




**Tendências em Construção de Modelos e Métodos de Apoio a Decisão**

Adiel Teixeira de Almeida  
Universidade Federal de Pernambuco  
Palestra  
“Tendências em PO” no 51º SBPO  
FCA/UNICAMP - 02 a 06 de Setembro de 2019

1



## Métodos de Apoio a Decisão

O Tópico inclui:

- Decisão Multicritério (MCDM/A) e
- Decisão em Grupo e Negociação (GDN),
- Integrando os dois: MCGDM/A

Adiel T de Almeida; “Tendências em PO” no 51º SBPO, 02/09 2019

2

## Tópicos

Dois tópicos na área de Métodos de Apoio a Decisão,

- **Processo de construção de modelos de decisão**
  - Escolha do método de decisão multicritério
- **Desenvolvimento de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério e Decisão em Grupo**
  - Métodos que usam **informação parcial ou incompleta**.
- Processo de modelagem de preferências
  - Envolve esses dois tópicos
- Estudos comportamentais em decisão,
  - incluindo neurociências em decisão.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

3

Para se falar em tendências deve-se refletir sobre a questão:

O que fará o profissional de Gestão (EP, PO) em 2030?

4

## No horizonte

### Estudos McKinsey - Over the Horizons

- Quando completou 50 anos,
  - Como serão os próximos anos?
- O Que deveria preocupar os gestores,
  - Nos próximos 50 anos?

### Várias questões que surgem no horizonte

- Uma delas é o **impacto das smart machines** no **papel dos gerentes e executivos**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

5

## No horizonte

### Andrew McAfee do MIT aponta que

- **Primeira idade das máquinas**
  - Deu lugar às modernas disciplinas em gestão
  - As empresas empregam vários gerentes para coordenar trabalhadores, que operam máquinas, e para organizar cadeias de suprimento e sistemas de distribuição
- **Segunda idade das máquinas**
  - Vai re-configurar a disciplina
  - Muito do **trabalho dos gerentes será automatizado**
  - Desde análise de dados complexos até recrutamento de staff

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

6

## No horizonte

- Gerentes seniores deverão **repensar seus papéis** dramaticamente.
  - Algumas de suas **funções** passarão para **máquinas inteligentes**
  - Que sempre serão melhor para análise de grandes massas de dados do que humanos
- **Gerentes focarão** cada vez mais em duas coisas em que **humanos são melhores** do que **máquinas**:
  - Motivação da tropa
  - Produção de pensamentos e **insights para decisões** e **estratégias**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

7

McAfee acrescenta que **nenhuma máquina pode efetivamente negociar**

Tendências em Gestão levam a  
 Tendências em  
 Métodos de Apoio a Decisão

8




## Métodos Clássicos de Pesquisa Operacional e Métodos Multicritério

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Métodos Clássicos de PO</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Resultado mais universal           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é específico à estrutura de preferências de um único decisor</li> </ul> </li> <li>– Mais objetividade;           <ul style="list-style-type: none"> <li>• exceto nas interpretações para definir o modelo</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Programação Matemática (programação Linear, etc)       <ul style="list-style-type: none"> <li>– Uma função objetivo</li> <li>– Pode tratar algum outro objetivo como restrição.</li> </ul> </li> </ul>	<p><u>Métodos Multicritério:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considera a estrutura de preferências do decisor</li> <li>• Usa um modelo de agregação para proporcionar <b>racionalidade</b></li> <li>• <b>Julgamento de valor</b> de um decisor</li> <li>• <b>Subjetividade</b> a ser incluída no modelo</li> <li>• <b>Presença de um decisor</b></li> <li>• Várias Escolas; vários métodos; diferentes visões       <ul style="list-style-type: none"> <li>– MCDM (Multicriteria Decision Making)</li> <li>– MCDA (Multicriteria Decision Aid)</li> </ul> </li> </ul>
--	--

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

9




## Alguns Problemas de Decisão Multicritério

- Compra de um carro
- **Avaliação Acadêmica**
  - Avaliação da Pós-Graduação – CAPES
  - Sistemas de Avaliação THE, QS, webometrics
- Modelo para **Edital de contratação de professores**
- Modelo de **avaliação para progressão na carreira**
- Construção de **indicadores gerenciais**
- Seleção de **portfólio de projetos**
  - alinhamento estratégico
- Planejamento e **alocação de recursos** integrando MCDM e BPM
- Decisões em design de produtos
  - Inovação na FCA
- Gestão da qualidade
  - Alinhamento estratégico na implantação de planos e sistemas de qualidade
  - Decisões que envolvem margens de segurança e custos
- Gestão de **riscos multidimensionais**
- Planejamento em confiabilidade e manutenção

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

10



## Modelo Aditivo para agregação de critérios

- O **procedimento** de agregação **mais utilizado** é o modelo aditivo
- Função valor  $v_j(a)$  para cada critério  $j$ , para a obtenção da função
  - valor global da alternativa  $a$ : 
$$v(a) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(a)$$
  - Vetor consequência de  $a$ ,  $x$ :  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$
$$v(x) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(x_j)$$
- A consequência pode ser considerada
  - Determinística: **MAVT**
  - Probabilística: **MAUT**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

11




## Métodos de Apoio a Decisão MCDM/A – GDN - MCGDM/A

Sociedades Científicas e  
Eventos na área


12


## Algumas Sociedades científicas


### Eventos Associados




International Society on  
Multiple Criteria  
Decision Making







DECISION  
ANALYSIS  
SOCIETY



GDN

#### Várias formas de classificação

**Approaches**

- Descriptive
- Normative
- Prescriptive
- Construtivism

**Problematics**

- Choice
- Sorting
- Ranking
- Description
- portfolio

**Objectives**

- Objective functions
- Performance matrix

**Alternatives and Consequences**

- Discrete
- Continuous

**Risk tolerance**

- Risk prone
- Neutral
- Risk aversion

**Uncertainty**

- Probabilistic
- Deterministic

**Other issues**

- Ordinal aggregation
- Partial information
- Fuzzy logic

**Pareto-front methods**

Multi-objective Evolutionary Algorithms  
NSGA-II, SPEA2 and others

**Agregation Methods**

Single-criterion synthesis  
-MAUT, AHP, MACBETH, SMARTS, and TOPSIS

Outranking methods  
-ELECTRE and PROMETHEE

Interactive methods  
-MOLP and Goal Programming

**Rationality**


compensatory or non-compensatory

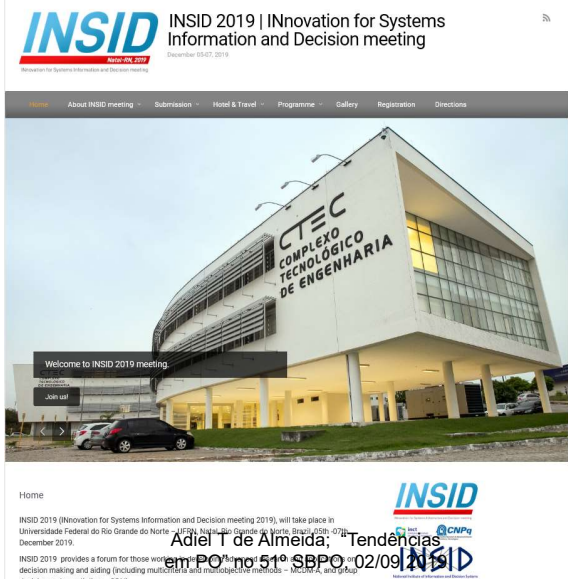
Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

13

## INSID 2019 - Natal RN – 5-7 Dez

<http://www.insid.events/>





Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

14



## INCT-INSID

Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão  
Foco em Apoio a Decisão

- [www.insid.org.br](http://www.insid.org.br)

INCT-INSID - Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão | National Institute of Information and Decision Systems



**inct**  
institutos nacionais  
de ciência e tecnologia



 Português


[INCT-INSID](#) ▾ [Associates](#) ▾ [Sponsors and Partners](#) [Production and Members](#) [Projects](#) [Events](#) [Links](#)

**INCT-INSID**

INCT-INSID is a cooperative inter-institutional scientific network with national and international extensions for developing advanced research and applications on decision making and aiding (including multicriteria and multiobjective methods – MCDM-A, and group decision and negotiation – GDN). The Institute gathers associate labs of several Brazilian universities and a selective group of international partners.

© 2014 INCT-INSID. Todos os direitos reservados.  
 Adiel T. de Almeida, Tendências  
 em PO<sup>o</sup> no 51<sup>o</sup> SBPO, 02/09 2019

15



## Processo de construção de modelos de decisão

Framework

Escolha de métodos

16



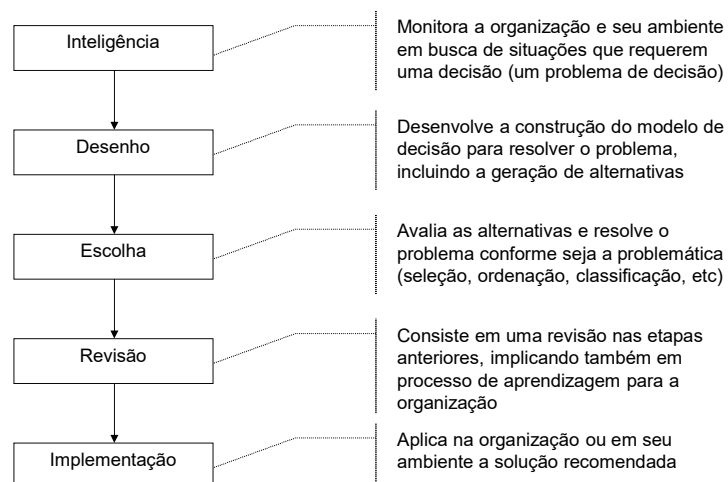
## Construção Modelos de Decisão

- Simon (1950)
- Procedimento para Construção de um Modelo de Decisão Multicritério
- Há vários Frameworks
  - Roy, (1996);
  - Polmerol e Barba-Romero, 2000;
  - Belton e Stewart, 2002)
- Pouca discussão sobre
  - escolha do método

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

17

## Processo decisório - Simon



Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

18

## Framework para Construção de um Modelo de Decisão Multicritério

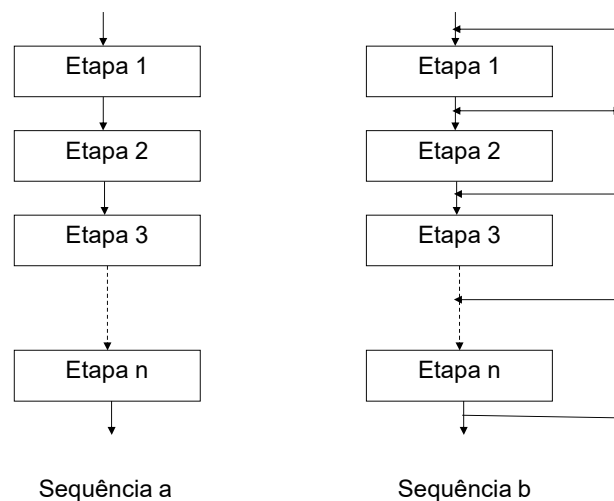


- Três fases principais
  - cada uma com várias etapas,
- Abordagem de refinamentos sucessivos,
- Recursividade
- “Essencialmente, todos os modelos estão errados, mas alguns são úteis”
  - (Box e Draper, 1987)
- O desafio
  - construir modelos que sejam úteis ao decisor
  - solução apropriada ao seu problema.

Adiel T de Almeida; “Tendências em PO” no 51º SBPO, 02/09 2019

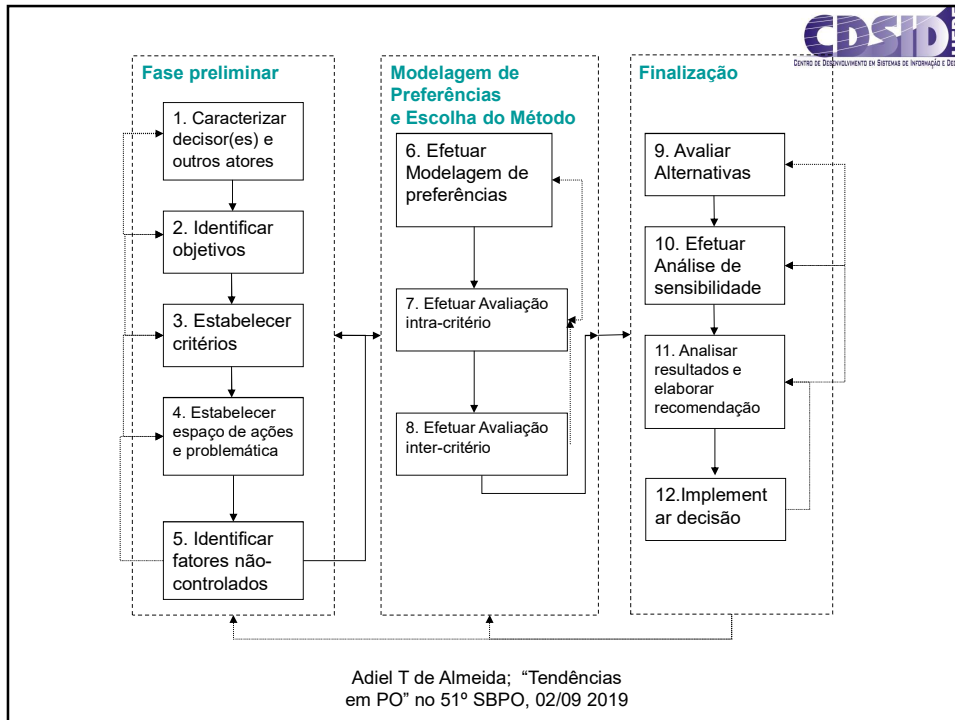
19

## Refinamentos sucessivos

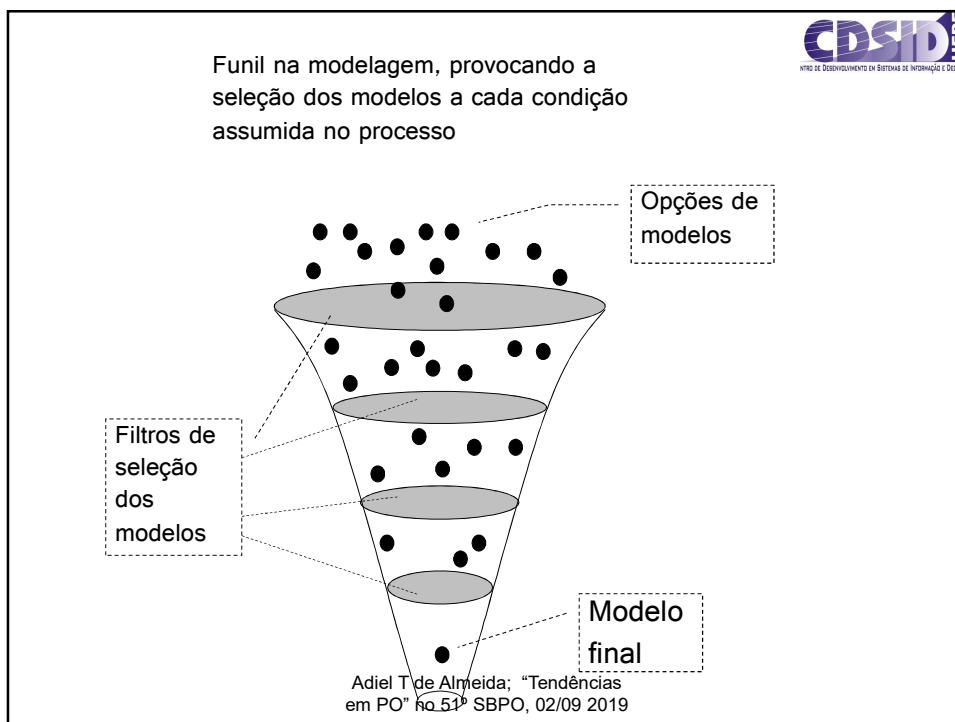


Adiel T de Almeida; “Tendências em PO” no 51º SBPO, 02/09 2019

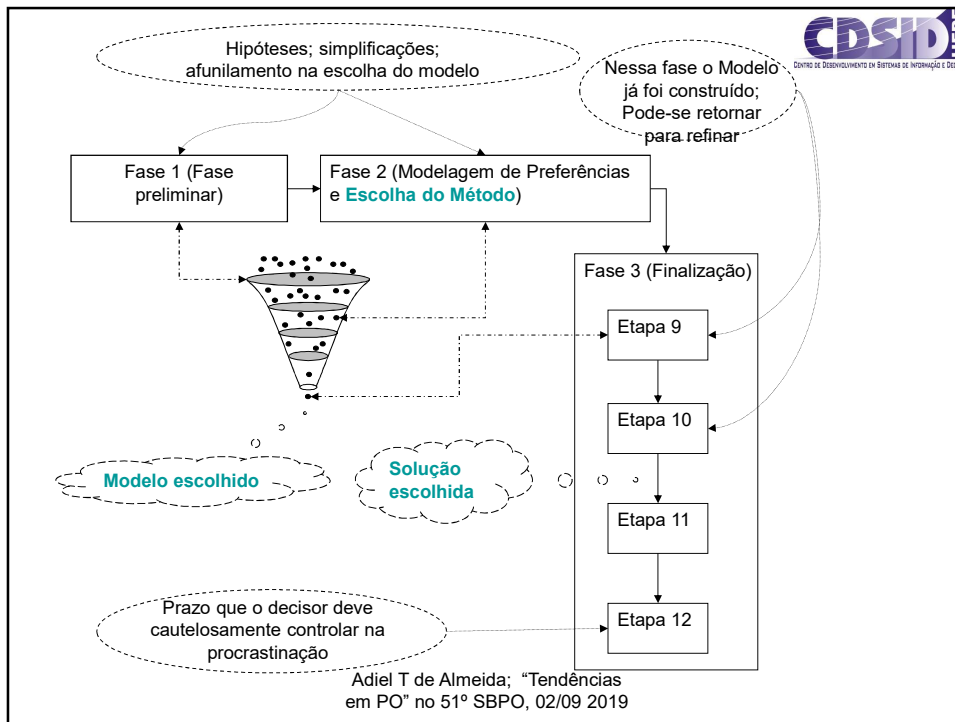
20



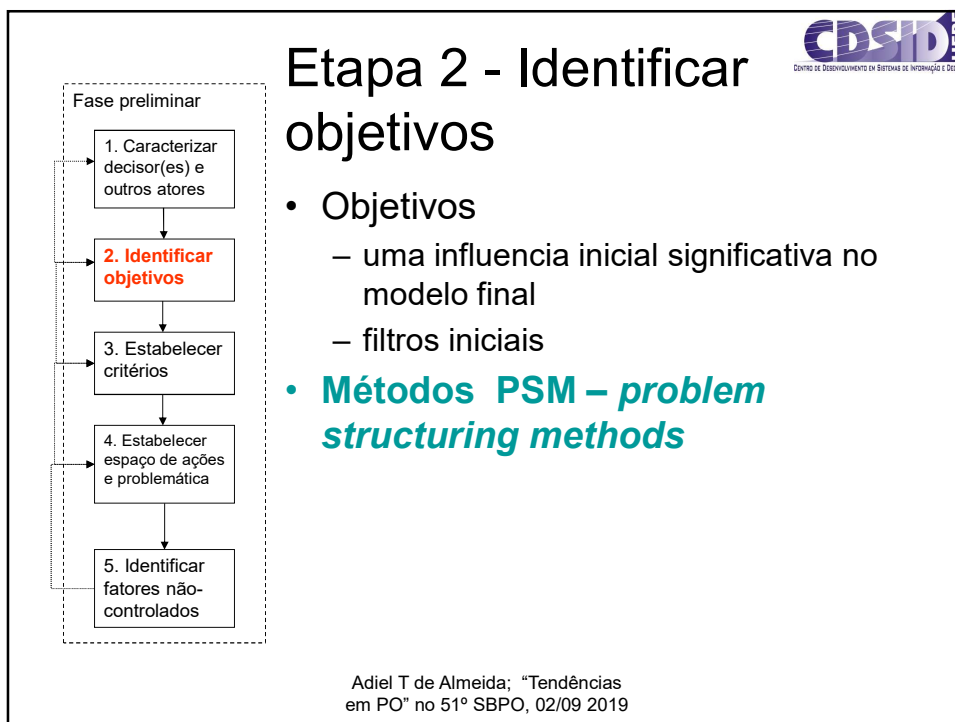
21



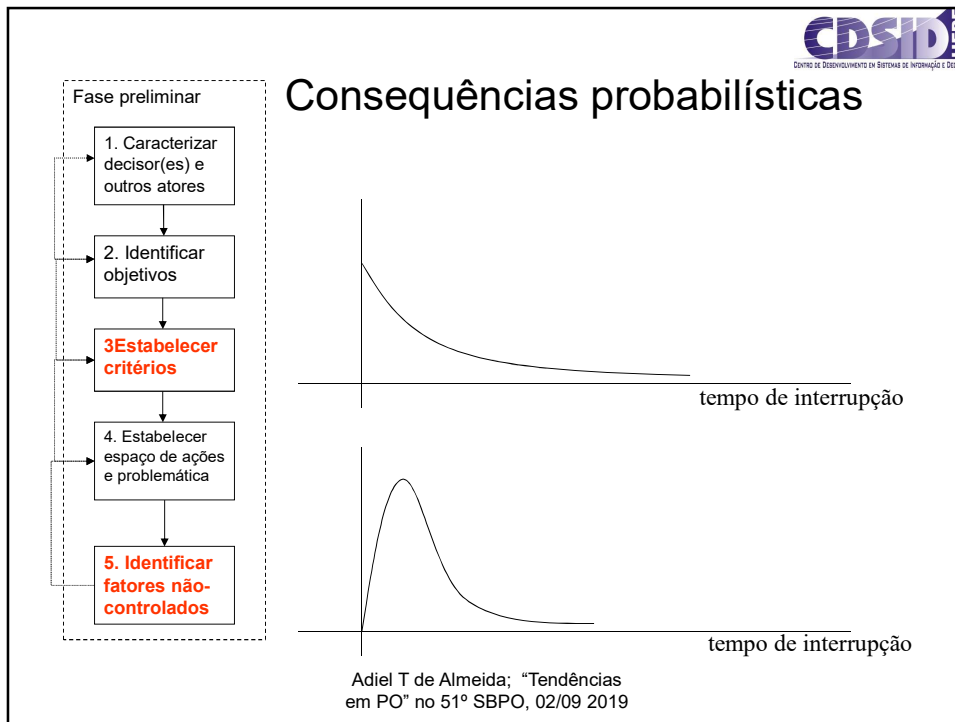
22



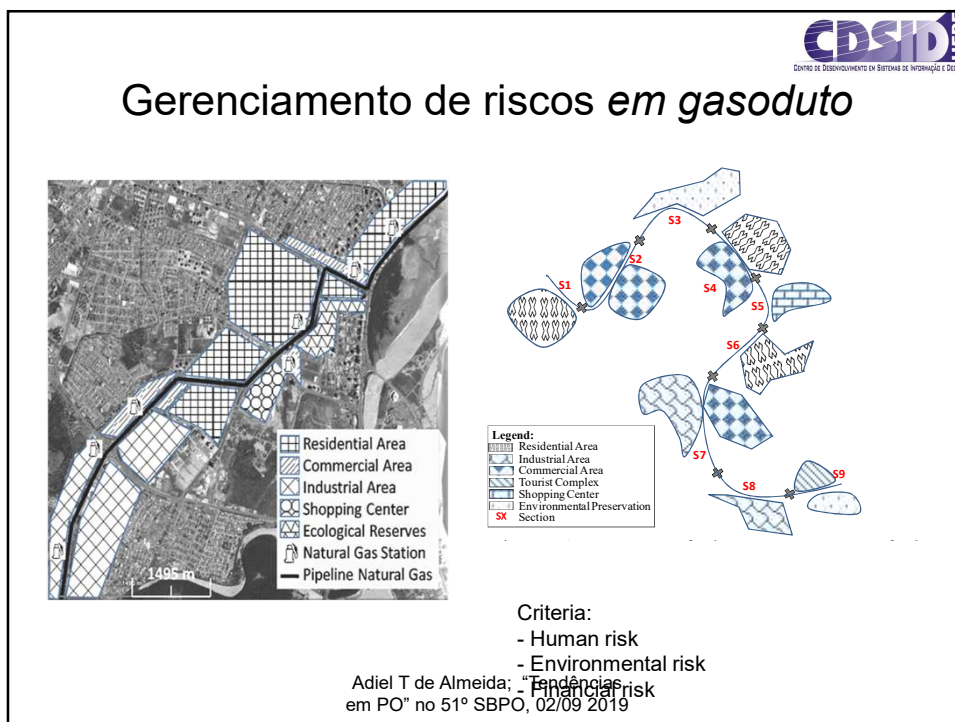
23




24



25



26



## Modelo de Decisão em Risco


Fig. 1. Event tree for accidental release of natural gas from pipelines.

Expected value of all losses (L) associated with each pair of section (j) and **Scenario** (k) provides a risk measure

$$r(a_i) = E_{\theta}[L(\theta_{jk}, a_i)] = \sum_j \sum_k [L(\theta_{jk}, a_i) \pi_i(\theta_{jk})] + (-1) \cdot \pi_i(\theta_N)$$

Adiel T de Almeida, "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

27



## Um modelo MCDM para manutenção preventiva


- Implicações gerenciais relativa a Decisão em Manutenção Preventiva.

Otimização:  
Custo mínimo, intervalo de manutenção preventiva: **780 dias**  
**modelos de otimização tradicional**  
Apenas uma função objetivo

MCDM/A (MAUT):  
Combinando dois objetivos, confiabilidade e custo, o intervalo de manutenção preventiva é reduzido para **680 dias**  
A melhor ação apresenta **custo maior, compensado por uma maior confiabilidade**, em conformidade com a **função utilidade do decisante**

Adiel T de Almeida, "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

28



## Etapa 4


Fase preliminar

1. Caracterizar decisor(es) e outros atores
2. Identificar objetivos
3. Estabelecer critérios
4. Estabelecer espaço de ações e problemática
5. Identificar fatores não-controlados

- Estrutura do espaço de ações
- Processo de Geração de alternativas.
  - Métodos de Estruturação de Problemas – PSM
  - Dentre os quais: VFT
- Problemática
  - Escolha
  - Ordenação
  - Classificação
  - **Portfólio**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

29



## Fase 2: Modelagem de preferências

Modelagem de Preferências e Escolha do Método

6. Efetuar Modelagem de preferências
7. Efetuar Avaliação intra-critério
8. Efetuar Avaliação inter-critério

- Estas etapas são a base para a escolha do método multicritério
- O método escolhido,
  - Está adequado ao problema?
- Tem alguma relação com o problema?

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

30

## Escolha do Método

A escolha do método multicritério depende de vários fatores, destacando alguns:

- o problema analisado,
- o contexto considerado,
- as informações disponíveis e seu grau de precisão,
- a racionalidade requerida (compensatória ou não compensatória),
- a estrutura de preferências do decisor,
- a problemática.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

31

## Escolha do Método

- A estrutura de preferências do decisor é particularmente importante
  - pode ser o fator preponderante
- Aspectos de simplicidade e facilidade de aplicação podem ser requeridos
  - dependendo do contexto considerado para solucionar um determinado problema.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

32



## Escolha de Métodos

Dois fatores fundamentais.

- Prazo disponível associado ao esforço necessário para uso do método, em cada decisão em particular.
- Conseqüências (riscos) que sobrevirão sobre este decisor, em relação àquela decisão.
- Conseqüências incluindo:
  - a organização
  - outros atores afetados pela decisão
  - o próprio decisor; de forma pessoal.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019


33

## A escolha do Método

- A questão de escolha de métodos é um tema que ainda requer aprofundamento.
- Ainda é necessária a evolução de diversos aspectos neste tema,
- Exemplo:
  - Para um dado contexto, como avaliar a **racionalidade** mais apropriada?
  - **compensatória** ou **não compensatória**,

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

34




## Modelagem de Preferências


### compensatório x não-compensatório

- Preferência não-compensatória  
 $P(x,y)=P(z,w) \Rightarrow \{xPy \Leftrightarrow zPw\}$  (Fishburn, 1976)
- **Como avaliar isso?**
- Aplicado em várias situações
- Esportes - Voleibol →
- Eleição presidencial EUA

Team:	A	B	SET winner
SET 1	25	23	A
SET 2	25	20	A
SET 3	11	25	B
SET 4	17	25	B
SET 5	15	11	A
Total points (additive model)	<b>A=93</b>	<b>B=104</b>	


### 2016 Presidential Election Results





**48,5%**  
Voters


270 OF 538 ELECTORAL VOTES NEEDED TO WIN



**46,4%**  
Voters

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

35



## Etapa 8 - Efetuar Avaliação inter-critério

Modelagem de Preferências e Escolha do Método


```

        graph TD
            A[6. Efetuar Modelagem de preferências] --> B[7. Efetuar Avaliação intra-critério]
            B --> C[8. Efetuar Avaliação inter-critério]
            C --> B
            C --> A
            
```

- Estabelece a forma de agregação dos critérios
- Importante na escolha final do método.
- Conclui-se a modelagem de preferências com **forte envolvimento do decisor**
- A abordagem muda bastante, conforme seja o tipo de método:
  - Critério único de síntese
  - Sobreclassificação
  - Programação Matemática (PLMO, etc)
- **Forte tendência:**
  - **Informação parcial (incompleta)**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

36



## Etapa 10 Análise de sensibilidade

Finalização


```

graph TD
    A[9. Avaliar Alternativas] --> B[10. Efetuar Análise de sensibilidade]
    B --> C[11. Analisar resultados e elaborar recomendação]
    C --> D[12. Implementar decisão]
          
```

- **Tendência**
- A simples possibilidade de uso da análise de sensibilidade
  - já pode indicar uma decisão de simplificação, a priori, no processo de decisão em várias etapas anteriores.
- Esta possibilidade incentiva
  - o processo de refinamento sucessivo.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

37



## Tendências no Desenvolvimento de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério e Decisão em Grupo

Métodos que usam  
informação parcial ou incompleta

38

## Elicitação de preferências no contexto de MAVT



- Modelo aditivo para agregação de critérios:

$$v(x) = \sum_{i=1}^n k_i v_i(x_i)$$

- Elicitação dos valores de  $k_i$ .
  - $k_i$ : Pesos ou constantes de escala
  - Compensação entre critérios

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

39

## Elicitação de pesos dos critérios



### informação completa

- Procedimentos básicos para elicitação de pesos no modelo aditivo:
  - Tradeoff
  - Swing
  - Ratio
- Inconsistências reportadas em estudos comportamentais (*Borcherding et al, 1991*):
  - **30%** das vezes, usando **ratio**
  - **50%** das vezes, usando **swing**
  - **67%** das vezes, usando **tradeoff**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

40

## Tendências em Decisão Multicritério

Muitas dificuldades práticas no processo de modelagem de preferências

- Dentre essas dificuldades:
  - Dificuldades do decisor para ‘decidir’
    - Fazer tradeoffs, por exemplo
    - Nível intelectual e cultural do decisor (Bouyssou et al, 2006)
  - Disponibilidade do decisor

Tendência em novos métodos:

- Métodos que usam **informação parcial ou incompleta**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

41

## Modelagem de Preferências e informação parcial

- Informação **Parcial**
  - Informação **Incompleta**
  - Informação **Imprecisa**
- Algumas justificativas
  - Elicitação de pesos pode ser um **desperdício de tempo** e envolve alguma **controvérsia** (Kirkwood and Sarin, 1985; Kirkwood and Corner, 1993)
  - O Decisor pode **não estar apto a responder** questões específicas de tradeoff (Kirkwood and Sarin, 1985)
  - Decisores ficam frequentemente mais confortáveis com **declarações em linguagem natural** durante o processo de elicitación que pode ser **interpretado** como **inequações lineares** (White III & Holloway, 2008)
  - Análise por simulação – pode identificar situações em que elicitación detalhada **não é necessária** (Kirkwood and Corner, 1993)

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

42

## Redução de **Espaço de Pesos**

Exploração de espaço de pesos  
 Processo iterativo

43

## Regiões admissíveis

- Os pesos dos atributos são não-negativos e somam 1, por isso pertencem ao conjunto:

$$S_w = \left\{ w = (w_1, \dots, w_n) \mid \sum_{i=1}^n w_i = 1, \right.$$

- A região admissível associada a  $r \in R$  pode ser definida como:

$$S(r) = \{ w \in S_w \mid w_i \geq w_j \text{ for any } i, j \text{ such that } r(a_i) < r(a_j) \}.$$

- Por exemplo, a região definida por

$$- r = (1, 3, 2) \text{ é } S(r) = \{ w \in S_w \mid w_1 \geq w_3 \geq w_2 \}$$

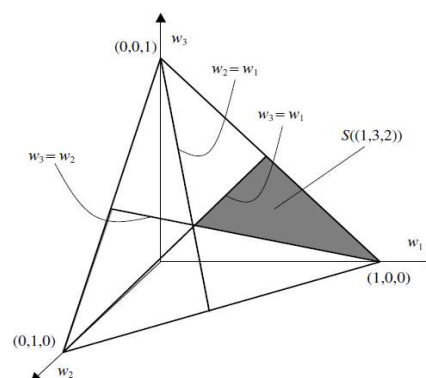


Fig. 2. The feasible region for  $r = (1, 3, 2)$ .

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

44

## Métodos de Informação Parcial

- Modelos aditivos no contexto de **MAVT** que utilizam informação parcial:
  - *Salo and Hämäläinen (1992)*: **PAIRS**
  - *Edwards and Barron (1994)*: **SMARTER**
  - *Dias and Climaco (2000)*: **VIP ANALYSIS**
  - *Salo and Hämäläinen (2001)*: **PRIME**
  - *Mármol et al (2002)*
  - *Salo and Punkka (2005)*: **RICH**
  - *Mustajoki, Hamalainen and Salo (2005)*: **INTERVAL SMART/SWING**
  - *White III & Holloway (2008)*

• A maioria destes métodos não tem uma elicitação estruturada ou então são baseados no procedimento de *swing*, que é um **método simplificado**, aplicável apenas a **função valor linear**.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

45

## Métodos de Informação Parcial

Alguns trabalhos com **MAUT**,

- Com **probabilidades** e uso de **loterias**
- Para declaração de preferência
  - Fishburn (1965),
  - Hazen (1986),
  - Jiménez et al (2003),
  - Danielson et al (2007).

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

46




## Métodos de Informação Parcial

Uso de **pesos substitutos (surrogate)**, com espaço de pesos ordenados

- ROC
  - Método SMARTER usa ROC
    - Edwards and Barron, 1994;
    - Barron and Barrett, 1996b)
- CROC (Cardinal Rank Ordering Step)
  - Danielson et al, 2014

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

47



## Métodos de Informação Parcial

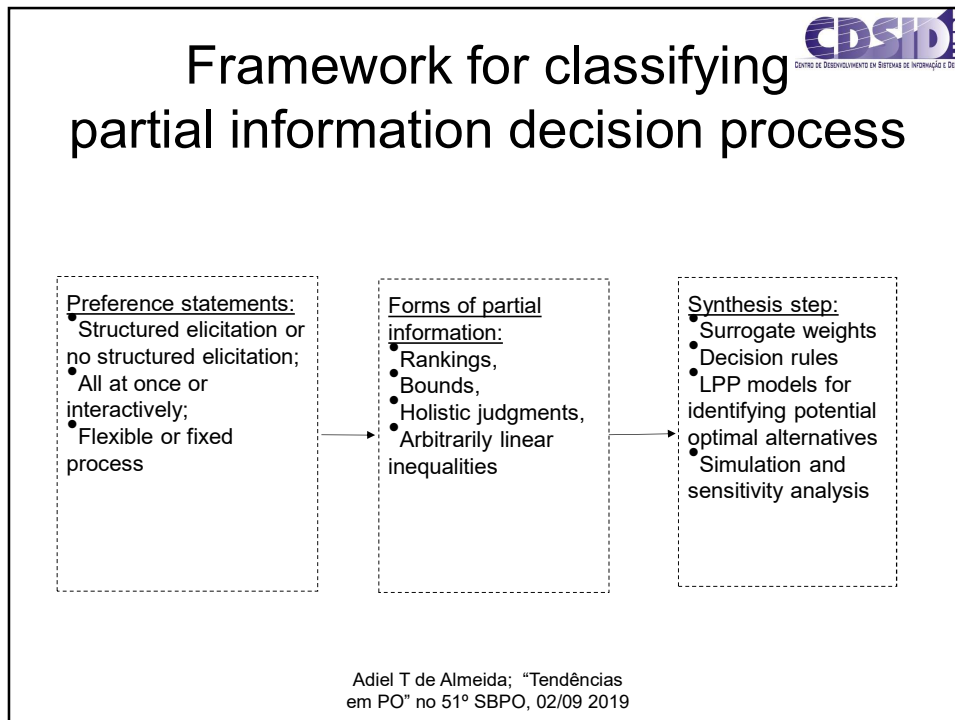
### MAVT context

- PAIRS (Salo and Hämäläinen, 1992)
- VIP Analysis (Dias and Climaco, 2000)
- Mármol et al (2002) consider the interactive process
  - the DM **offers the information** in a **sequential way**
- PRIME (Salo; Hämäläinen, 2001) - swing method.
- RICH (Salo and Punkka, 2005).
  - **After examining results**, the DM may either
    - **choose** to accept **one of the alternatives** in the kernel, or
    - **continue** with the specification of **further preference information**.
- Mustajoki & Hamalainen (2005) integrate preference elicitation in the partial information framework, for the SMART/SWING method.
- White III & Holloway (2008) also consider an interactive process to collect information
  - they use Markov process and dynamic programming analysis in order to **reduce the number of questions**.

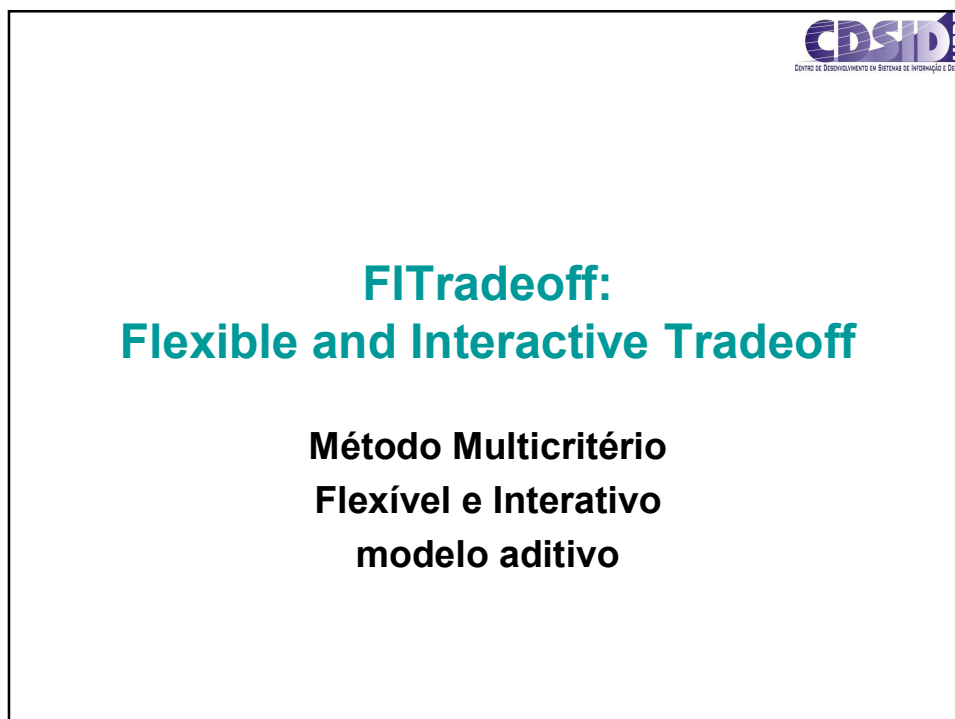
Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

48





49



50

## Informação Completa **Relembrando**

Procedimento de Elicitação por  
**Tradeoff**


51

## Procedimento de Elicitação por **Tradeoff**

- Primeiro passo: avaliação intracritério
- Segundo passo: **ordenação dos pesos**
- Terceiro passo: determinação de  $k_j$ :
  - Obtendo informação de indiferença entre consequências
  - E equações equivalentes

Adiel T de Almeida; "Tendências  
em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

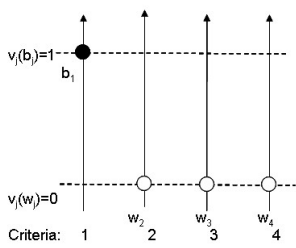
52



## Procedimento de Elicitação por Tradeoff

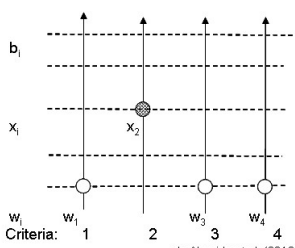
- Comparando duas consequências do tipo A e C, o procedimento procura o valor do segundo critério tal que haja **indiferença** entre as duas consequências. (Keeney and Raiffa, 1976)

Consequence A



Criteria: 1 2 3 4

Consequence C



Criteria: 1 2 3 4

de Almeida et al. (2016)

- Se há indiferença:
  - $v(A) = v(C)$
  - $v(A) = k_1 v_1(b_1) = k_2 v_2(x_2)$  Tendências
  - $k_1 = k_2 v_2(x_2)$  em PO° no 51° SBPO, 02/09 2019

53



## FITradeoff

- Dois principais benefícios:
  - **Reduz a informação** requerida por parte do decisor
  - Informação requerida é **cognitivamente mais fácil** de ser fornecida
    - Processo de decisão é baseado em declarações de **preferência estrita** ao invés de **indiferença**.
- Utiliza **informação parcial** no procedimento de tradeoff

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO° no 51° SBPO, 02/09 2019"

54

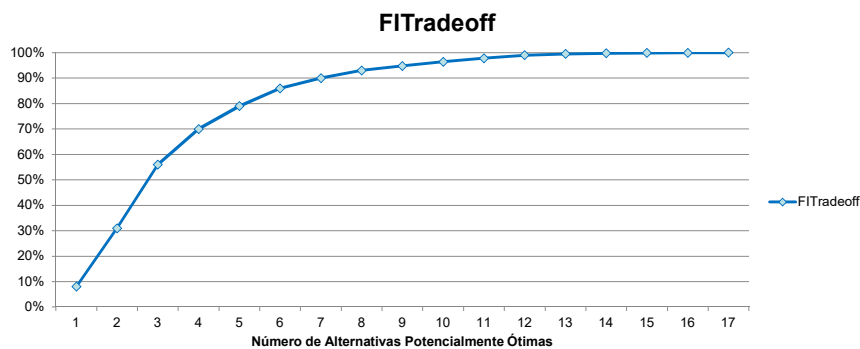
## Procedimento FITradeoff

- Primeiros dois passos (similar ao procedimento de tradeoff tradicional):
  - Passo 1: avaliação intracritério
  - Passo 2: ordenação das constantes de escala  $k_i$ :
- Espaço de pesos:
 
$$\varphi_n = \left\{ (k_1, k_2, k_3, \dots, k_n) \mid k_1 > k_2 > k_3 > \dots > k_n; \sum_{i=1}^n k_i = 1 \right\}$$
  - Em algumas **situações** o problema podem ser **resolvido neste passo**, com **informação** apenas da **ordem dos pesos**.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

55

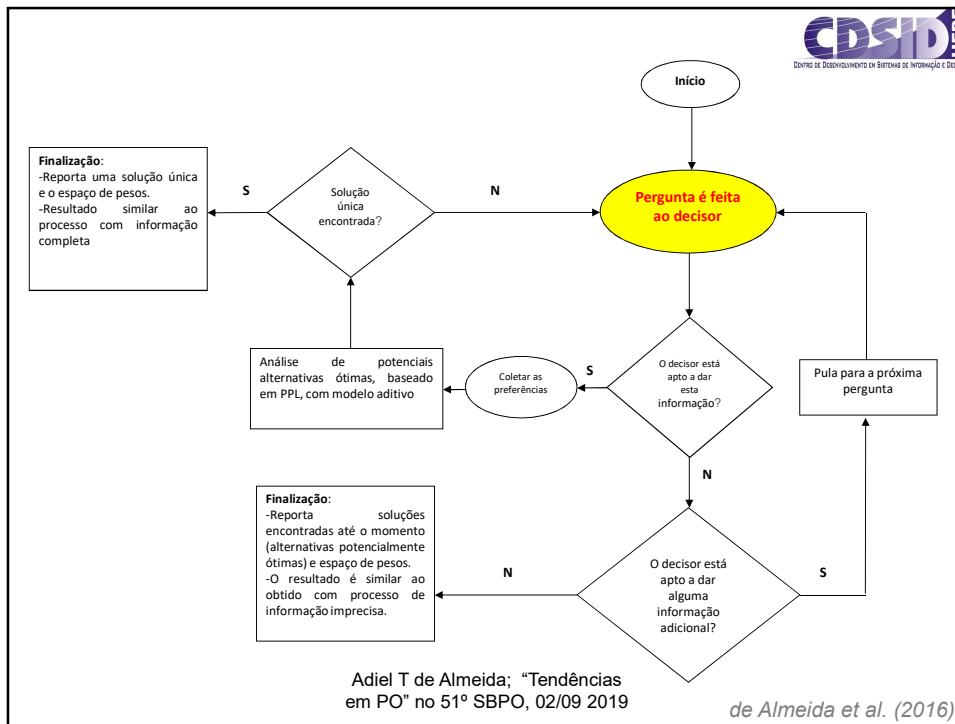
## Após a ordenação dos pesos dos critérios



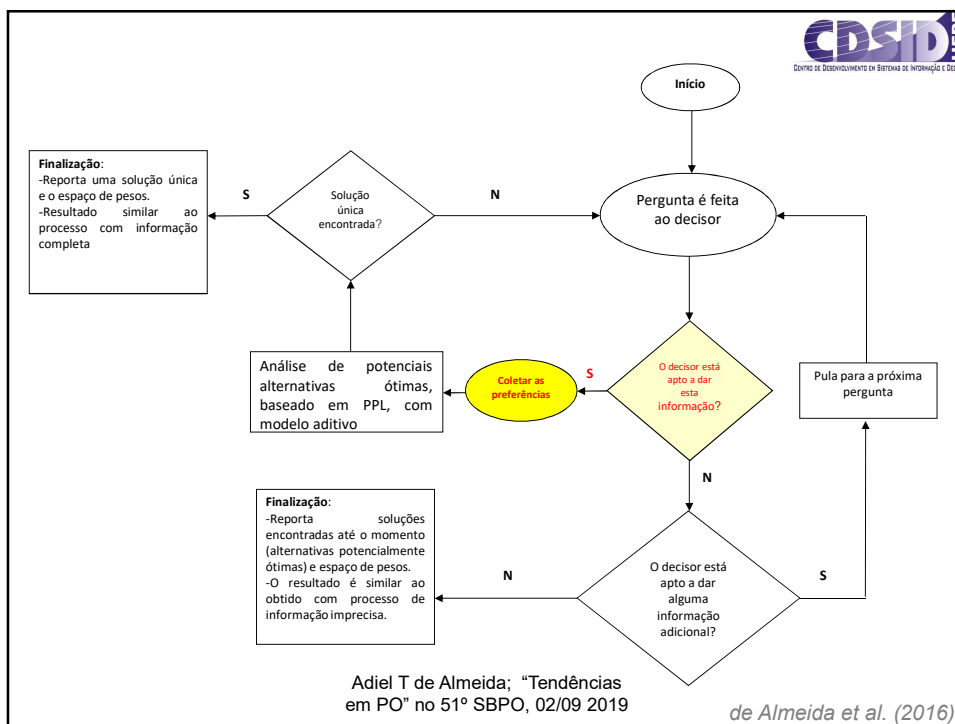
**80% dos casos:** com até **5 alternativas** potencialmente ótimas.  
**90% dos casos:** com até **8 alternativas** potencialmente ótimas.  
 Estes resultados consideram problemas com até 15 critérios e com até 70 alternativas.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

56




57



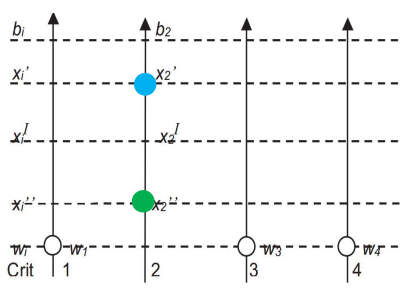
58

## FITradeoff

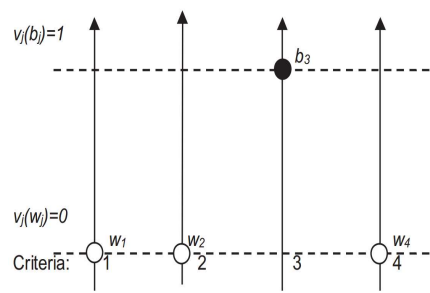


• Coletando as preferências do decisor:

**Consequência A**



**Consequência B**



**Declaração de preferência estrita entre consequências – mais fácil do que encontrar relações de indiferença**

Se  $x = x_2'$   
APB  
 $k_2 v_2(x_2') > k_3$

Se  $x = x_2''$   
BPA

**Espaço de pesos:**

$$(k_1, k_2, \dots, k_n) / \sum_{i=1}^n k_i = 1; k_i \geq 0 \forall i$$

$k_1 > k_2 > \dots > k_n$


$k_1 v_1(x'_1) < k_2 < k_1 v_1(x'_1); \dots$

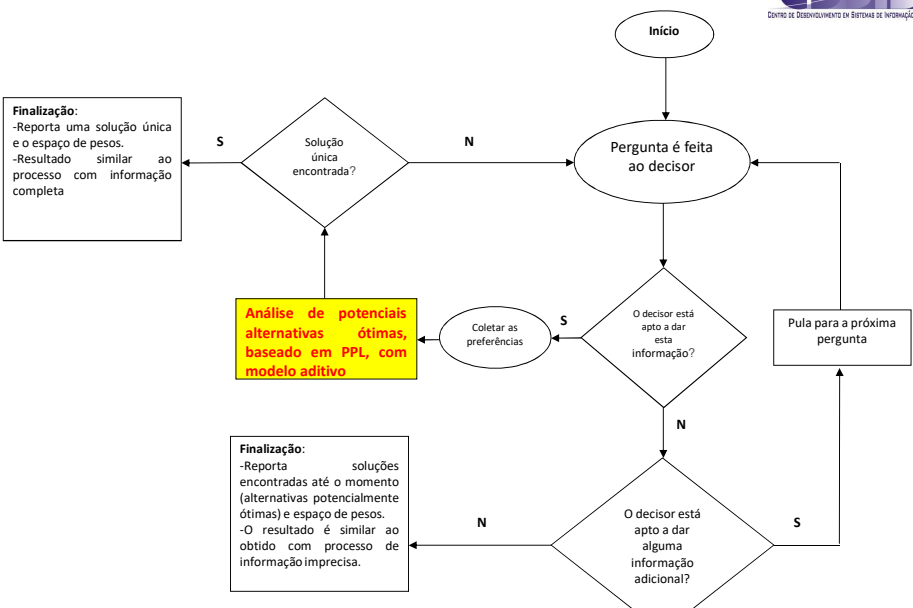
...

$k_{n-1} v_1(x'_{n-1}) < k_n < k_{n-1} v_1(x'_{n-1}); \dots$

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

59






```

    graph TD
      Inicio([Início]) --> Pergunta1{Pergunta é feita ao decisor}
      Pergunta1 -- S --> Coletar[Coletar as preferências]
      Pergunta1 -- N --> Pergunta2{Pergunta é feita ao decisor}
      Coletar --> Analise[Análise de potenciais alternativas ótimas, baseado em PPL, com modelo aditivo]
      Analise --> Solucao{Solução única encontrada?}
      Solucao -- S --> Finalizacao1[Finalização: -Reporta uma solução única e o espaço de pesos. -Resultado similar ao processo com informação completa]
      Solucao -- N --> Pergunta1
      Pergunta2 -- S --> Pergunta3{O decisor está apto a dar alguma informação adicional?}
      Pergunta2 -- N --> Pergunta3
      Pergunta3 -- S --> Pergunta2
      Pergunta3 -- N --> Finalizacao2[Finalização: -Reporta soluções encontradas até o momento (alternativas potencialmente ótimas) e espaço de pesos. -O resultado é similar ao obtido com processo de informação imprecisa.]
  
```

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

de Almeida et al. (2016)

60



### MÉTODO FITRADEOFF PARA PROBLEMÁTICA DE ESCOLHA

- Busca por **alternativas potencialmente ótimas** através de problemas de programação linear a cada interação:

$$\text{Max } \sum_{j=1}^m w_j v_j(x_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, m$$

s. a.

$$w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_j \geq w_{j+1} \geq \dots \geq w_m$$

$$w_j v_j(X_j^U) \geq w_{j+1} - \delta, \quad j = 1 \text{ a } m - 1$$

$$w_j v_j(X_j^L) \leq w_{j+1} + \delta, \quad j = 1 \text{ a } m - 1$$

$$\sum_{j=1}^m w_j v_j(x_{ij}) \geq \sum_{j=1}^m w_j v_j(x_{zj}), \quad z = 1, 2, \dots, m, \quad z \neq i$$


$$\sum_{j=1}^m w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \quad j = 1 \dots m$$

- Pode-se afirmar que a alternativa  $A_j$  é potencialmente ótima se o PPL acima tiver solução para pelo menos um vetor de pesos dentro do espaço.

Adiel T. de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

61



### Solução encontrada

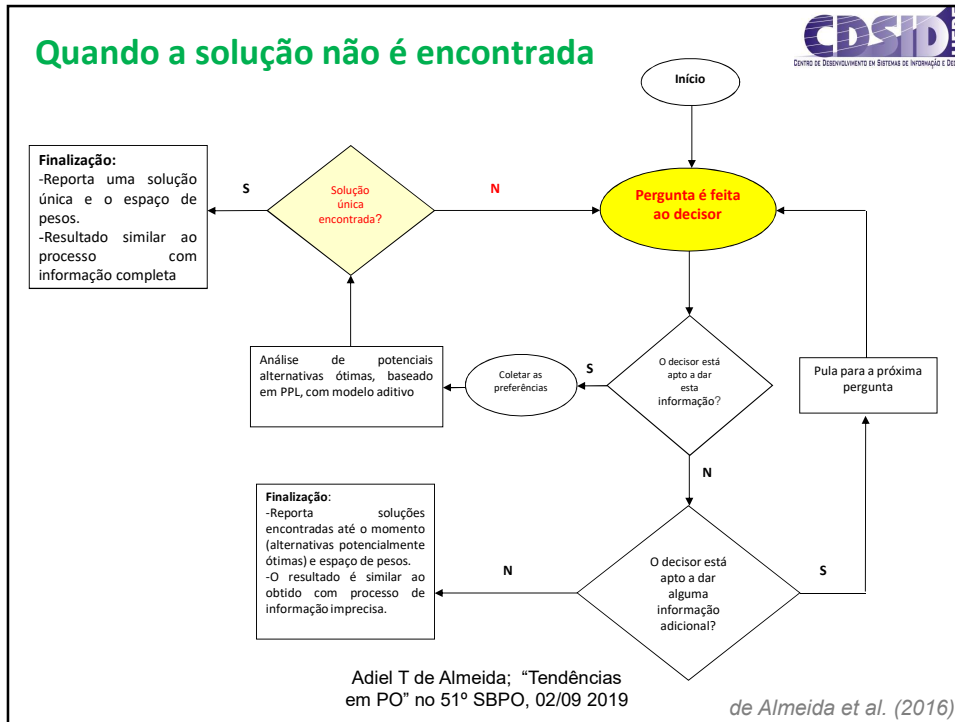
```

graph TD
    Inicio([Início]) --> Pergunta{Pergunta é feita ao decisor}
    Pergunta --> Decisor1{O decisor está apto a dar esta informação?}
    Decisor1 -- S --> Coletar([Coletar as preferências])
    Coletar --> Analise[Análise de potenciais alternativas ótimas, baseado em PPL, com modelo aditivo]
    Analise --> Decisor2{Solução única encontrada?}
    Decisor2 -- S --> Finalizacao1[Finalização: -Reporta uma solução única e o espaço de pesos. -Resultado similar ao processo com informação completa]
    Decisor2 -- N --> Pula[Pula para a próxima pergunta]
    Decisor1 -- N --> Pula
    Pula --> Pergunta
    Decisor1 --> Decisor3{O decisor está apto a dar alguma informação adicional?}
    Decisor3 -- S --> Pula
    Decisor3 -- N --> Finalizacao2[Finalização: -Reporta soluções encontradas até o momento (alternativas potencialmente ótimas) e espaço de pesos. -O resultado é similar ao obtido com processo de informação imprecisa.]
    
```

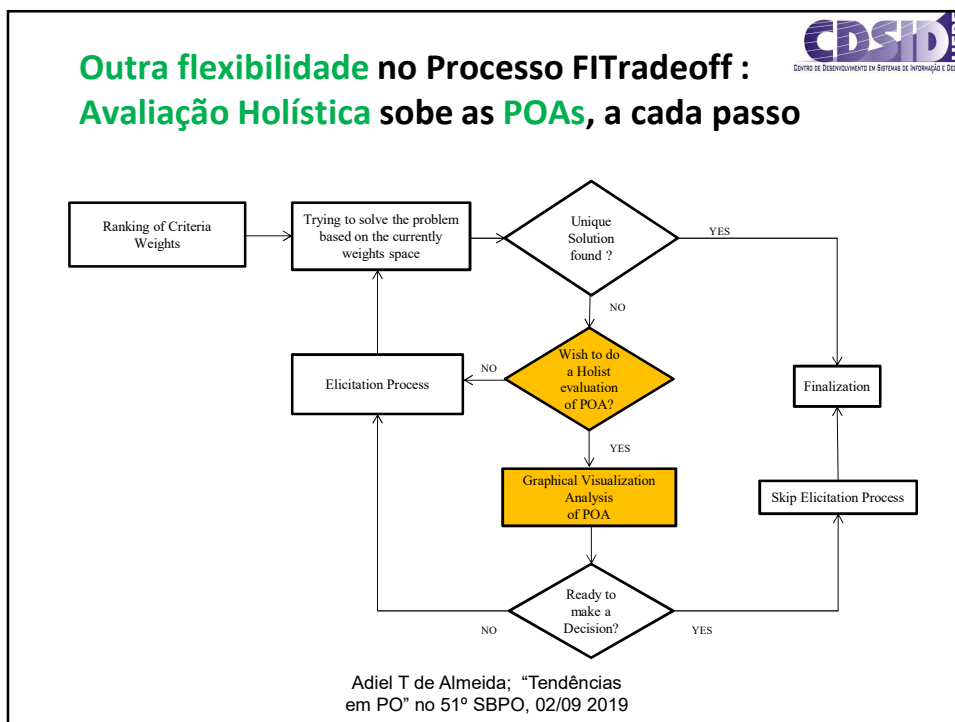
Adiel T. de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

de Almeida et al. (2016)

62

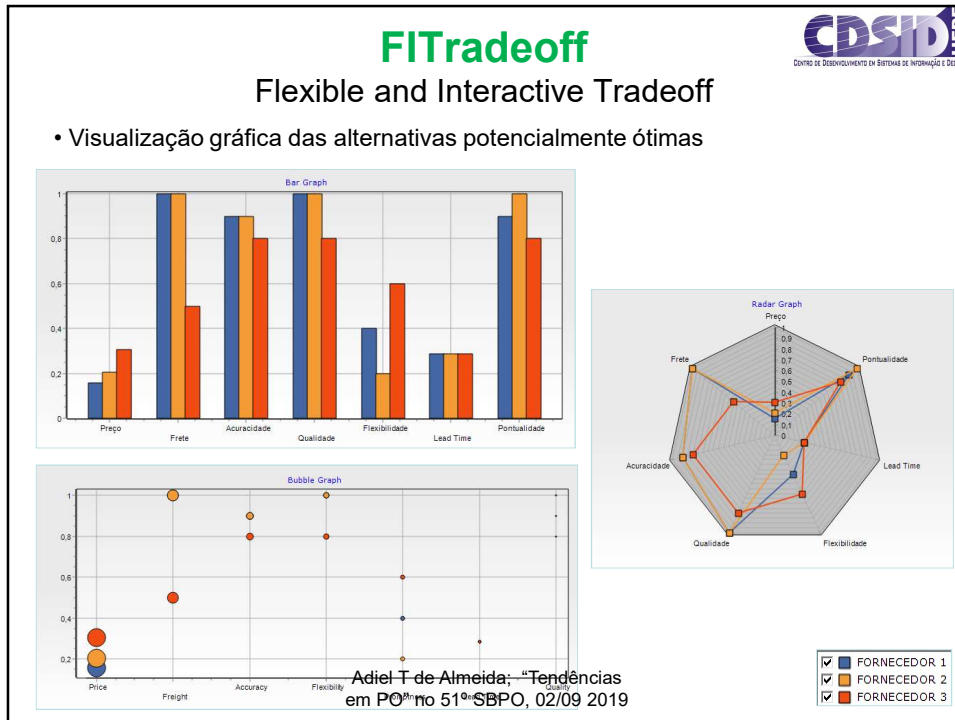


63

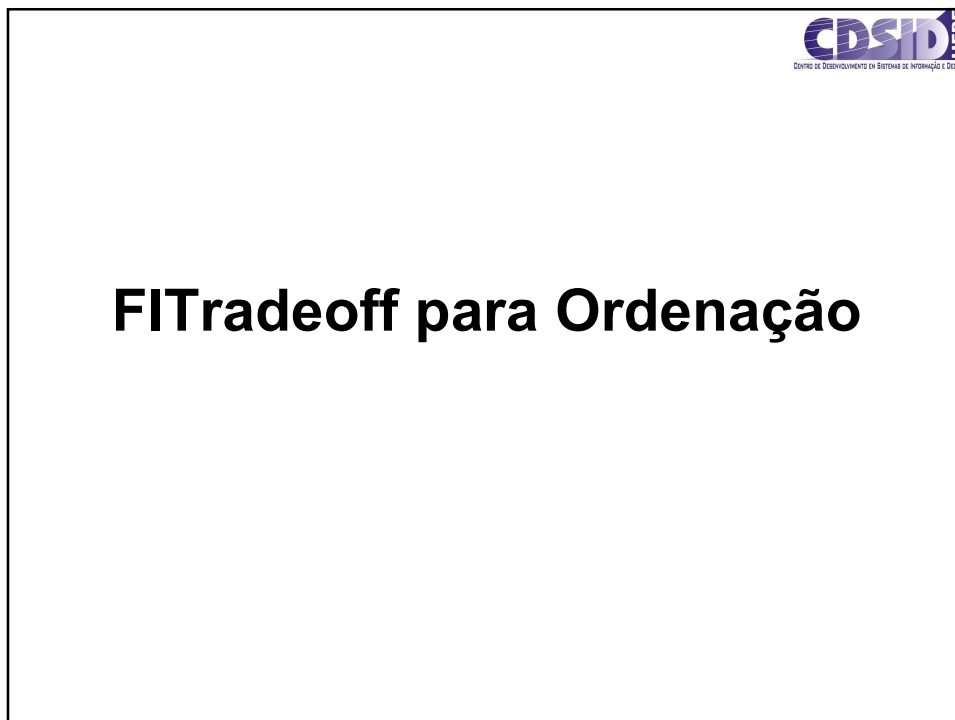


64

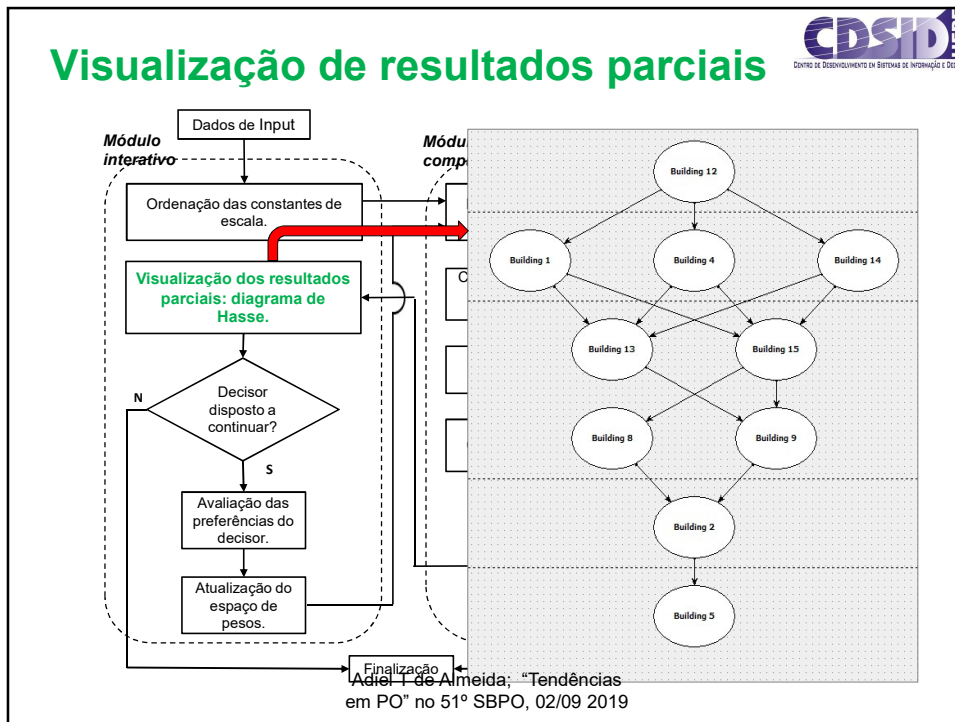




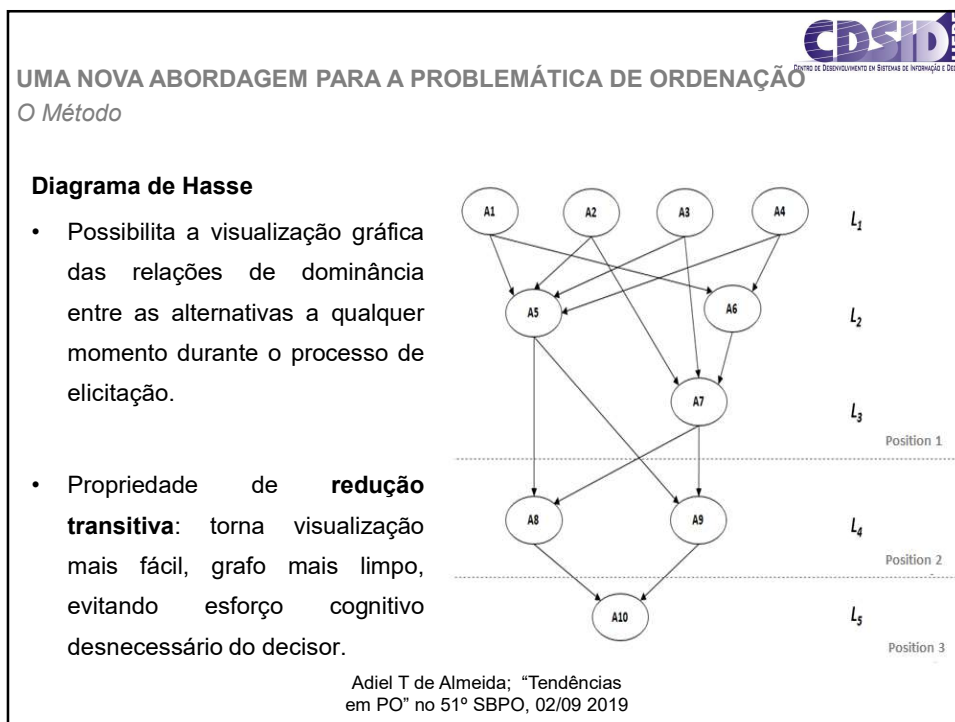
65



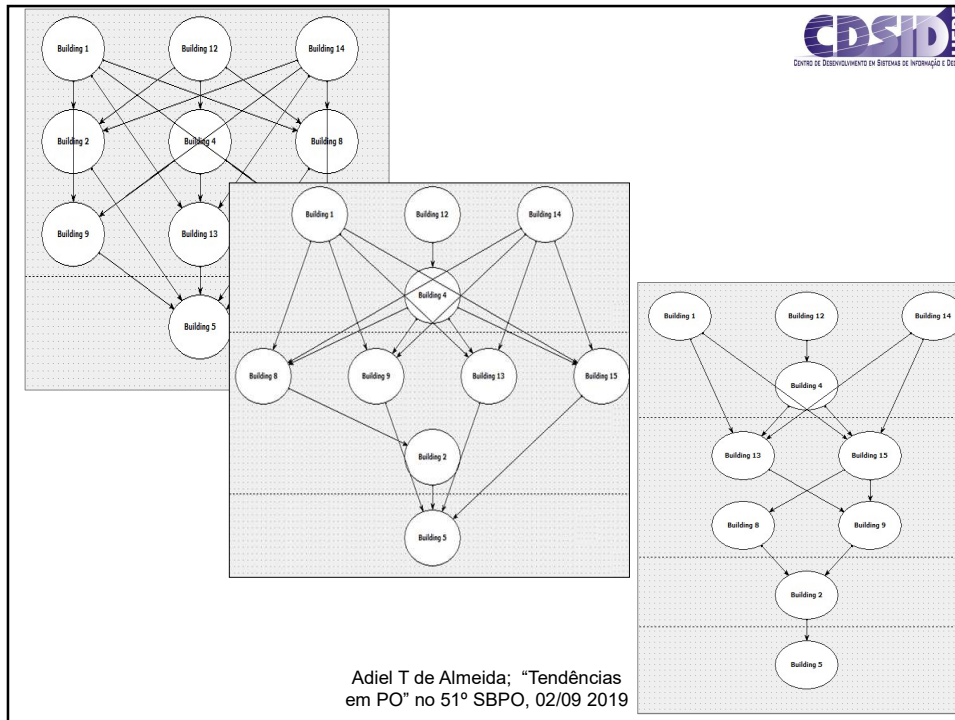
66



67



68



69


**CDSID UFPE**  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO EM SISTEMAS DE INFORMÁTICA E DECISÃO

## Melhoramentos no SAD e no Processo de Decisão com FITradeoff

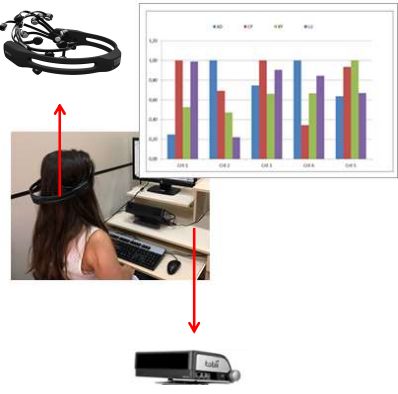
**Experimentos Comportamentais com uso  
de ferramentas de Neurociências  
(Decision Neuroscience)**

70

## Neurociência para melhoramentos no FITradeoff



- Neurociências - **utilizada como um suplemento para melhoria do processo decisório**
  - a partir do entendimento do comportamento dos decisores.
- Experimentos com Neurociência foram desenvolvidos fazendo uso dos equipamentos **Eye-tracking e Eletroencefalograma (EEG)**.
- Variáveis fisiológicas não controladas pelo decisor podem ser coletadas para investigação do comportamento dos decisores:
  - o diâmetro da pupila e
  - a potência das frequências geradas na atividade elétrica cerebral,.



14 channels EEG by Emotiv

X120 Eye-Tracker by Tobbi Studio

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

71

## Neurociência para melhoramentos no FITradeoff




Dois objetivos principais do estudo das visualizações gráficas no FITradeoff foram:

- Gerar insights para o analista,
  - a partir do conhecimento do comportamento dos decisores quando usa visualizações gráficas
  - **gerar recomendações sobre o uso ou não de tais visualizações** para tomar a decisões,
  - Também **gerar recomendações sobre como usar tais visualizações**
- **Melhorar o design do SAD (Sistema de Apoio a Decisão)** do FITradeoff para problemática de escolha e de ordenação.

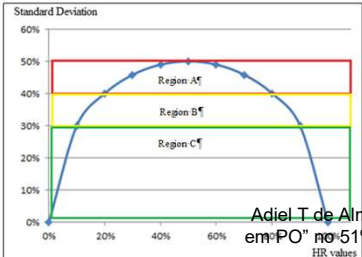
Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

72



## Neurociência para melhoramentos no FITradeoff


- Com relação **objetivo** de gerar **insights para o analista**, obteve-se como resultado o desenvolvimento de uma **regras com recomendação** a ser seguida pelo **analista ao interagir com o decisor** sobre o uso ou não das visualizações.
- Esta **regra foi desenvolvida** com a definição de **três regiões** que implicam **comportamentos distintos**, com base na taxa de acerto (HR) dessas visualizações, observadas nos experimentos
  - com base no desvio-padrão da probabilidade de acerto (HR) de cada visualização, assumindo distribuição de Bernoulli.



HR	Grau de confiança	Recomendação	Justificativa
HR ≤ 10%	Alto σ entre 0 e 30%	Não tomar a decisão holística	Baixo HR
10% < HR ≤ 20%	Moderado; σ entre 30 e 40%	Não tomar a decisão holística	Baixo HR
20% < HR ≤ 50%	Baixo σ entre 40 e 50%	Não tomar a decisão holística	HR intermediário inferior, com variabilidade alta
50% < HR ≤ 80%	Baixo σ entre 40 e 50%	Avaliar o alto risco de tomar a decisão	HR intermediário superior, com variabilidade alta
80% < HR ≤ 90%	Moderado; σ entre 30 e 40%	Avaliar o médio risco de tomar a decisão	HR alto, mas variabilidade média
HR > 90%	Alto σ entre 0 e 30%	Tomar a decisão holística	HR muito alto, com variabilidade baixa

Adiel T. de Almeida, "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

73

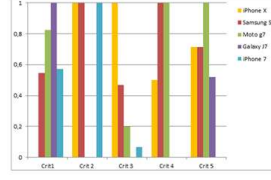


## Neurociência para melhoramentos no FITradeoff

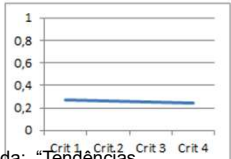
Alguns resultados para o **objetivo** de **melhorar o design do SAD**:

- Além de informação gráfica, **Tabelas devem ser incluídas** nos SADs do FITradeoff de escolha e ordenação devido a positivas regras de recomendações obtidas.
- Nos SADs deve-se ter a **indicação da forma como os pesos são distribuídos**. Essa indicação pode ser por descrição na parte inferior da tela ou com um pequeno gráfico.

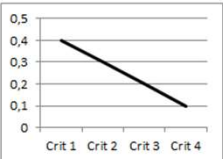
Alternatives x Criteria	Crit1	Crit 2	Crit 3	Crit 4	Crit 5
iPhone X	\$1.238,31	12	256	12	5,8
Samsung S9	\$ 686,51	12	128	14	5,8
Moto g7	\$ 406,99	8	64	14	6,24
Galaxy J7	\$ 228,92	8	16	10	5,5
iPhone 7	\$ 662,41	12	32	10	4,7



A: Aproximadamente iguais



B: Destacadamente diferentes

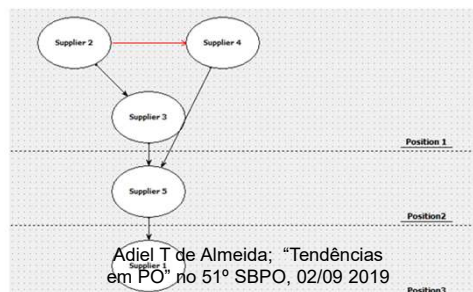


Adiel T. de Almeida, "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

74

## Neurociência para melhoramentos no FITradeoff

- **Incluir nos SADs as regras de recomendação** desenvolvida para cada visualização.
  - As regras deverão estar disponíveis para uso pelo Analista, sendo apresentadas de forma discreta em cada tela de visualização.
- No SAD do FITradeoff de ordenação, **incluir** no Diagrama de Hasse (com uma seta vermelha), as **relações de dominância** obtidas usando a **avaliação holística** das alternativas,.




75

## Publicações e outras informações


FITradeoff

76



## Referências Principais


- FITradeoff for **Choice of an alternative**:



de Almeida, A. T.; de Almeida, J. A. ; COSTA, A. P. C. S. ; de Almeida-Filho, A. T. "A New Method for Elicitation of Criteria Weights in Additive Models: Flexible and Interactive Tradeoff", [European Journal of Operational Research](#), v. 250, p. 179-191, 2016.

**2019 – EURO Award for the Best EJOR Paper (EABEP 2019) – Theory and Methodology**
- FITradeoff for **ranking of Alternatives**

  - Frej, E A ; de Almeida, A T ; COSTA, A P C S. Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. [Operational Research](#), v. 19, p. 1-22, 2019
- Improvement with **behavioral experiments**




Roselli, L R P ; de Almeida, A T ; Frej, E A. Decision neuroscience for improving data visualization of decision support in the FITradeoff method. [Operational Research](#), v. 19, p. 1-21, 2019

**2018 – GDN Springer Young Researcher Award – GDN Informs Section**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

77



## Algumas Aplicações


- **In Energy:**

  - Kang, T. H. A., Soares Júnior, A. M. C., de Almeida, A. T. Evaluating electric power generation technologies: A multicriteria analysis based on the FITradeoff method, [Energy](#) (2018)
  - de Macedo, P.P., Mota, C.M.D.M., Sola, A.V.H. Meeting the Brazilian Energy Efficiency Law: A flexible and interactive multicriteria proposal to replace non-efficient motors (2018) [Sustainable Cities and Society](#), 41, pp. 822-832
- **Selecting an agricultural technology**

  - P. A. Alvarez Carrillo, L. R. P. Roselli, E. A. Frej and A. T. de Almeida, Selecting an agricultural technology package based on the flexible and interactive tradeoff method, [Annals of Operations Research](#) (2018).
- **Supplier Selection**

  - Frej, Eduarda Asfora ; Roselli, Lucia Reis Peixoto ; ARAÚJO DE ALMEIDA, JÔNATAS ; de Almeida, Adiel Teixeira . A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method. [Mathematical Problems in Engineering](#), v. 2017, p. 1-9
- **Planning of Information System**

  - Gusmão, A.P.H.; Medeiros, C. P. "A Model for Selecting a Strategic Information System Using the FITradeoff" [Mathematical Problems in Engineering](#), vol. 2016, Article ID 7850960, 7 pages, 2016.
- **Healthcare Facilities Location**




Dell'Ovo, M., Frej, E. A., Oppio, A., Capolongo, S., Morais, D.C., de Almeida, A.T.: Multicriteria Decision Making for Healthcare Facilities Location with Visualization Based on FITradeoff Method. In: Linden, I., Liu, C., Colot, C. Decision Support Systems VII. Data, [Information and Knowledge Visualization in Decision Support Systems](#). LNBIP 282, pp pp. 32–44, (2017).

**2017 – Euro Working Group on Decision Support Systems Award**

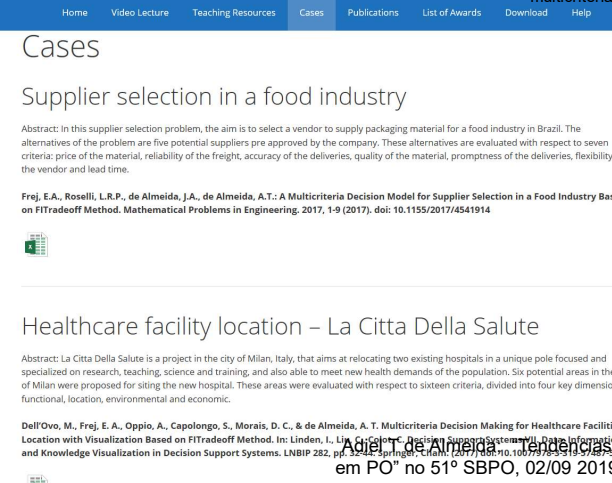
Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

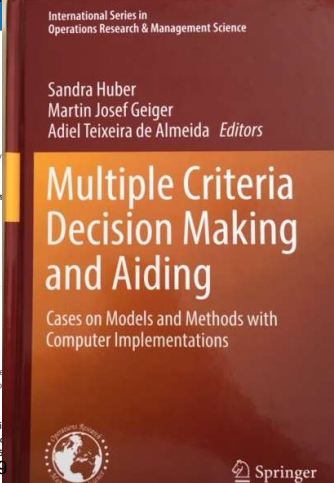
78



# Cases

- Cases no site
- **Livro de Cases em MCDM/A**
  - Vol 274, Springer International Series in Operations Research & Management Science. "Multiple Criteria Decision Making and Aiding – **Cases on Models and Methods** with Computer Implementations". 2019. Frej E.A., de Almeida A.T., Morais, D.C. (2019) "Using FITradeoff for supporting a decision process of a multicriteria decision problem"





Adiel T. de Almeida, "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

79



# Disseminação do FITradeoff

- Sessão Especial no SBPO
  - Desde 2016 – **quatro anos**
- Em 2014 incluído no escopo da **MCDM Summer School**
  - Mantido em 2016, Grécia;
  - Previsto para 2020, Turquia
- Várias aplicações
- Mais detalhes e Informações:
  - em [www.fitradeoff.org](http://www.fitradeoff.org)




Adiel T. de Almeida, "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

80



**O SAD e artigo estão disponíveis desde 2016**  
• **downloads** do SAD – [www.fitradeoff.org.br](http://www.fitradeoff.org.br)

**Onde o artigo foi visto ou teve download?**



Citations	Views
45	2.696

Powered by **Scopus**      Powered by **ScienceDirect**

Last updated on April 08, 2019. Source: [Mendeley](#)

**Mais de 60 Países**

De Almeida A T; De Almeida J; Costa A P C S; De Almeida-Filho A T. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*. 250, issue 1 (2016)

Adiel T de Almeida; **Resumo** em PO<sup>o</sup> no 51<sup>o</sup> SBPO, 02/09 2019

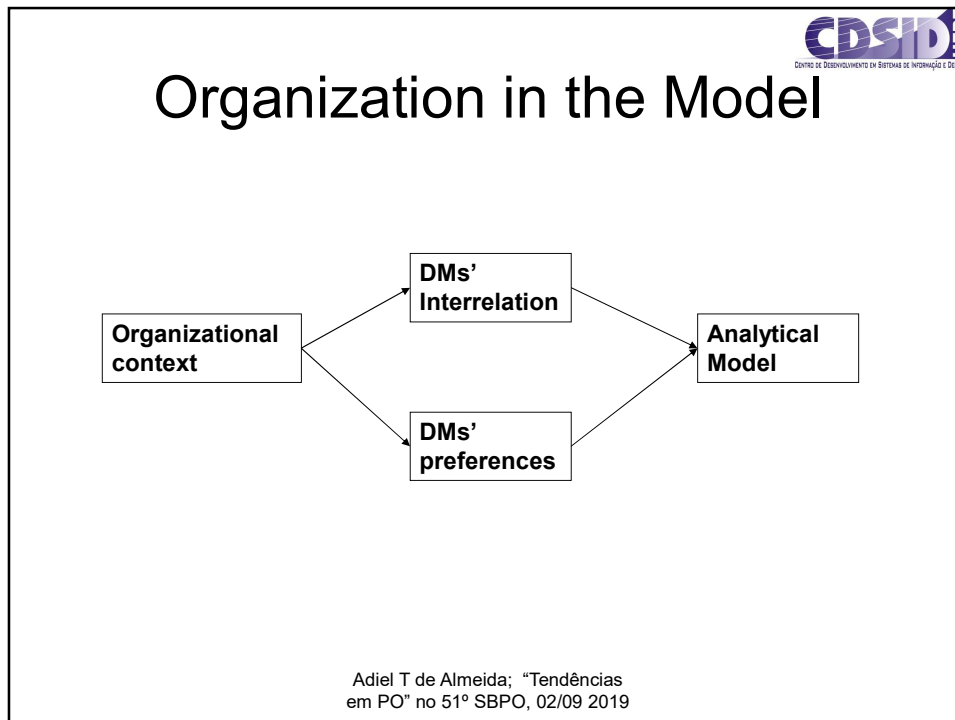
**CDSID UFPE**  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DECISÃO

81

**CDSID UFPE**  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DECISÃO

# Decisão em Grupo

82



83

**CDSID** UFPE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DECISÃO


## Decisão em Grupo Multicritério com modelo Aditivo

### Tendência

Modelos sem atribuir pesos aos  
decisores

Com uso de Informação parcial

84




## Modelos Multicritério Aditivo sem atribuir pesos aos decisores

- Weber (1987) pointed out **group decision** making as an important area of possible applications for the **concept of incomplete information**.
- Anandalgam (1989) showed that even **without** specifying **exact preference weights**, dominance relationships can be established between alternatives, in order to obtain a **compromise solution**
- Salo (1995) uses an **interactive additive model** with **incomplete information** for individual preferences of DMs, in order to provide information to them, so they can **seek for consensus**.
- Hämäläinen and Pöyhönen (1996) used preference programming as decision support technique, in which **individual preferences** can be **combined** into an **interval model** and the negotiation process seeks on decreasing the width of the intervals.
- Hämäläinen et al (2000) uses a **decision conference** for integrate the group of DM in a multicriteria risk analysis, using smart approach.
- Baucells and Sarin (2003) obtain **agreement for weights** and apply in the multicriteria additive model, instead of aggregate global values of DM.
- Dias and Climaco (2005) outlines a distributed GDSS, based on the VIP Analysis.
  - These ideas have been extended in Climaco and Dias (2006).
- **FiTradeoff Group Decision** (de Almeida, 2014) uses **partial information with tradeoff** procedure, with **flexible and interactive approach**.
- de Almeida et al (2016) A **new method for elicitation** of criteria weights in additive models: **Flexible and interactive tradeoff**. European Journal of Operational Research

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

85




## Processo de Decisão Agregação de Preferências dos DMs

- Duas possibilidades (Hämäläinen and Pöyhönen, 1996):
  - Elicitar **cada DM individualmente** e depois procurar um intervalo **comum de pesos**.
  - **Começar** conjuntamente **com todo o grupo** um intervalo comum de pesos.
- Acham que o segundo é melhor; evitar **efeito de ancoragem**,
  - Quando o DM especifica sua própria **preferência individual**,
  - Fica **mais relutante a mudança nas** preferências,
  - Od que aqueles DMs que começam trabalhndo juntos um modelo de intervalo do grupo.

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

86



## Processo de Decisão

### Agregação de Preferências dos DMs

- Keeney (2009) dá suporte ao primeiro (separadamente),
  - Quando **diferentes avaliações** são explicitadas, podem prover **insights** úteis.
- Uma preocupação nossa:
  - No **modelo de interval de grupo**, o DM pode **não pensar claramente** sobre suas **próprias preferências**.
  - Se já é tão difícil fazer modelagem de preferências para um decisor....
- Tudo depende do contexto organizacional

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

87



## Tendências, Perspectivas e Desafios Futuros

- **Muitas questões** a serem consideradas em **aplicações praticas**
  - Particularmente com **modelagem de preferências**
- Um procedimento de elicitação de preferências **considera que os Decisores são racionais**
- **Mas, se eles agem de forma intuitiva** ao responderem às questões de elicitação de preferências?
- **Estudo Comportamental com neurociências**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

88

## Abordagens na Tomada de Decisão

- **Abordagem Descritiva**
  - Focalizada em **descrever** como as **pessoas decidem** em situações reais.
  - Descreve de que forma o **decisor faz julgamentos** para a tomada de decisão.
- Abordagem Normativa
- Abordagem Prescritiva
  - Usa **Métodos** para apoiar decisores na tomada de decisões com **base em modelos normativos**
  - Incorpora as **questões práticas** que podem surgir **quando da aplicação** destes modelos.
  - Neste sentido, esta abordagem tenta **evitar viés e erros conhecidos** por meio dos **estudos da abordagem descritiva**
- Abordagem Construtivista
  - Processo mais **interativo entre decisor e analista**
  - **Construir uma solução** para o problema enfrentado.
  - Há uma dimensão de **aprendizagem**.
  - Também usa **estudos da abordagem descritiva**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

89

## Perspectivas e Desafios Futuros

### Decision neuroscience

- Estudo Comportamental e neurociências
- Estudos em curso
- Visualização gráfica para decisão
  - **Mudanças no Design** - visualização do SAD;
  - **Instruções para o analista** relativo ao uso da análise por visualização no FITradeoff.
- Futuros Estudos
  - Visualização para elicitación
  - Sistema 1 versus Sistem 2
- Comunidades científicas em neuroscience



Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

90

## Perspectivas e Desafios Futuros

- **Estabelecer claras características organizacionais** antes de recomendar a **forma analítica** de agregação de múltiplos decisores
  - **Agregando os DMs analiticamente? ou não?**
  - **Como** agregar?
- Como **escolher métodos** que de fato se ajustem ao problema enfrentado?
- Avaliação de **racionalidade**
  - **compensatória** ou **não-compensatória?**
- Estudos Comportamentais
  - O uso de **estudantes como surrogate de Decisores**
  - O quanto isso está fora da realidade?
- Trazendo **reais decisores para os experimentos.**

Adiel T de Almeida; "Tendências em PO" no 51º SBPO, 02/09 2019

91

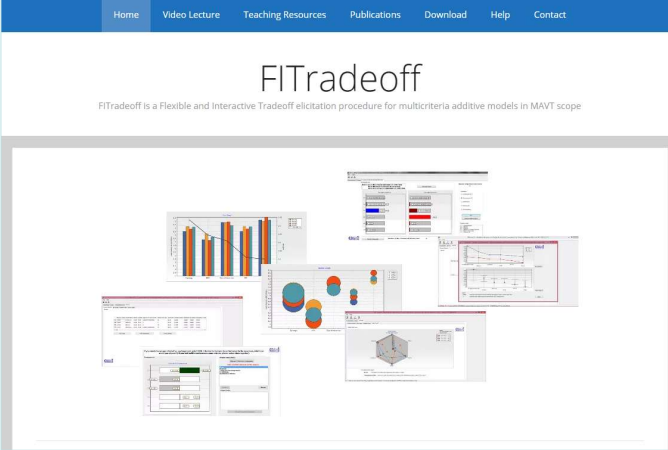
# Obrigado!

## Feedback e questões

92

**SAD FITradeoff**

Download disponível gratuitamente através do site: [www.fitradeoff.org](http://www.fitradeoff.org)



CDSID UFPE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO EM SISTEMAS DE INFORMÁTICA E DECISÃO

93

**Resumo do seminário**

- O seminário aborda dois tópicos interconectados na área de Métodos de Apoio a Decisão, incluindo Métodos Multicritério e Decisão em Grupo e Negociação.
- O primeiro está associado à aplicação de métodos, envolvendo particularmente o processo de construção de modelos de decisão, que acrescenta um tema crucial, com pouco estudo sobre o assunto: a 'escolha do método de decisão' multicritério para solucionar um determinado problema.
- O segundo tópico envolve o desenvolvimento de Métodos de Apoio a Decisão Multicritério e Decisão em Grupo, com particular ênfase aos métodos que usam informação parcial ou incompleta.
- Um assunto que envolve esses dois tópicos está relacionado ao processo de modelagem de preferências, o qual tem desdobramentos com a recente ênfase aos estudos comportamentais em decisão, incluindo neurociências em decisão.

Adiel T. de Almeida; Tendências  
em PO<sup>o</sup> no 51<sup>o</sup> SBPO, 02/09 2019

CDSID UFPE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO EM SISTEMAS DE INFORMÁTICA E DECISÃO

94