



Companhia de Água e Esgoto do Ceará

Como utilizar a metodologia MACBETH para ajudar a avaliar opções e a alocar recursos: Conceitos e casos

Carlos A. Bana e Costa

Fortaleza, Março de 2006

© Copyright 2006, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved.

<http://alfa.ist.utl.pt/~cbana>



Carlos António Bana e Costa

Full Professor of Decision & Information, Instituto Superior Técnico
 DEG - Department of Engineering and Management
 President of CEG-IST - Centre for Management Studies of IST
 Technical University of Lisbon

Visiting Professor of Operational Research, London School of Economics
 Department of Operational Research

Co-author of the M-MACBETH Approach
 M-MACBETH - A Multiple Criteria Decision Support System

© Copyright 2006, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved.

Agenda

- A problemática da tomada de decisão nas organizações: Erros comuns e soluções
- Metodologia MACBETH
- Casos

© Copyright 2006, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved.

A problemática da tomada de decisão nas organizações

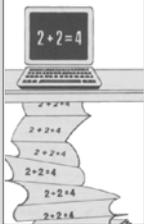


Os gestores de todo o tipo de organizações, públicas ou privadas, com ou sem fins lucrativos, confrontam-se continuamente com a difícil tarefa de alocar recursos levando em conta e ponderando custos, benefícios e riscos. Essa dificuldade resulta de:

- Os benefícios corresponderem a múltiplos e conflitantes objectivos.
- Existirem muitas opções estão presentes para as quais é escassa a informação disponível sobre como contribuem para os objectivos.
- Quando os recursos devem ser partilhados por várias áreas de atuação, a alocação ótima individualmente a cada área raramente se traduz numa alocação ótima coletiva.
- Muitas pessoas ou entidades envolvidas na tomada de decisão defendem pontos de vista conflitantes, outras que influenciam a decisão são difíceis de identificar. Um processo de alocação de recursos deve procurar resolver estes problemas, identificando soluções *win-win*.
- A implementação das decisões tomadas pode falhar pela ação daqueles que não as partilham

© Copyright 2006, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved.

Processos intuitivo e analítico de tomada de decisão

Processo intuitivo	Processo analítico
 <ul style="list-style-type: none"> • Decisão baseada no conhecimento e experiência previamente adquiridos • Tipicamente decisões de executivos e comités colegiados 	 <ul style="list-style-type: none"> • Decisão tomada com base nos resultados da aplicação de métodos quantitativos

© Copyright 2006, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved.

O processo intuitivo de tomada de decisão está sujeito a muitas inconsistências; por exemplo, as devidas ao modo como o problema é apresentado

Pedi-se a um grupo de 152 estudantes para imaginar que os EUA estavam a preparar-se para uma epidemia que se previa poder matar 600 pessoas. Foi-lhes pedido para escolher um e um só de entre dois programas de combate à epidemia

- Programa A que salvaria 200 pessoas
- Programa B com probabilidades de 1/3 de salvar todas as 600 vidas e 2/3 de nenhuma se salvar

72% dos estudantes preferiram o **programa A**

Num segundo teste, outros 155 estudantes foram confrontados com a mesma situação. Contudo, foi-lhes oferecida a escolha entre os dois programas seguintes

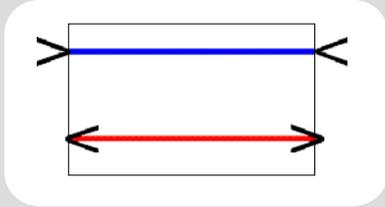
- Programa C em que morreriam 400 pessoas
- Programa D com probabilidades de 1/3 de ninguém morrer e 2/3 de morrerem todas as 600 pessoas

78% dos estudantes preferiram o **programa D**

Amos Tversky & Daniel Kahneman
"The framing of decisions and the psychology of choice"
 Science, 1981

© Copyright 2006, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved.

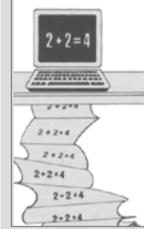
Qual é a maior linha, a azul ou a vermelha?



Ilusão de Müller-Lyer

O processo analítico está sujeito à adoção de procedimentos analíticos inconsistentes

Processo analítico



Fontes de inconsistência

- Adotar técnicas quantitativas sem base teórica
- Adotar técnicas quantitativas robustas mas cujas condições teóricas são violadas durante a aplicação
- Adotar técnicas quantitativas robustas mas que não se ajustam às características do problema em análise
- Crer que os resultados da aplicação de métodos analíticos são sempre mais corretos que as decisões intuitivas.

Problemas

- Não independência da melhor escolha relativamente a "alternativas irrelevantes"
- Inconsistência na ponderação de critérios.
- Incorreção na priorização de projetos.

Exemplo de utilização de um método quantitativo inconsistente: caso de avaliação de propostas

Em um caso em que quatro propostas (A, B, C, D) deveriam ser avaliadas de acordo com um conjunto de sete critérios (1 a 7), foi adotado um procedimento analítico consistindo em, primeiro, ordenar as propostas em cada critério...

Ordenações	Crit.1	Crit.2	Crit.3	Crit.4	Crit.5	Crit.6	Crit.7
Proposta A	1º	4º	3º	1º	4º	3º	1º
Proposta B	2º	1º	4º	2º	1º	4º	2º
Proposta C	3º	2º	1º	3º	2º	1º	3º
Proposta D	4º	3º	2º	4º	3º	2º	4º

- ... depois, pontuar as propostas, atribuindo a cada uma delas uma pontuação, em cada critério, igual ao número de propostas consideradas piores...
 - 1º 3 pontos
 - 2º 2 pontos
 - 3º 1 ponto
 - 4º 0 pontos
- ... e, por fim, escolher a proposta com mais pontos no conjunto de todos os sete critérios

Ordenações	Crit.1	Crit.2	Crit.3	Crit.4	Crit.5	Crit.6	Crit.7	Total
Proposta A	3	0	1	3	0	1	3	11
Proposta B	2	3	0	2	3	0	2	12
Proposta C	1	2	3	1	2	3	1	13
Proposta D	0	1	2	0	1	2	0	6

Avaliação analítica inconsistente de propostas (continuação)

Entretanto, descobriu-se no fim que D deveria ter sido eliminada no início, porque não cumpriu todas as condições de aceitação. Parece não haver problema, pois C até domina D...

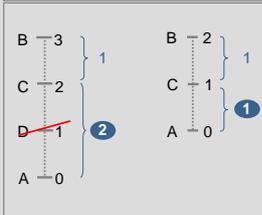
Ordenações	Crit.1	Crit.2	Crit.3	Crit.4	Crit.5	Crit.6	Crit.7
Proposta A	1º	A ⁶ 3º	B ⁶ 2º	1º	A ⁶ 3º	B ⁶ 2º	1º
Proposta B	2º	1º	A ⁶ 3º	2º	1º	A ⁶ 3º	2º
Proposta C	3º	2º	1º	3º	2º	1º	3º
Proposta D	A ⁶	B ⁶	2º	A ⁶	B ⁶	2º	A ⁶

- ... mas, adotando o mesmo procedimento analítico só para as propostas A, B e D...
 - 1º 2 pontos
 - 2º 1 ponto
 - 3º 0 pontos
- ... a ordenação final das propostas resulta invertida!

Ordenações	Crit.1	Crit.2	Crit.3	Crit.4	Crit.5	Crit.6	Crit.7	Total
Proposta A	2	0	1	2	0	1	2	8
Proposta B	1	2	0	1	2	0	1	7
Proposta C	0	1	2	0	1	2	0	6

Qual a origem do problema? Como ultrapassá-lo?

Qual a origem do Problema?
Não independência face a 'alternativas irrelevantes'



Como ultrapassar o problema?
Obter informação sobre diferenças de atratividade

A diferença de atratividade entre B e C é maior, igual ou menor do que a diferença de atratividade entre C e A?

MACBETH

Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique

MACBETH é uma metodologia de análise de decisão que ajuda a avaliar opções comparando-as qualitativamente em termos das suas diferenças de atratividade em múltiplos critérios

Julgamento qualitativo MACBETH:

A diferença de atratividade entre A e B é

- extrema
- mt. forte
- forte
- moderada
- fraca
- mt. fraca
- nula

Julgamentos qualitativos MACBETH de diferença de atratividade e escala quantitativa de avaliação

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved. 13

Detecção de inconsistências e sugestões de resolução do problema

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved. 14

Ponderação de critérios: Questionamento incorrecto

Perguntar diretamente se um critério é mais importante do que outro critério é "o erro crítico mais freqüente."

Ralph L. Keeney
Value Focused Thinking, 2001

Exemplo: Concursos Público para a construção de uma linha de metrô em Lisboa.

O que é mais importante:
Custo global ou Prazo de execução ?

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved. 15

Ponderação de critérios: Questionamento incorrecta

Afinal, o que é mais importante, o custo ou o prazo !?

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved. 16

Ponderação de critérios: MACBETH

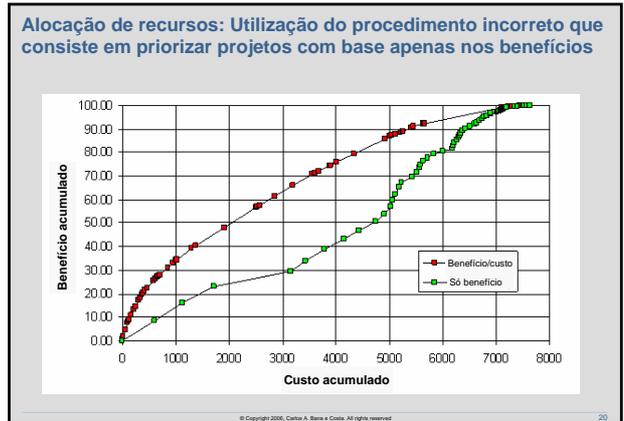
© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved. 17

Avaliação global pelo modelo aditivo: Metrô da cidade do Porto

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved. 18

www.m-macbeth.com

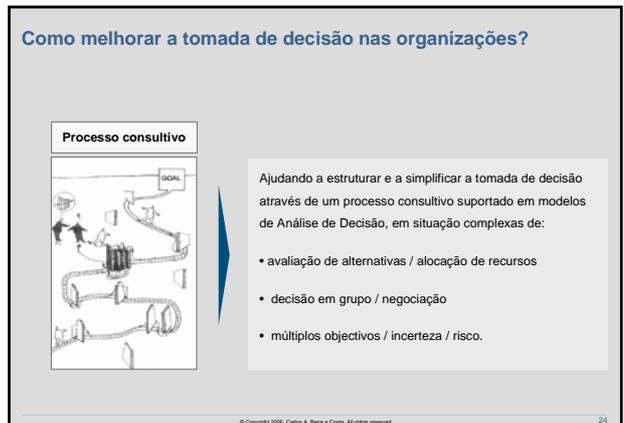
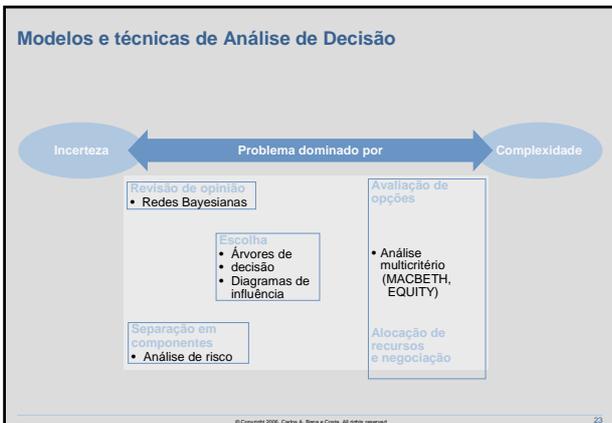
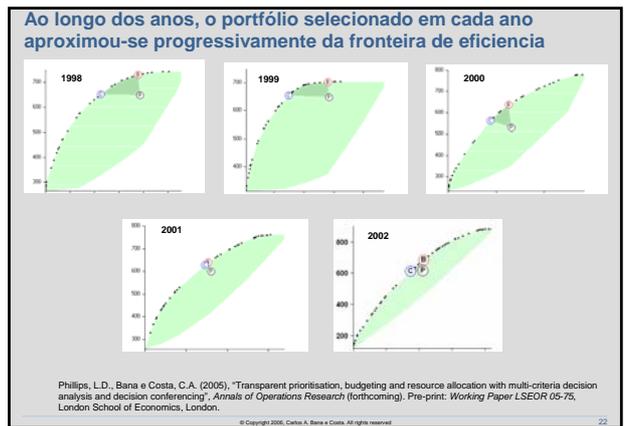
© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved. 19



Seleção de projectos de pesquisa e desenvolvimento para alocação de recursos numa empresa farmacêutica: EQUITY

14			V	
13	+K		+P	
12	+I		+TT	
11	+F	+Z F	+14 F	
10	O	4	AA	
9	+U	+Y	M1	
8	+M	N	+9	+KJ
7	H	L	O	+45
6	S	D	+J2	22
5	C F T	+B	+LK	6
4	A	+R	+77	G
3	T	I	W F	K
2	X	J	6	E
1	Exit	Exit	Exit	Exit
	Front of Eye	Skin Care	New Technology	
	Back of Eye	BTX/Neuro Pain		

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved. 21



Avaliação, priorização e seleção de projetos de investimento, estratégias, políticas e desempenho, e alocação de recursos: Que tipo de abordagem?



→ Uma abordagem socio-técnica:

- Aprendizagem em grupo
- Interactividade; facilitação
- Confrontação de preferências holísticas intuitivas com resultados dos métodos analíticos
- Respeito do princípio de que o problema e a solução pertencem ao 'cliente' e não ao consultor
- O consultor conduz o processo sem interferir no conteúdo

A abordagem socio-técnica utiliza métodos de análise de decisão (componente técnica) em conferências de decisão (componente social) para construir um modelo 'ajustado' às preferências do grupo



Principais vantagens

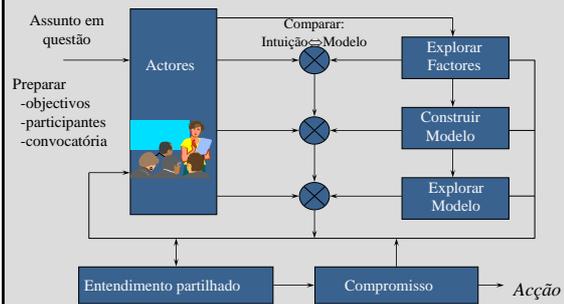
- Combinação entre processo social e técnico
 - Explicação de conhecimento tácito permite ao grupo ter performance decisória superior à individual
 - Uso de sistemas de ajuda à decisão permite análises de sensibilidade e simulações imediatas
- Experiência comprovada
 - CD preferidas às reuniões normais (Chun, 1992)
 - Alto valor em grupos menores, abertos à mudança e com decisões participativas

'MODELO AJUSTADO' (requisite decision model)

Modelo ajustado
Tão simples quanto possível: suficiente em forma e conteúdo para 'ajudar a resolver o problema'



Conferências de decisão

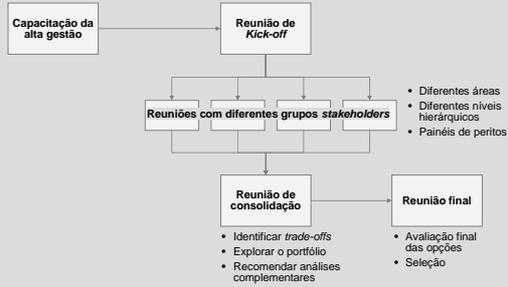


Uma conferência de decisão no BNDES



O processo de decisão pode envolver vários agentes de decisão, em vários níveis da organização (Phillips & Bana e Costa, 2005)

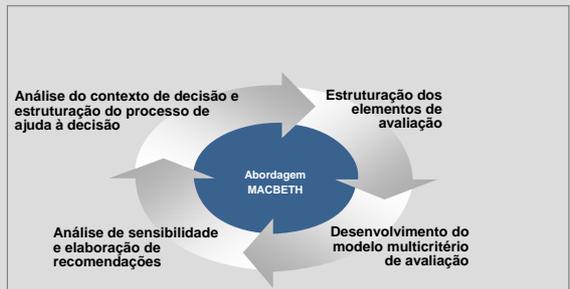
Desenho típico do processo



© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved

31

Fases do processo consultivo MACBETH de ajuda à tomada de decisão



© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved

32

Avaliação de desempenho de fornecedores na Gás de Portugal

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved

33

Objetivos do Sistema de Avaliação de Fornecedores (SAF)

- Permitir a avaliação dinâmica e constante do desempenho dos fornecedores;
- Disponibilizar informação a cada fornecedor sobre como a GDP aprecia o seu desempenho;
- Justificar as decisões de incluir, manter ou excluir fornecedores da bolsa de fornecedores pré-qualificados;
- Apoiar a decisão da alocação de encomenda aos fornecedores com base nos seus desempenhos passados.

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved

34

Etapa prévia – QUALIFICAÇÃO

Considerando a periculosidade do gás, é necessário uma qualificação prévia dos fornecedores para garantir que os rígidos requisitos de qualidade, tanto dos materiais quanto dos processos, sejam satisfeitos.

O processo de qualificação justifica a decisão de incluir, manter ou excluir os fornecedores da BOLSA DE FORNECEDORES (BF).

Essencialmente, três passos constituem o processo de qualificação:

1. Análise de condições de rejeição absoluta;
2. Avaliação do Sistema de Controle da Qualidade dos fornecedores, de acordo com um conjunto de requisitos específicos;
3. Se necessário, realização de uma auditoria aos processos do fornecedor, no sentido de esclarecer situações ambíguas.

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved

35

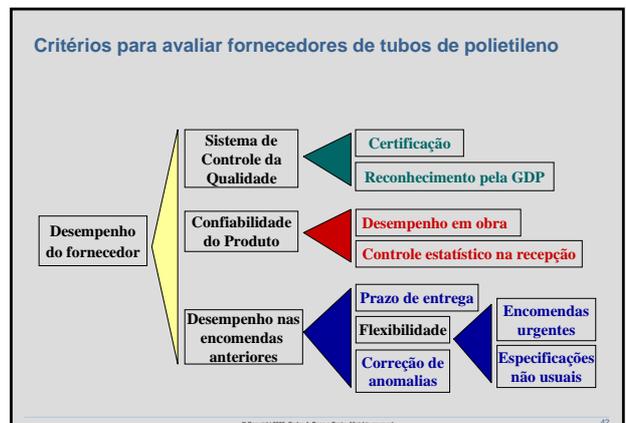
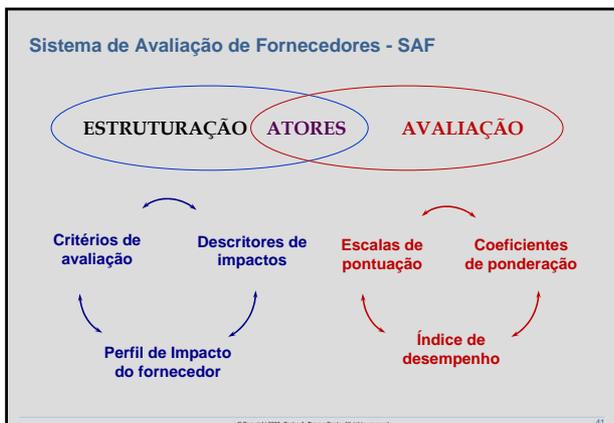
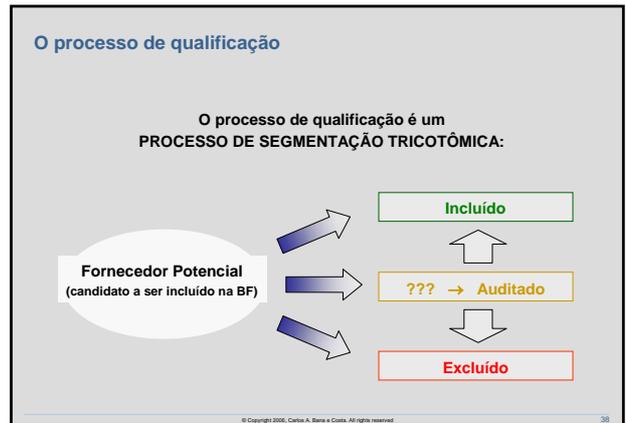
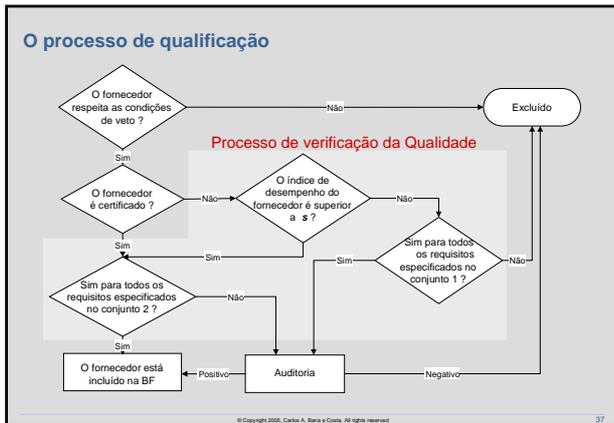
O processo de qualificação

No segundo passo, os fornecedores potenciais devem responder a um conjunto de questões específicas através das quais a GDP pretende:

- Identificar a empresa e os seus administradores;
- analisar a situação económica e financeira da empresa;
- obter informações sobre os recursos humanos da empresa;
- analisar a capacidade comercial da empresa;
- analisar o processo produtivo do potencial fornecedor;
- analisar o Sistema de Controle da Qualidade do potencial fornecedor.

© Copyright 2005, Carlos A. Bana e Costa. All rights reserved

36



Critérios para avaliar empreiteiros para a construção ou renovação de gasodutos



Como operacionalizar os critérios para a avaliação ?

Um *descriptor de níveis de impactos plausíveis* (quantitativo ou qualitativo) foi associado a cada critério para descrever de forma operacional qual o nível de desempenho que é alcançado pelos fornecedores.

Neste caso, foram associados descritores quantitativos a seis (dos oito) critérios de avaliação. Os dois outros critérios foram operacionalizados por descritores qualitativos.

Alguns descritores usados para avaliar fornecedores de tubos de polietileno

Descriptor qualitativos para CERTIFICAÇÃO

Três aspectos foram considerados neste Critério de Avaliação:

1. a instituição que certificou o fornecedor;
2. qual das certificações ISO 9000 foi obtida;
3. a extensão da certificação.

A ordenação das combinações possíveis dos estados para estes três aspectos elementares conduziu à construção do descriptor.

Alguns descritores usados para avaliar fornecedores de tubos de polietileno

Nível	Descrição
+++	O fornecedor possui seu processo produtivo certificado por uma instituição membro da EQNET, de acordo com a norma NP ISO 9001.
++	O fornecedor possui seu processo produtivo certificado por uma instituição membro da EQNET, de acordo com a norma NP ISO 9002.
+	O fornecedor possui seu processo produtivo certificado por uma instituição membro da EQNET, de acordo com a norma NP ISO 9003.
0	O fornecedor possui seu processo produtivo certificado por uma instituição não membro da EQNET, de acordo com a norma norms NP ISO 9001 9002 or 9003. ou O processo produtivo do fornecedor está em processo de certificação.
-	O fornecedor é certificado mas a certificação não inclui o processo produtivo.
--	O fornecedor é certificado mas a certificação está suspensa.
---	O fornecedor não está certificado.

Alguns descritores usados para avaliar fornecedores de tubos de polietileno

Descriptor quantitativo para DESEMPENHO EM OBRA

$$\text{Descriptor : } i_{OK} = 1 - \frac{m}{T}$$

Onde:

T – total, em metros, de tubos de polietileno adquiridos do fornecedor nos dois últimos anos
m – total, em metros, de tubos rejeitados durante a aplicação em obra, nos dois últimos anos

Assume-se que i_{OK} pode variar entre 0,80 e 1

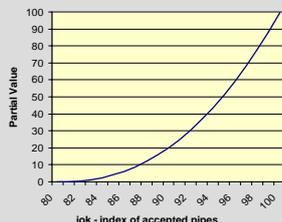
Construindo funções de valor com o MACBETH

Para medir os pontos fortes e fracos dos fornecedores, construi-se, para cada descriptor, uma escala de pontuação com base em julgamentos *MACBETH* feitos por técnicos organização e/ou especialistas externos.

Construindo funções de valor

Função de valor para DESEMPENHO DURANTE A OBRA

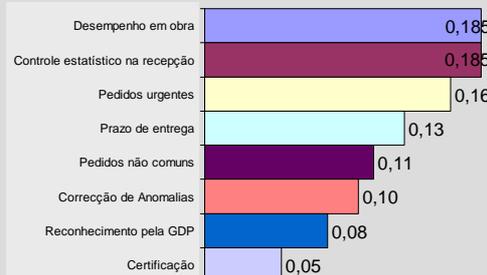
I_3	$V(I_3)$
80	0
81	0
82	0
83	1
84	2
85	4
86	6
87	9
88	12
89	16
90	20
91	25
92	30
93	37
94	44
95	51
96	59
97	68
98	78
99	88
100	100



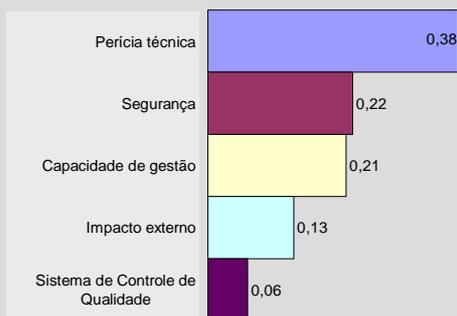
Para descritores contínuos, MACBETH pode ser utilizado para determinar a pontuação de alguns pontos intermediários. Posteriormente, a função de valor pode ser construída por interpolação.

$$V_3(I_3) = 0,095 \cdot (I_3 - 80)^{2,322}$$

Coeficientes de ponderação para os critérios de avaliação dos fornecedores de tubos de polietileno, resultantes de julgamentos MACBETH de ponderação, feitos pelos gestores da empresa



Coeficientes de ponderação dos critérios de avaliação de empreiteiros para a construção ou renovação de gasodutos



O Sistema de Informação para avaliação de fornecedores com base no modelo MACBETH

CONTRUÇÃO DE UM ÍNDICE MACBETH DE QUALIDADE TOTAL (IQT): O caso da Lisboagás

Carlos A. Bana e Costa

Fortaleza, Março de 2006

Um sistema de ajuda à definição do ÍNDICE DE QUALIDADE TOTAL

É uma ferramenta adequada à gestão estratégica

- Permite definir um padrão para a avaliação da qualidade em todas as áreas da empresa;
- A directoria podem monitorar o desempenho da empresa dinamicamente;
- É uma ferramenta útil para o benchmarking;
- Possibilita monitorar os níveis de desempenho em áreas onde os clientes são sensíveis;
- Fornece *outputs* que podem ser sistematicamente utilizados como base para a geração de estratégias para a melhoria da qualidade.

Enquadramento Metodológico

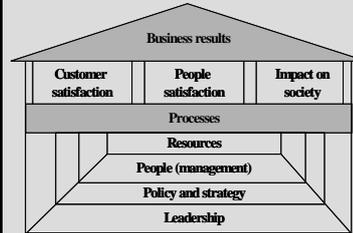
Modelo EFQM para os European Quality Awards

operacionalizado para o contexto específico da organização utilizando a:

Metodologia MACBETH:

- Permite considerar adequadamente tanto os aspectos quantitativos quanto os qualitativos;
- Permite evitar as armadilhas mais frequentes nos modelos de avaliação.

O Modelo EFQM para avaliação da qualidade



- O instrumento de medida deve ser "único e individual";
- IQT foi concebido para auxiliar os administradores a níveis estratégicos;
- IQT mede o alcance de objectivos, não as causas de bom (ou mau) desempenho.

Avaliação Integrada da Qualidade

- Em termos operacionais, uma má performance em qualquer objetivo deve ser seguida de ações corretivas no(s) processo(s) associado(s) ao objetivo...
- ... permitindo o desenvolvimento de índices de qualidade para os processos da organização....
- ... que podem auxiliar os gestores aos níveis tático e operacional.

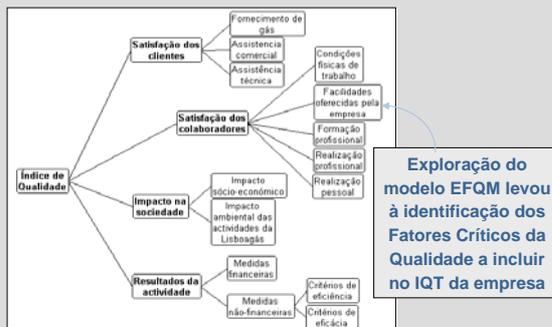


Modelo Multicritério para Calcular o IQT

- Fatores Críticos da Qualidade
- Indicadores Críticos da Qualidade
- O Modelo de Avaliação
 - Escalas de Pontuação
 - Pesos para os FCQs

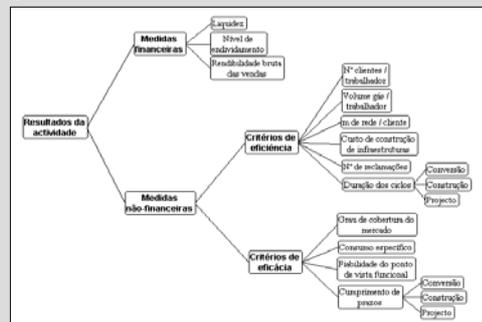


Fatores Críticos da Qualidade



Exploração do modelo EFQM levou à identificação dos Fatores Críticos da Qualidade a incluir no IQT da empresa

Especificação dos Fatores Críticos da Qualidade por componente



Indicadores Críticos da Qualidade

- São indicadores usados principalmente para monitorar o progresso, à medida que a organização está movendo-se em direção aos seus objetivos estratégicos;
- Ajudam a tornar operacionais os FCQs, já que estes são geralmente de natureza estratégica e dificilmente podem ser objetivados como critérios de avaliação;
- Podem ser de natureza objetiva (volume de vendas, retorno sobre o investimento, quota de mercado, etc.) quanto subjetiva (níveis de satisfação dos clientes, de envolvimento dos colaboradores, etc.)
- Devem ser identificados e estruturados em conferências de decisão, tendo como base:
 - O modelo EFQM;
 - O plano estratégico da empresa.

© Copyright 2005, Carlos A. Berra e Costa. All rights reserved.

61

Exemplos de Indicadores Críticos da Qualidade

Fator Crítico da Qualidade	Objetivo	Indicador Crítico da Qualidade
Rendibilidade bruta das vendas	Maximizar a rendibilidade da empresa	Resultado econômico bruto / (vendas + prest. serviços)
Custo de construção de infraestruturas	Minimizar o custo de construção de infraestruturas	Valor médio ponderado pelo nº de km construídos, do custo de construção de rede primária e rede de distribuição
Grau de cobertura do mercado	Maximizar a quota de mercado no mercado de gás	Nº de clientes / nº de fogos na área de concessão
Consumo específico	Maximizar o consumo de gás pelos clientes	Volume de gás vendido (m ³) / nº de clientes

© Copyright 2005, Carlos A. Berra e Costa. All rights reserved.

62

O Modelo de Avaliação

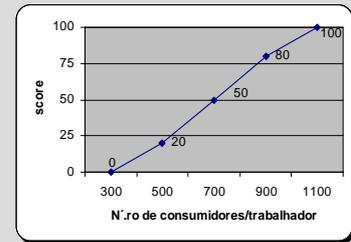
- O modelo agrega aditivamente os indicadores por componente;
- Duas questões fundamentais:
 - “O quanto” negativo/positivo é o desempenho da empresa em cada Fator Crítico da Qualidade;
 - A relevância dos pontos fortes e fracos da organização depende da importância relativa a atribuir a cada FCQs;
- Para responder apropriadamente a estas duas questões é utilizado o sistema de ajuda à decisão M-MACBETH, para construir funções de valor e determinar os pesos.

© Copyright 2005, Carlos A. Berra e Costa. All rights reserved.

63

Funções de Valor

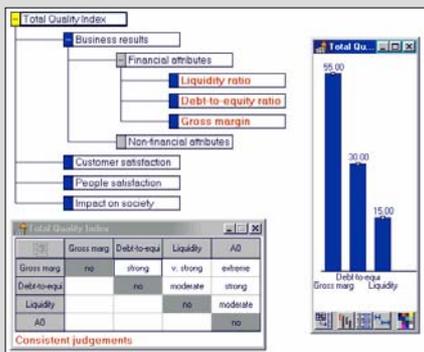
- As funções de valor são usadas para traduzir o nível de desempenho da empresa no indicador num valor numérico ('score') que mede a atratividade;
- Isto permite estabelecer a intensidade dos pontos fortes e fracos da empresa.



© Copyright 2005, Carlos A. Berra e Costa. All rights reserved.

64

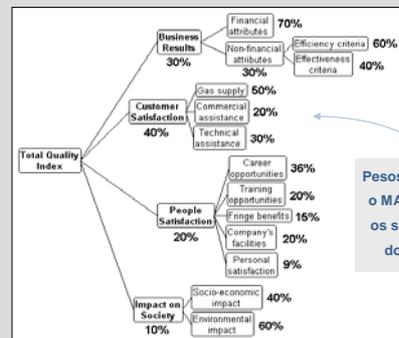
Determinando os Pesos com MACBETH



© Copyright 2005, Carlos A. Berra e Costa. All rights reserved.

65

Pesos para os Factores Críticos da Qualidade

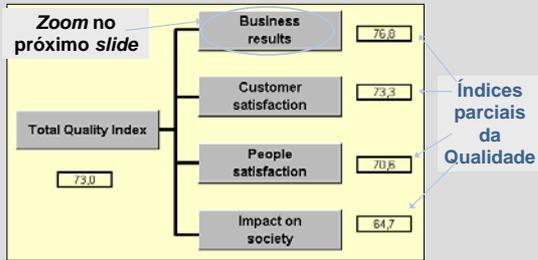


Pesos determinados com o MACBETH para todos os subgrupos de FCQs do IQT da empresa

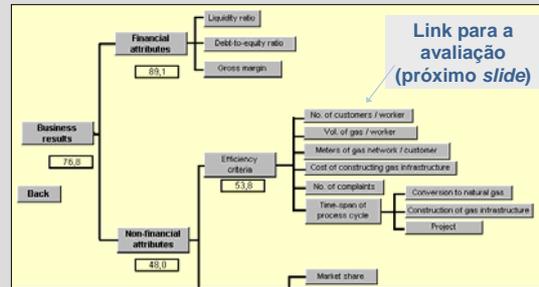
© Copyright 2005, Carlos A. Berra e Costa. All rights reserved.

66

O Sistema para a Avaliação da Qualidade



O DSS para a Avaliação da Qualidade



O DSS para a Avaliação da Qualidade

		Partial value
Financial attributes		
Liquidity ratio	40	52,5
Debt-to-equity ratio	45	87,5
Gross margin	80	100
Non-financial attributes --> Efficiency criteria		
No. of customers / worker	588	33,2
Vol. of gas / worker	480	10
Meters of gas network / customer	0	50
Cost of constructing gas infrastructure	18	80
No. of complaints	80	30
Time-span of the conversion cycle	250	50
Time-span of the construction cycle	1.000	50
Time-span of the project cycle	0	100

Conclusões

- Três etapas fundamentais para assegurar o sucesso do projeto:
 - Um estudo aprofundado da organização visando a identificação dos fatores críticos da qualidade (FCQs);
 - A determinação dos pesos para os FCQs, evitando os erros dos procedimentos tradicionais de ponderação;
 - A conversão do modelo multicritério MACBETH em um Sistema de utilização amigável;
- O sistema provou ser uma ferramenta de gestão estratégica útil e efetiva;
- Os *outputs* do sistema podem ser usados como base para a geração de estratégias para a melhoria da qualidade.