* a distancia de s a i através de */
        /* current é menor que distance[i] */
        distance[i] = newdist
        precede[i] = current
      }
    }
  }
```

```
  /* determina a menor distancia */
  If (distance[i] < smalldist){
    smalldist = distance[i]
    k = i
  }
}
```

```
current = k
perm[current] = MEMBER
}
```

Onde:

MAXNODES - é o número máximo de nodos do grafo
 Weight[][] - Matriz que representa o grafo
 s - nodo origem
 t - nodo destino
 MEMBER - indica que o nodo pertence ao grupo conexo
 NONMEMBER - indica que o nodo não pertence ao grupo conexo
 current - nodo atual
 distance[] - vetor com menores distâncias entre os nodos conexos
 perm[] - vetor com identificação de nodo conexo ou não
 dc - distância atual
 precede[] - vetor final de caminho crítico

11. Modelagem

Para implementação do SAD e armazenamento dos dados foi utilizada a ferramenta Microsoft Access 97.

A seguir, na figura 1, é mostrado o Diagrama de Entidade -Relacionamento da base de dados.

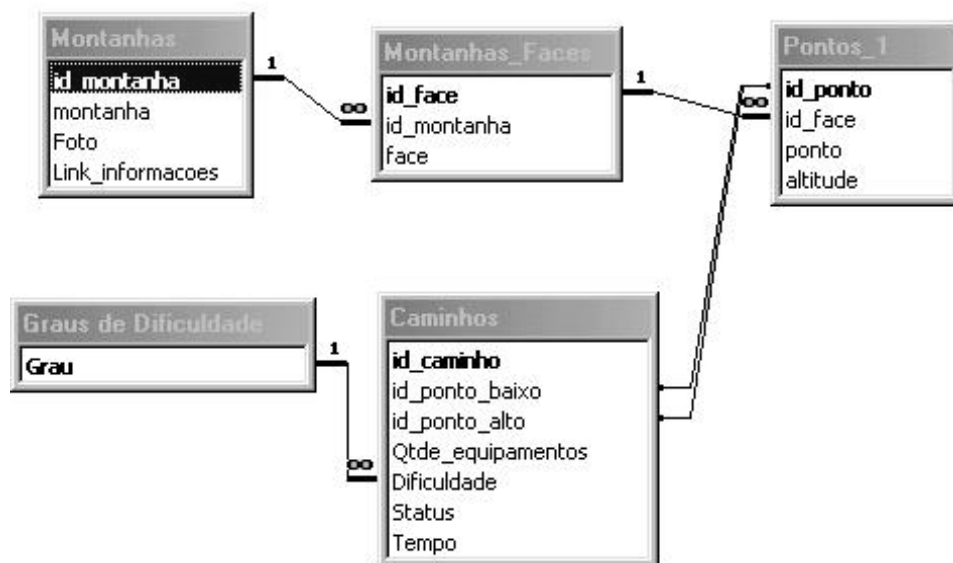


Figura 1: Diagrama de Entidade-Relacionamento

A tabela **montanha** armazena o cadastro das montanhas e suas informações gerais. Cada montanha contém 1 ou n **faces** (norte, sul...). As faces conterão vários **pontos** mapeados, que representarão os nodos de um grafo. Uma terceira tabela, intitulada **caminhos**, armazenará informações referentes as arestas do grafo:

- *qtde_equipamentos* é a quantidade necessária de consumo de equipamentos neste trecho;
- *dificuldade* está ligada a outra tabela auxiliar que contém uma lista de valores (5a muito fácil até 9c muito difícil)
- *status* indica que se o caminho está livre para subida ou não
- *tempo* é tempo estimado de subida

12. Simulação de uso do SAD

Para a simulação do uso do SAD foram inseridos dados, alguns reais e outros fictícios, de possíveis pontos e caminhos de escaladas para a face norte do Monte Everest. A ligação de *n* caminhos formará uma rota de subida [1,3].

Para esta simulação é considerado que as informações coletadas do ambiente serão analisadas em tempo real. Anteriormente a esca lada serão feitas simulações de cenários para avaliar incertezas e escolher a melhor estratégia de subida. Posteriormente poderão ser gerados cenários, tendo como entradas do sistema, informações reais, já efetivadas. Para tanto, a simulação será realizada no acampamento base, mediante comunicação de rádio com o líder do grupo que encontra-se subindo a montanha.

Para fins de simplificação, admite-se neste trabalho:

- Cada indivíduo, que está escalando, tem um conjunto de suprimentos básico para desescalar¹ a montanha, sendo seus valores de peso desconsiderados na simulação.

¹ Desescalar: termo utilizado pelos alpinistas para o processo de descida da montanha ou trecho escalado.

- Cada pessoa tem um kit básico pessoal para dormir e vestimentas apropriadas, bem como equipamentos essenciais para uma escala. Da mesma forma, variáveis de peso relativas e esses itens serão desconsiderados.
- É desconsiderado o espaço necessário para carregamento de alimentos e medicamentos.
- O tempo de descanso (pausas e pernoite), não são consideradas neste trabalho. A variável de tempo associada a escalada de um caminho, diz respeito somente ao tempo de subida.
- Além dos seus kits básicos pessoais, cada pessoa pode levar até 15 kg, independentemente da sua idade, sexo ou preparo físico.

Após a seleção de montanha e face a ser escalada, o usuário poderá utilizar o SAD para tomar decisões em duas situações: (1) planejamento de configuração inicial de recursos e definição de rota; (2) geração de cenários a partir de uma realidade existente durante a escalada.

A seguir é realizado simulações das duas situações:

12.1 Planejamento de configuração inicial de recursos e definição de rota.

Nesta situação, qualquer valor de entrada para as variáveis de recursos são possíveis, uma vez que o usuário quer simular vários cenários. As variáveis de rota Ponto de Origem e Destino, normalmente estão configuradas em Base e Topo da montanha, respectivamente.

- a) O método de otimização escolhido para encontrar o caminho crítico é minimizar a quantidade de equipamentos a serem consumidos. O limite de dificuldade de escalada é o máximo: 9c.
- b) Para variáveis de recursos, são efetuadas as seguintes entradas:
Número de pessoas: 7
Tempo estimado para escalada: 13h e 30min

As próximas variáveis são calculadas automaticamente através das relações matemáticas:

Quantidade de alimento: 11.812 kcal
Quantidade de medicamento: 28 unidades
Quantidade de equipamento: 87 kg

A Figura 2 mostra a tela do sistema utilizada para preenchimento das variáveis de entrada. As variáveis de recursos são ligadas por uma linha colorida, indicando que existe uma relação matemática entre elas. A direita é possível visualizar a imagem da face da montanha escolhida e o grafo que representa os possíveis caminhos de subida.

- c) A geração do cenário mostrou a melhor rota de subida da montanha, mas devido ao tempo de entrada, acarretou em recursos insuficientes para a subida. Este resultado é observado na Figura 3, onde a esquerda é representado as variáveis de entrada e suas respectivas folgas. A direita a imagem da face da montanha mostra a melhor rota encontrada pelo algoritmo de Dijkstra: melhor rota {A, B, D, E, J, L, M, O}.

- d) O alpinista notou, porém, que os recursos de equipamentos estavam com grande folga, desta forma gerou outro cenário, com os mesmos valores para as variáveis de entrada, mas desta vez otimizando o tempo ao invés de equipamentos.

O novo cenário gerado mostrou folga em todos recursos.

Neste cenário, devido ao critério de otimização, a rota encontrada pelo algoritmo de Dijkstra é diferente: Melhor Rota {A, B, D, F, G, H, I, O}.

Número de Pessoas: 7

Tempo: 1h e 12 min

Quantidade de Alimentos: 1050 cal

Quantidade de Equipamentos: 15 kg

Quantidade de Medicamento: 0 un.

Máxima Dificuldade: 7c

Figura 2: Tela do sistema onde são preenchidas as variáveis de entrada.



Figura 3: Tela do sistema com o cenário gerado pelo SAD.

12.2 Geração de cenários a partir de uma realidade existente durante a escalada

Neste momento, é possível simular um cenário a partir de uma situação real ou fictícia existente durante a escalada. As variáveis de recursos representarão os valores efetivos daquela situação e o Ponto de Origem, a localização atual da equipe.

Numa situação real ou simulada, o alpinista líder e seu grupo chegaram ao ponto B da montanha e ficaram sabendo que alguns caminhos previstos para a escalada ficaram obstruídos após uma avalanche.

A partir do cenário gerado anteriormente, o usuário marca os caminhos indisponibilizados e gera um novo cenário.

Caminhos indisponíveis: D-F e F-G

Resultado do novo cenário (folga das variáveis de saída):

Melhor Rota {B, D, G, H, I, O}.

Número de Pessoas: 7

Tempo: -2h

Quantidade de Alimentos: -1750 cal

Quantidade de Equipamentos: -5 kg

Quantidade de Medicamento: 0 un.

Máxima Dificuldade: 9A

Observa-se que muitos recursos estão escassos e com esta configuração não seria possível prosseguir. Cabe ao líder decidir que rumo tomar, cancelar a escalada, diminuir o número de pessoas ou remanejar os recursos. Sua decisão deverá ser baseada a partir da geração de novos cenários no SAD.

13. Conclusão

Dentro da proposta do SAD de apoiar a tomada de decisão do líder de escalada, o sistema mostrou-se útil na geração de cenários e de fácil utilização. Na etapa de planejamento o decisor pode visualizar rapidamente seus recursos escassos e decidir por uma rota de escalada. E durante a escalada o sistema se adapta bem às mudanças do ambiente, sendo uma ferramenta importante para a tomada de decisão com qualidade, em situações urgentes.

Decisões que anteriormente eram baseadas apenas nas experiências e heurísticas do decisor, agora podem ter o suporte de um sistema de informação.

Como próximo trabalho, procura-se criar um sistema especialista para o mesmo tipo de ambiente de escaladas, visando maior otimização dos recursos e aproveitamento das experiências dos decisores em situações passadas.

14. Bibliografia

- [1] Quokka Sports, “EVEREST 2000”, World Wide Web, <http://www.everest2000.com>, 2000, acessado em maio de 2001.
- [2] Columbia TriStar Interactive, “VERTICAL LIMIT”, World Wide Web, <http://www.verticallimit.com>, 2000, acessado em maio de 2001.
- [3] Quokka Sports, “MOUNTAIN ZONE”, World Wide Web, <http://classic.mountainzone.com>, 2001, acessado em maio de 2001.
- [4] STAIR, R. M. “PRINCÍPIOS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: Uma Abordagem Gerencial”, LTC, Rio de Janeiro, 1998.
- [5] FREITAS, H. “INFORMAÇÃO E DECISÃO: Sistema de Apoio e Seu Impacto”, Ortiz, Porto Alegre, 1997.
- [6] POWER, D.J. “DECISION SUPPORT SYSTEMS GLOSSARY”. DSS Resources, World Wide Web, <http://DSSResources.com/glossary/>, 1999, acessado em 06 -jul-2001.
- [7] POWER, D.J. “DECISION SUPPORT WEB TOUR”. DSS Resources, World Wide Web, <http://dssresources.com.tour>; 1999, acessado em 06-jul-2001.
- [8] GRAY, P. “DECISION SUPPORT AND EXECUTIVE INFORMATION SYSTEMS”, Prentice-Hall, New Jersey, 1994.
- [9] WEISS, D. H. “COMO TOMAR DECISÕES DIFÍCEIS”, Nobel, São Paulo, 1996.
- [10] PEREIRA, M.J.L.B. e FONECA, J.G.M. “FACES DA DECISÃO: As Mudanças de Paradigmas e o Poder da Decisão”, Makron Books, São Paulo, 1997.
- [11] CASSARRO, A.C. “SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÕES”, Pioneira, São Paulo, 1988.
- [12] PIDD, M. “MODELAGEM EMPRESARIAL: Ferramentas para Tomada de Decisão”, Artes Médicas, Porto Alegre, 1998.
- [13] WATSON e HUGH J. “SISTEMA DE APOIO A DECISÃO : Colocando a Teoria em Prática”, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1991.
- [14] BECKER, J.L. e FREITAS, H. “O SISTEMA DE APOIO À DECISÃO INDUSTRIAL - SADI”, PPGA/URGS, Porto Alegre.
- [15] TENENBAUM, A. M.; LANGSAM, Y e AUGENSTEIN, M. J. “ESTRUTURAS DE DADOS USANDO C”, MAKRON Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1995.