



SAGE
Núcleo Prof. Rogério Valle
de Produção Sustentável



GEE Grupo de
Economia
da Energia



APOIO À DECISÃO PARA O DESCOMISSIONAMENTO DE SISTEMAS SUBMARINOS DE PRODUÇÃO DE ÓLEO E GÁS

FGV ENERGIA - DESCOMISSIONAMENTO NO BRASIL: RESOLUÇÕES,
OPORTUNIDADES E DESAFIOS

PROF. MARCELO IGOR LOURENÇO DE SOUZA

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia | Universidade Federal do Rio de Janeiro

+55 (21) 3938-3545 | 3938-3538 • www.sage.coppe.ufrj.br • contato@sage.coppe.ufrj.br

+55 (21) 2290-1448 | Ramal 239 • www.labcorr.metalmat.ufrj.br • ponciano@metalmat.ufrj.br

+55 (21) 3938-7790 | 3938-7791 • www.lts.coppe.ufrj.br • contato@lts.coppe.ufrj.br

+55 (21) 3938-5217 • www.gestore.poli.ufrj.br • gestore@poli.ufrj.br

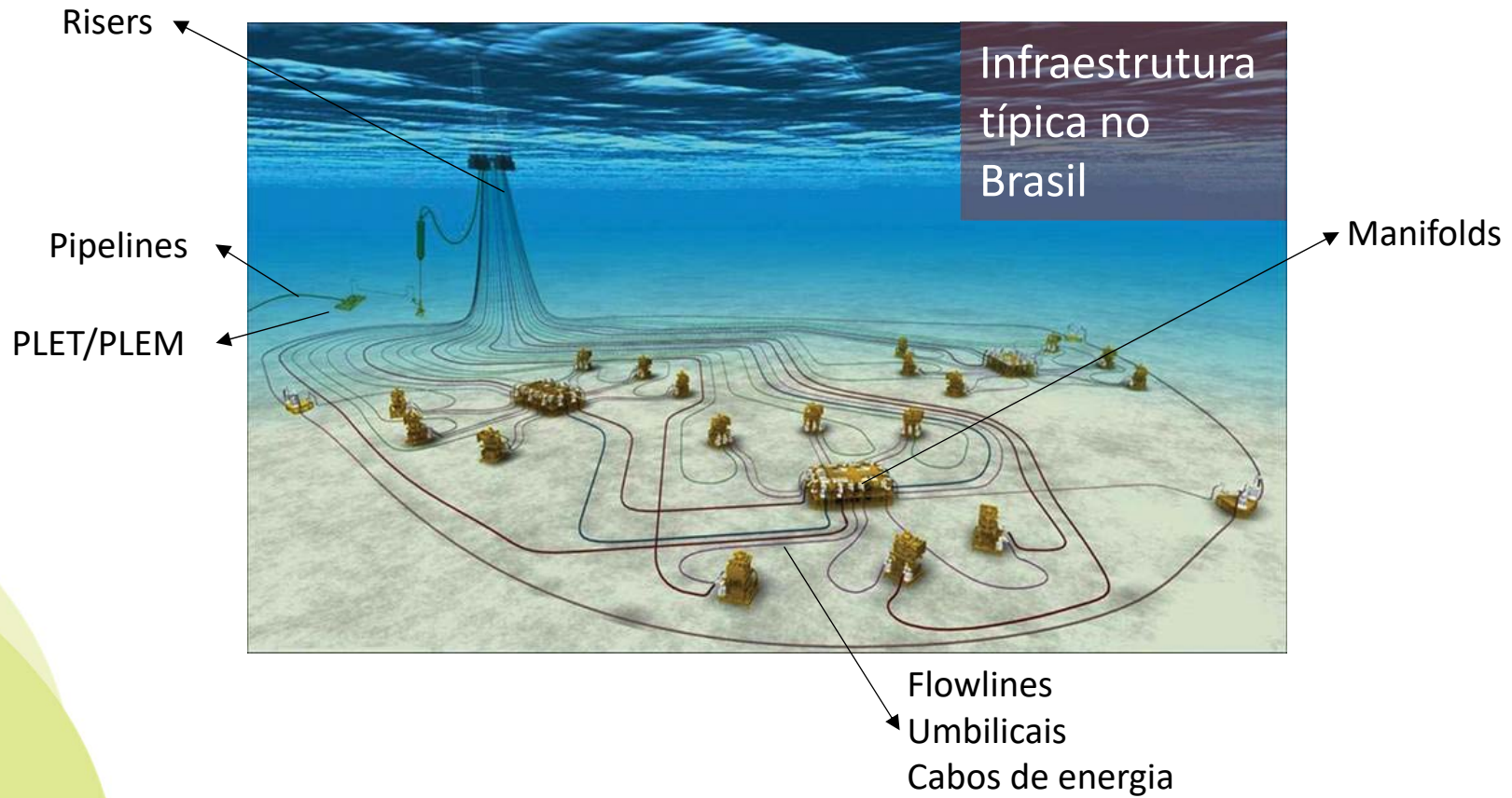
+55 (21) 3938-5269 • www.gee.ie.ufrj.br • gee@ie.ufrj.br

FASES DO DESCOMISSIONAMENTO



PROJETO

SISTEMAS SUBMARINOS DE PRODUÇÃO



DUTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS



POLÍMEROS

AÇO



POLÍMEROS

AÇOS

OPÇÕES DE DESCOMISSIONAMENTO



Remoção por Bobina Reversa



Abandono sem intervenção

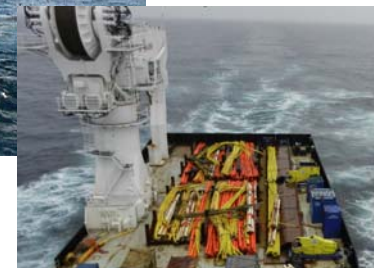
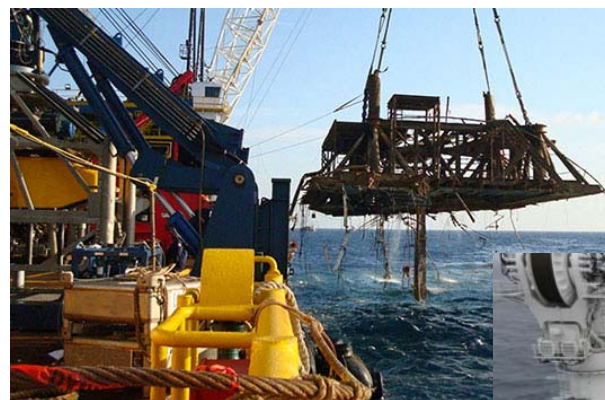
Remoção por S-lay/J-Lay



Abandono com Intervenções



Corte e Elevação

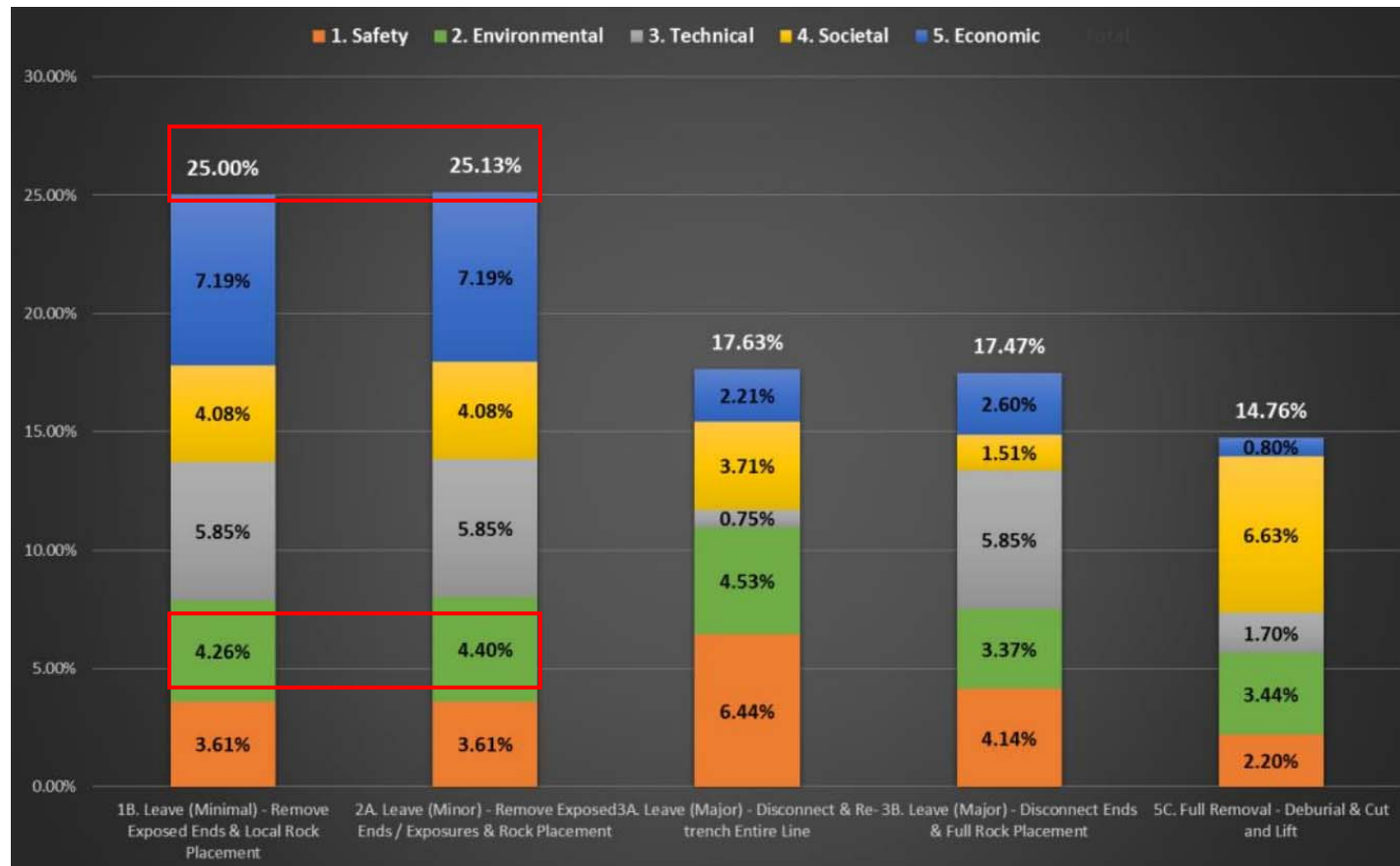


TOMADA DE DECISÃO – 5 CRITÉRIOS

ASSESSMENT CRITERIA	Matters to be considered	DECOMMISSIONING OPTIONS			
		Complete removal to land	Partial removal to land	Leave wholly in place	Disposal at sea *
Safety	risk to personnel	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
	risk to other users of the sea				
	risk to those on land				
Environmental	marine impacts				
	other environmental compartments (including emissions to the atmosphere)				
	energy/resource consumption				
	other environmental consequences (including cumulative effects)				
Technical	risk of major project failure				
Societal	fisheries impacts				
	amenities				
	communities				
Economic					
		■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	



AVALIAÇÕES COMPARATIVAS - DUNLIN



AVALIAÇÕES COMPARATIVAS - BRENT

Criterion	Sub-Criterion	+ -	2	3	4	5	6	7
Safety	Safety risk to offshore project persone (PLL)	Min	0.0016	0.0016	0.0024	0.002	0.0028	0.0043
	Safety risk to other users of the sea (PLL)	Min	0.08	0.0938	0.0016	0.0016	0.0012	0.0012
	Safety risk to onshore project persone (PLL)	Min	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
Environmental	Operational environmental impacts (Note)	Max	0.99	0.98	0.91	0.85	0.91	0.95
	Legacy environmental impacts (Note)	Max	0.95	0.95	1	0.9	1	1
	Energy use (GJ)	Min	24345.42	20867.51	24345.42	24345.42	24345.42	27823.34
	Gaseous emissions (Tons of CO2)	Min	1881.7	1881.7	2195.15	1881.7	1568.25	1881.7
Technical	Technical feasibility (Note)	Max	0.92	1	0.8	1	0.84	0.35
Societal	Effects on commercial fisheries (GBP)	Max	0	0	228344.2	183367.3	228344.2	228344.2
	Employment (Man-years)	Max	6.35	3.17	9.53	6.35	19.05	31.76
	Impact on communities (Note)	Max	0.9955	0.9955	0.9955	0.9955	0.9463	0.9463
Economic	Cost (mGBP)	Min	1.34	1.07	2.14	1.87	5.07	7.75

Selected Sub-criteria		DECC Main Criteria	
Description	Weight	Weight	Description
Safety risk to offshore project personnel	6.7%	20%	Safety
Safety risk to other users of the sea	6.7%		
Safety risk to onshore project personnel	6.7%		
Operational environmental impacts	5.0%	20%	Environmental
Legacy environmental impacts	5.0%		
Energy use (GJ)	5.0%		
Emissions (CO ₂)	5.0%	20%	Technical
Technical feasibility	20.0%		
Effects on commercial fisheries	6.7%	20%	Societal
Employment	6.7%		
Communities	6.7%		
Cost	20.0%	20%	Economic



Como considerar INCERTEZAS?

Como avaliar a influência dos PESOS?

AVALIAÇÃO COMPARATIVA (CA) E MCDA

**Avaliação
Comparativa**

Mais simples

MCDA

Mais elaborado

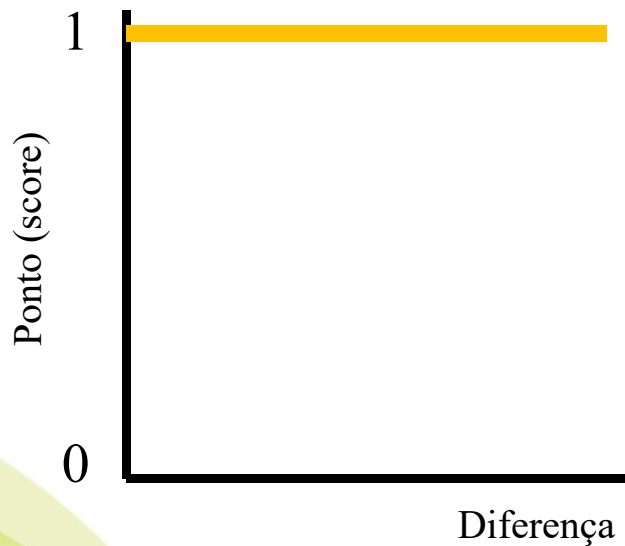
- Transparente e explícito
- Lógico e consistente

Considera

- **A percepção** de cada tomador de decisão
 - Pesos
 - Funções de preferência



COMO IDENTIFICAMOS AS **PREFERÊNCIAS** DOS TOMADORES DE DECISÃO **DENTRO** DE CADA CRITÉRIO?



5.000.000,00 Reais



Corte e Içamento

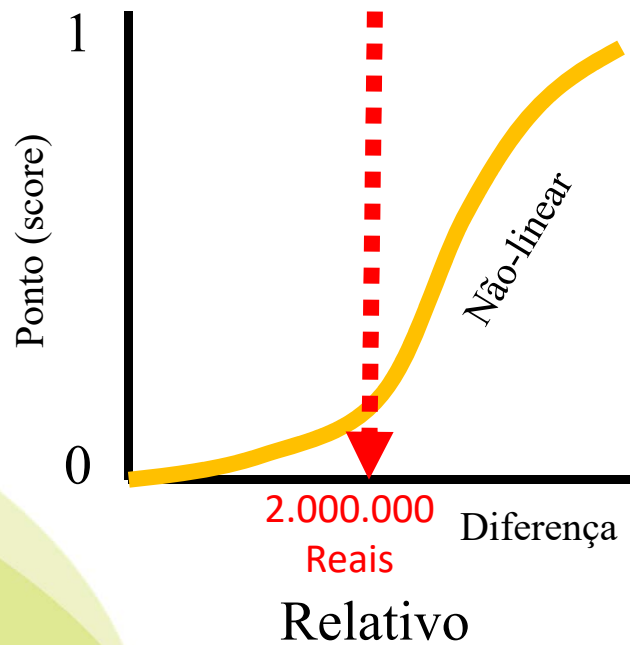
Absoluto

5.000.001,00 Reais



Bobina reversa

COMO IDENTIFICAMOS AS PREFERÊNCIAS DOS TOMADORES DE DECISÃO DENTRO DE CADA CRITÉRIO?



10.000.000,00 Reais



Corte e içamento

12.500.000,00 Reais



Bobina reversa

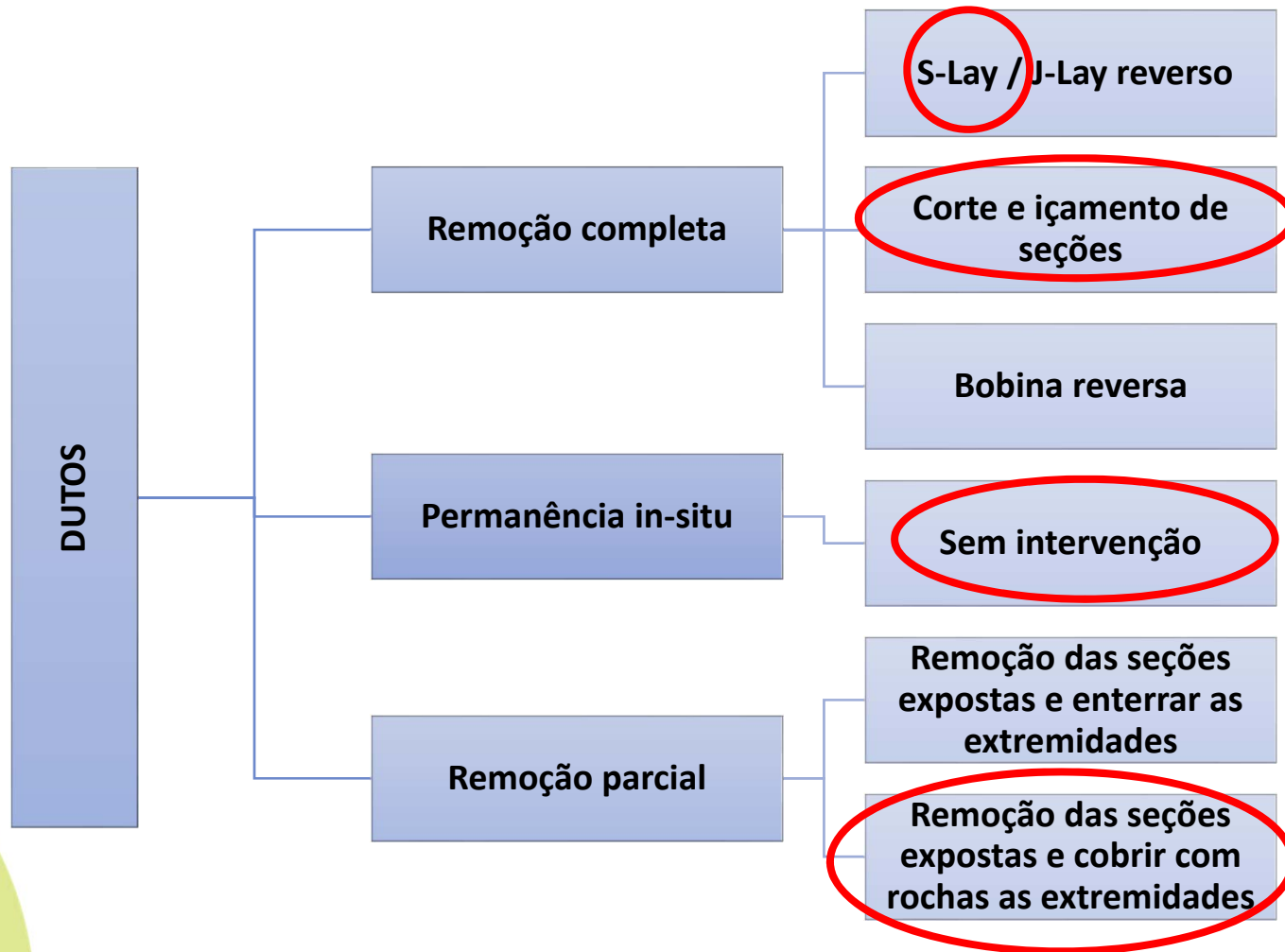
EXEMPLO – CAÇÃO



- Duto rígido
- Lâmina d'água: 19 metros
- Distância da costa: 7.000 metros
- 9.000 metros – dutos subsea
- Diâmetro: 6 polegadas



ALTERNATIVAS CONSIDERADAS



SUBCRITERIOS

DNV

1. Segurança

- Risco para os trabalhadores do mar
- Risco para outros usuários do mar
- Risco para os trabalhadores em terra
- Risco para o público em terra

2. Ambiental

- Impacto sobre o ambiente marinho
- Impacto sobre o ambiente terrestre
- Risco de disseminação de espécies invasivas
- Geração de resíduos
- Emissões
- Riscos de vazamento no ambiente marinho
- Riscos para o ambiente marinho a partir do legado in-situ

3. Social

- Impactos sociais em terra
- Impactos sobre a pesca
- Impactos sobre emprego

4. Técnico

- Impactos sobre a viabilidade técnica do projeto

5. Custo

- Custo do projeto

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

1

MÉTODO DE SIMOS

	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3
Segurança	29,8	31,4	19,9
Ambiental	29,8	36,4	47,5
Social	5,3	15,9	19,9
Técnico	24,9	10,8	8,3
Econômico	10,2	5,6	4,4
SOMA	100	100	100



	Média
Segurança	27,0
Ambiental	37,9
Social	13,7
Técnico	14,6
Econômico	6,7

2

PESOS IGUAIS ENTRE CRITÉRIOS

Segurança	20,0
Ambiental	20,0
Social	20,0
Técnico	20,0
Econômico	20,0
SOMA	100,0

3

PESOS IGUAIS ENTRE SUBCRITÉRIOS

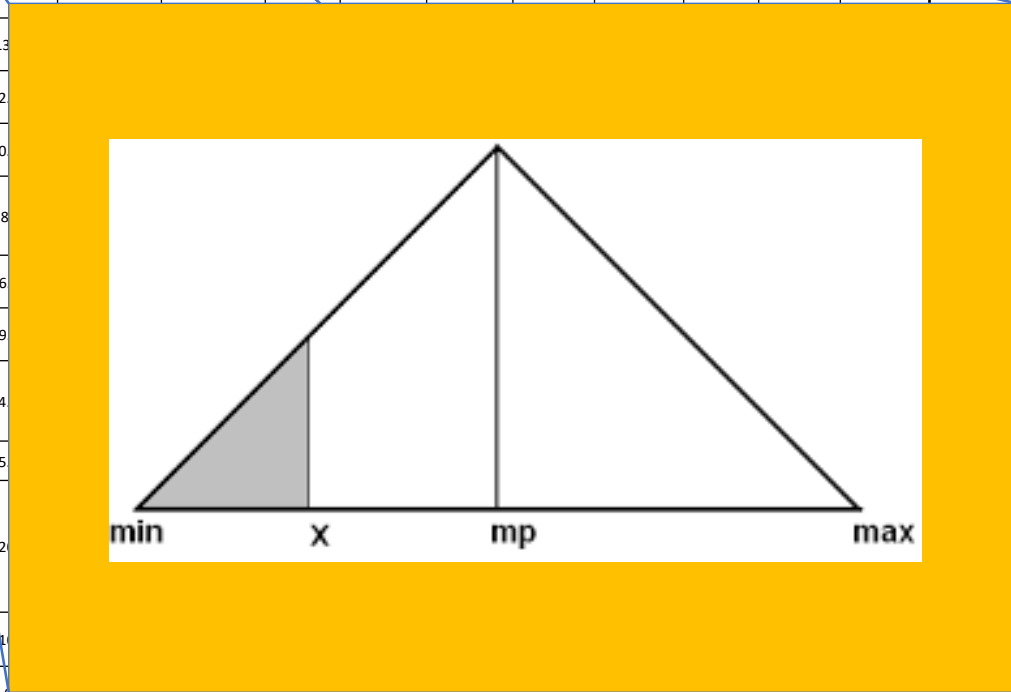
Subcritérios	Peso
Risco para trabalhadores do mar	6,25
Risco para outros usuários do mar	6,25
Risco para trabalhadores em terra	6,25
Risco para o público em terra	6,25
Impacto sobre o ambiente marinho	6,25
Impacto sobre o ambiente terrestre	6,25
Risco de disseminação de espécies invasoras	6,25
Geração de resíduos	6,25
Emissões	6,25
Risco de vazamento no ambiente marinho	6,25
Risco para o ambiente marinho a partir do legado in-situ	6,25
Impactos sociais em terra	6,25
Impactos sobre a pesca	6,25
Impactos sobre o emprego	6,25
Impacto sobre a viabilidade técnica do projeto	6,25
Custo do projeto	6,25

INCERTEZAS - MÁX, MIN E MAIS PROVÁVEL

Criteria	Sub-criteria	Unit	Option 1			Option 2			Option 3			Option 4		
			Minimum	Most likely	Maximum	Minimum	Most likely	Maximum	Minimum	Most likely	Maximum	Minimum	Most likely	Maximum
Safety	Risk to offshore personnel	Potencial loss of life (PLL)	1.28E-04	5.08E-04	9.66E-04	1.81E-04	6.82E-04	1.38E-03	1.64E-03	5.97E-03	1.70E-02	1.57E-03	5.35E-03	8.31E-03
	Risk to other users of the sea	Potencial loss of life (PLL)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.22E-04	1.69E-03	3.80E-03	6.79E-05	3.19E-04	9.57E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Risk to onshore personnel	Potencial loss of life (PLL)	2.10E-04	8.79E-04	1.62E-03	3.26E-04	1.37E-03	2.84E-03	1.02E-03	3.71E-03	9.81E-03	7.56E-04	2.73E-03	4.10E-03
	Risk to onshore public	Potencial loss of life (PLL)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.89E-04	1.65E-03	4.57E-03	6.48E-05	2.07E-04	3.51E-04
Environmental	Impacts to marine environment	Qualitative impact scores	7.5	13.7	29.2	11.5	24.2	49.3	18.0	36.5	73.2	15.3	32.7	73.2
	Impacts to onshore environment	Qualitative impact scores	1.0	2.0	5.8	1.0	2.7	7.0	2.3	4.6	9.3	2.0	4.2	9.3
	Waste	Amount of generated waste (ton)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	256.5	342.0	513.0	256.5	342.0	513.0
	GHG emissions	Amount of GHG emissions (ton of CO ₂ -eq)	10,411.2	13,881.7	20,822.5	14,055.2	18,740.2	28,110.3	20,822.5	27,763.3	41,645.0	18,219.7	24,292.9	36,439.3
	Risk of invasive species dissemination	Qualitative risk scores	4.9	6.6	10.0	4.9	6.6	10.0	5.3	7.3	10.5	5.3	7.3	10.5
	Risk of spills to marine environment	Qualitative risks score	6.0	9.0	12.0	6.0	9.0	12.0	9.0	12.0	12.0	9.0	12.0	12.0
	Risk to marine environment from insitu legacy	Qualitative risk scores	2.0	4.0	8.0	2.0	4.0	8.0	1.0	2.0	4.0	1.0	2.0	4.0
Social	Social impacts on land	Qualitative impact scores	2.9	5.3	13.8	3.3	8.0	18.0	11.4	24.7	41.5	7.7	17.5	37.5
	Impacts on fishing	Fishing grounds interference x duration of interference x number of disturbed fisherman (Km ² -years-fishermen)	220.0	720.0	2,560.0	241,600.0	1,008,000.0	3,880,960.0	5,253,500.0	26,020,800.0	144,153,600.0	3,752,500.0	20,016,000.0	120,128,000.0
	Impacts on employment	Number of employment x years	140.4	110.6	112.3	68.1	70.8	81.1	52.1	53.7	52.1	76.0	77.1	81.1
Technical	Impacts to project technical feasibility	Numerical score	8	9	16	17	23	28	21	28	35	20	27	32
Economic	Cost	Cost value (\$)	904,500	1,715,000	4,230,000	1,028,250	2,155,000	5,467,500	10,304,500	19,790,000	44,355,000	4,320,000	9,540,000	25,650,000

INCERTEZAS - MÁX, MIN E MAIS PROVÁVEL

Criteria	Sub-criteria	Unit	Option 1			Option 2			Option 3			Option 4		
			Minimum	Most likely	Maximum	Minimum	Most likely	Maximum	Minimum	Most likely	Maximum	Minimum	Most likely	Maximum
Safety	Risk to offshore personnel	Potencial loss of life (PLL)	1.28E-04	5.08E-04	9.66E-04	1.81E-04	6.82E-04	1.38E-03	1.64E-03	5.97E-03	1.70E-02	1.57E-03	5.35E-03	8.31E-03
	Risk to other users of the sea	Potencial loss of life (PLL)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.22E-04	1.69E-03	3.80E-03	6.79E-05	3.19E-04	9.57E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Risk to onshore personnel	Potencial loss of life (PLL)	2.10E-04	8.79E-04	1.62E-03	3.26E-04	1.37E-03	2.84E-03	1.02E-03	3.71E-03	9.81E-03	7.56E-04	2.73E-03	4.10E-03
	Risk to onshore public	Potencial loss of life (PLL)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.89E-04	1.65E-03	4.57E-03	6.48E-05	2.07E-04	3.51E-04
Environmental	Impacts to marine environment	Qualitative impact scores	7.5	13										
	Impacts to onshore environment	Qualitative impact scores	1.0	2										
	Waste	Amount of generated waste (ton)	0.0	0										
	GHG emissions	Amount of GHG emissions (ton of CO ₂ -eq)	10,411.2	13,8										
	Risk of invasive species dissemination	Qualitative risk scores	4.9	6										
	Risk of spills to marine environment	Qualitative risks score	6.0	9										
	Risk to marine environment from insitu legacy	Qualitative risk scores	2.0	4										
Social	Social impacts on land	Qualitative impact scores	2.9	5										
	Impacts on fishing	Fishing grounds interference x duration of interference x number of disturbed fisherman (Km ² -years-fishermen)	220.0	72										
	Impacts on employment	Number of employment x years	140.4	11										
Technical	Impacts to project technical feasibility	Numerical score	8	9	16	17	23	28	21	28	35	20	27	32
Economic	Cost	Cost value (\$)	904,500	1,715,000	4,230,000	1,028,250	2,155,000	5,467,500	10,304,500	19,790,000	44,355,000	4,320,000	9,540,000	25,650,000

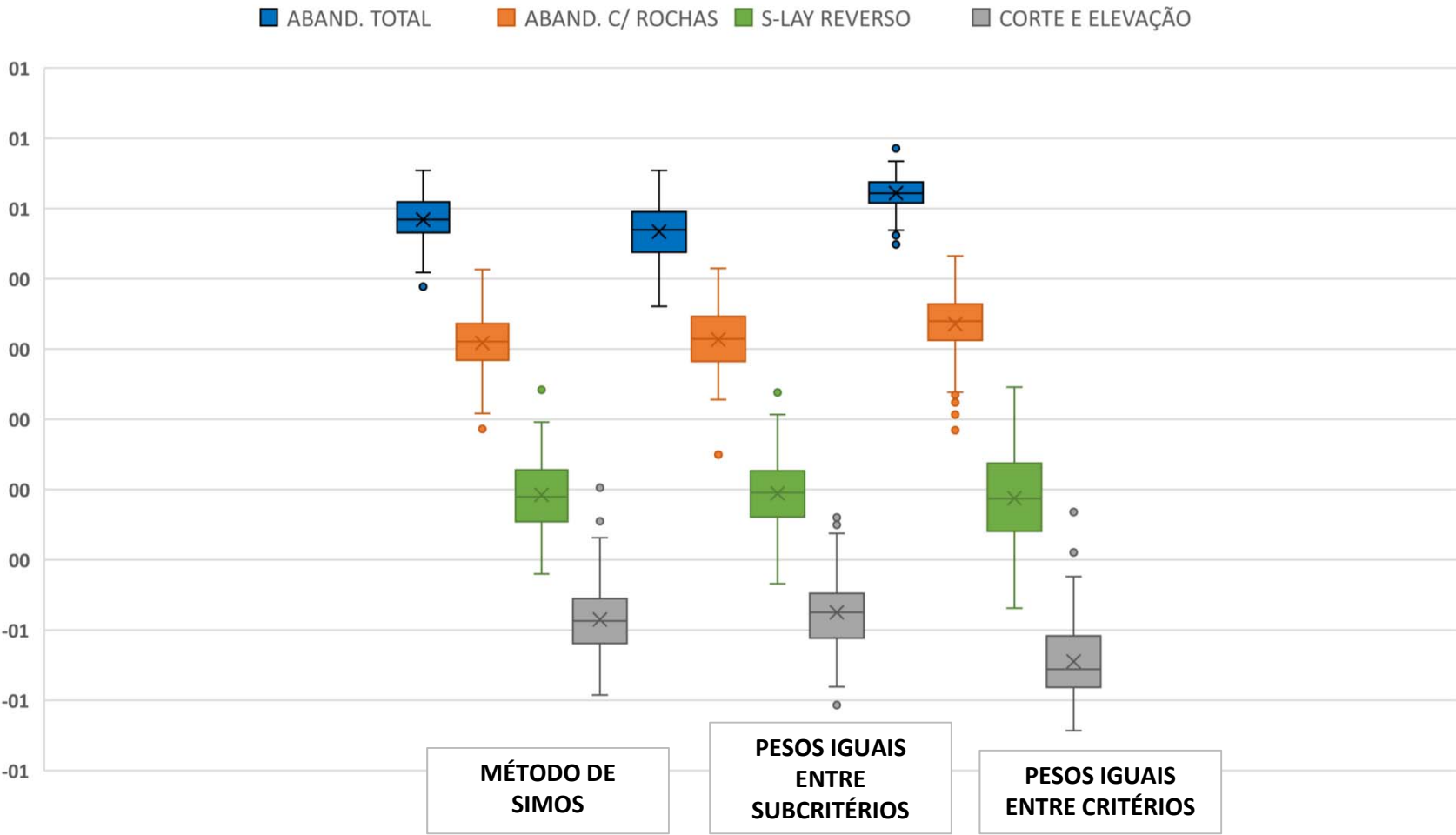


ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

- Simulação de Monte Carlo
- Torna possível levar em conta a incerteza na tomada de decisões.
- Fornece ao decisor uma gama de resultados possíveis e as probabilidades de ocorrência desses resultados.



RESULTADOS



MCDA - BENEFÍCIOS

- Suporte para encontrar soluções balanceadas e amplamente aceitas;
- Facilita a discussão multi-stakeholders e auxilia a encontrar uma linguagem comum;
- Clareia pontos de acordo e desacordo.





Quais **subcritérios**
são mais adequados
ao **Brasil**?

GESTÃO DE STAKEHOLDERS

Foram convidados stakeholders dos seguintes segmentos:

- União – **Poderes executivo, legislativo e judiciário;**
- **ONGs** ambientais e sociais, nacionais e internacionais;
- **Empresas** operadoras e prestadoras de serviço;
- **Universidades e centros de pesquisa;**
- **Representantes de classe** de trabalhadores;
- Representantes setoriais: **pesca artesanal e industrial, e turismo** costeiro marítimo.



Formulários



Pontos Críticos



Grupos

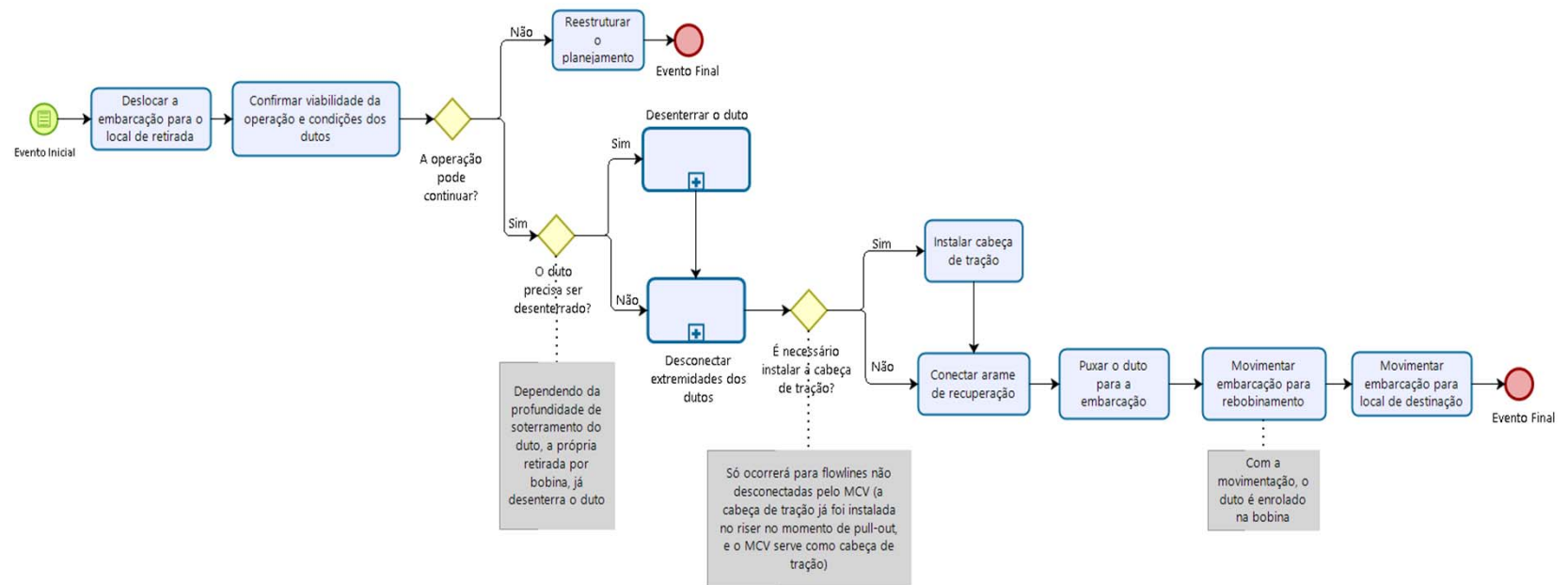


Subcritérios



DETALHAMENTO DE PROCESSOS

Foram definidos os diagramas dos processos de descomissionamento de cada equipamento e cada alternativa.



Exemplo: Remoção de Dutos Flexíveis por Bobina Reversa

NOVA PROPOSTA DE SUBCRITÉRIOS

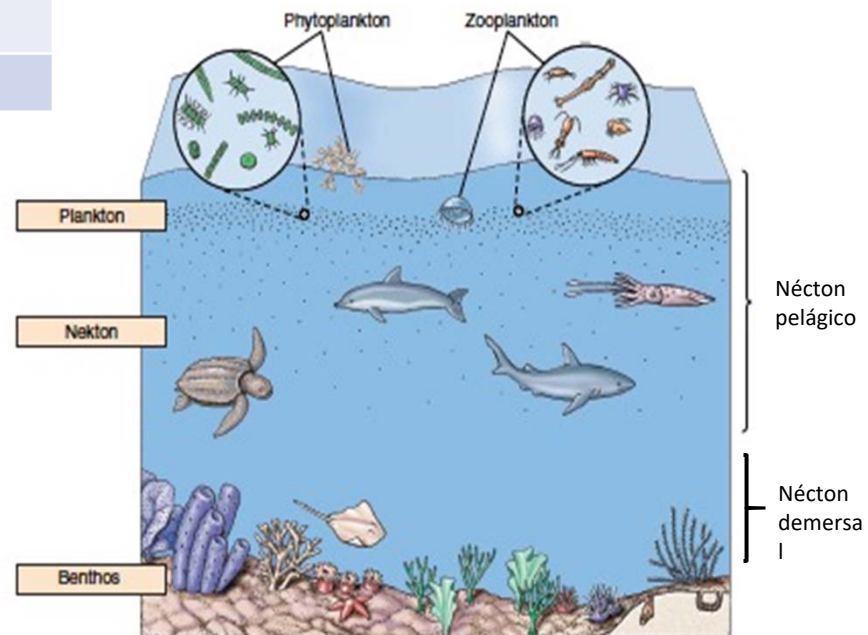
TÉCNICO	AMBIENTAL	SOCIAL	SEGURANÇA	ECONÔMICO
<ul style="list-style-type: none">•Complexidade da Operação•Risco Tecnológico	<ul style="list-style-type: none">•Bentos de substrato consolidado (BC)•Bentos de substrato não consolidado (BN)•Nécton demersal (ND)•Nécton pelágico (NP)•Plâncton (PL)•Espécies ameaçadas (EA)•Áreas legalmente protegidas (AP)	<ul style="list-style-type: none">•Restrições as Atividades Pesqueiras•Restrições as Atividades Turísticas•Empregos diretos e Indiretos•Contexto Externo	<ul style="list-style-type: none">•Materiais Tóxicos•NORM•Trabalho Sob Condições Hiperbárica•Impactos aos Usuários do Mar•Acidentes•Trabalho em Altura•Espaço Confinado	<ul style="list-style-type: none">•Custo do Descomissionamento
	+ ACV			

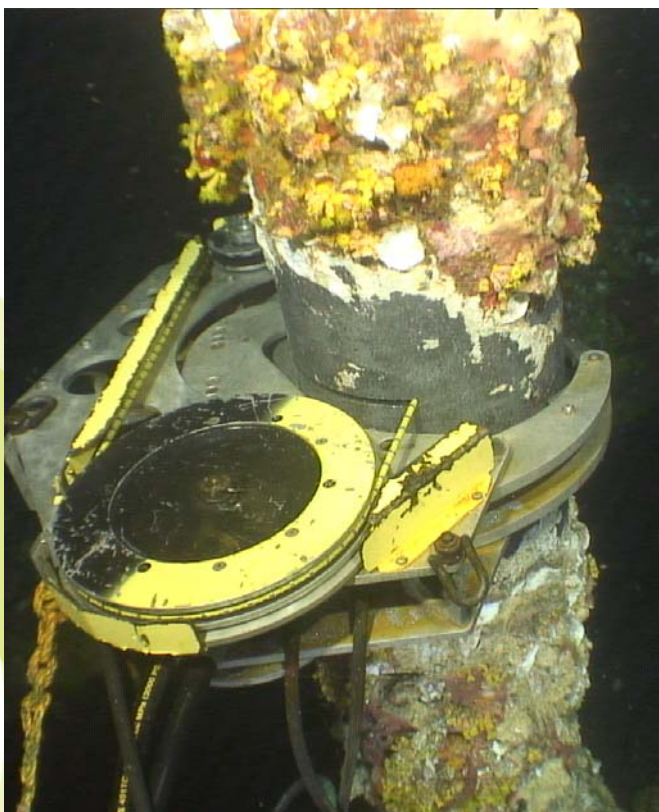
EXEMPLO: SUBCRITÉRIOS AMBIENTAIS

SUBCRITÉRIOS
Bentos de substrato consolidado (BC)
Bentos de substrato não consolidado (BN)
Nécton demersal (ND)
Nécton pelágico (NP)
Plâncton (PL)
Espécies ameaçadas (EA)
Áreas legalmente protegidas (AP)



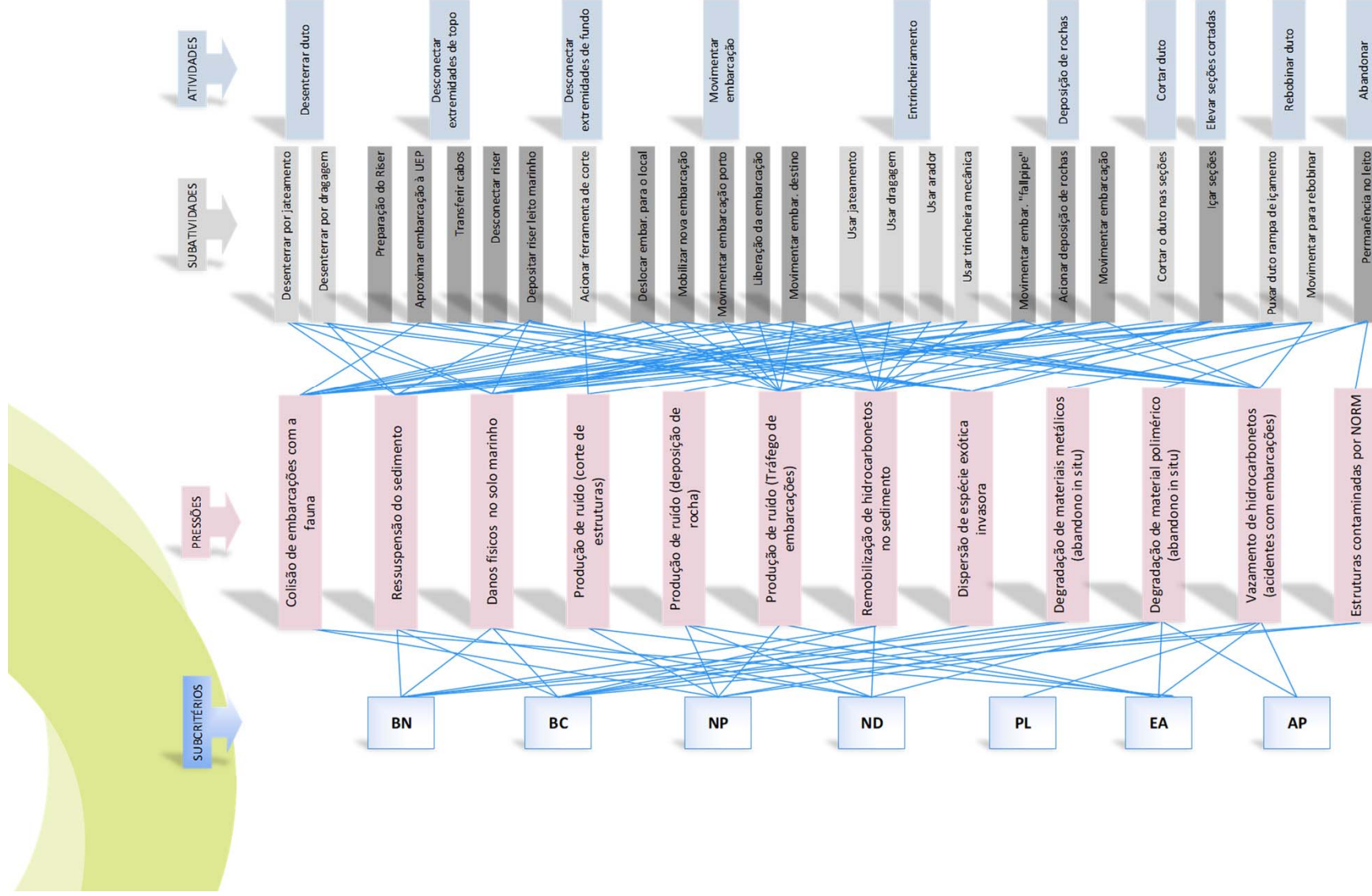
SUBCRITÉRIOS AMBIENTAIS



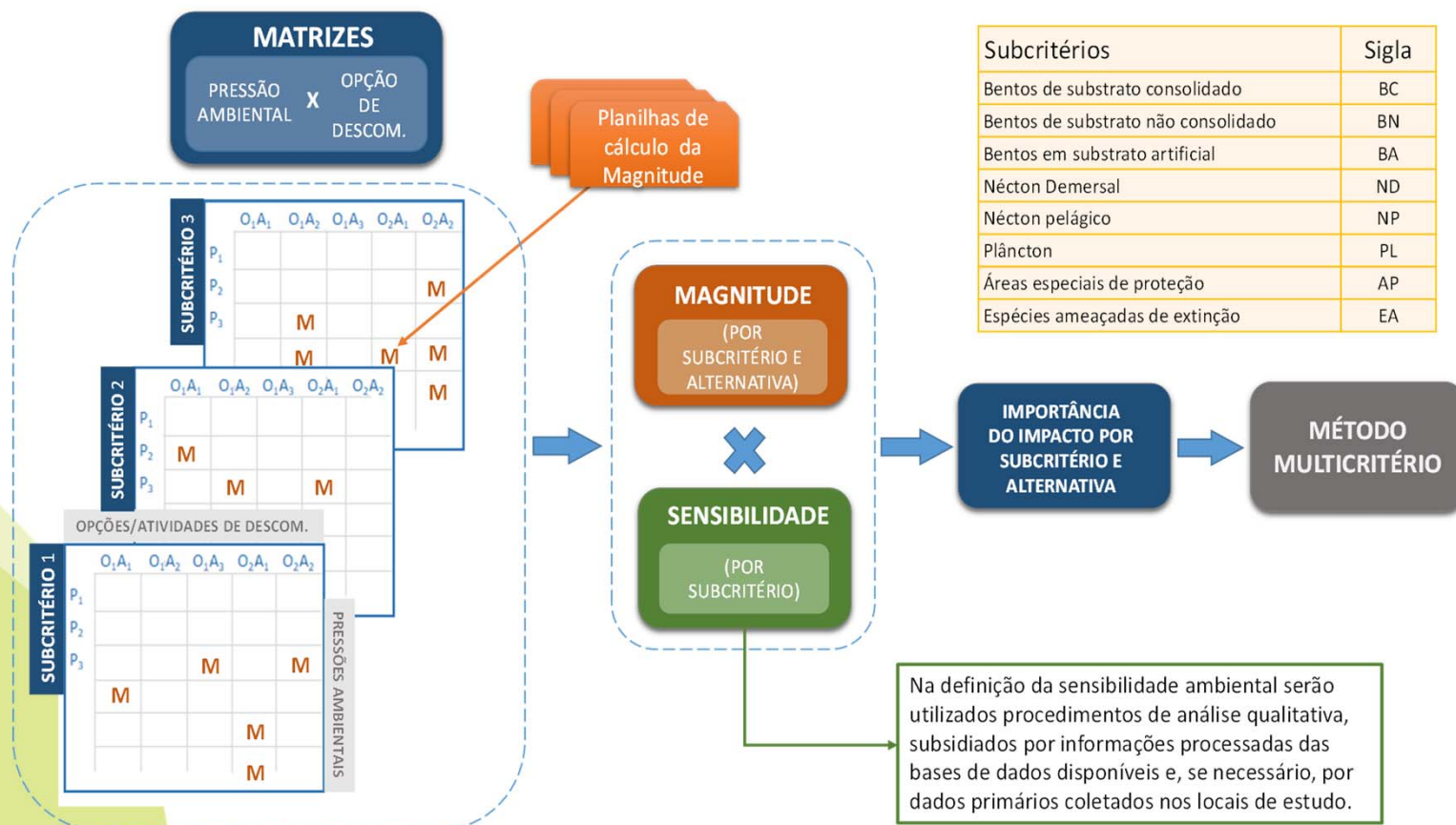


ATIVIDADES LEVAM A
PRESSÕES AMBIENTAIS

PRESSÕES DEFINEM A MAGNITUDE DOS IMPACTOS



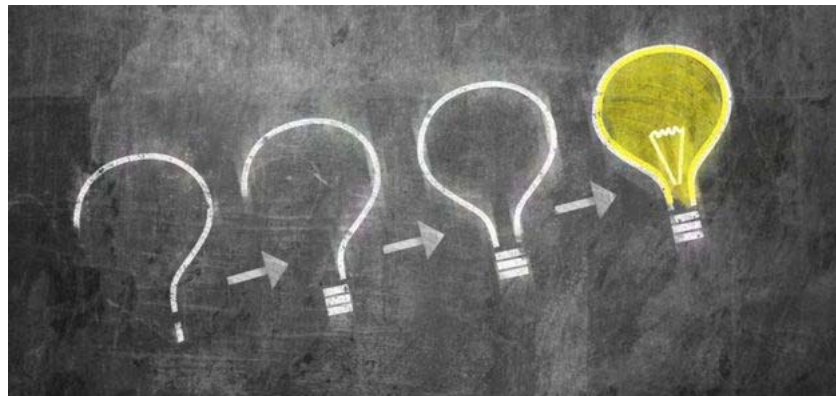
IMPORTANCIA DO IMPACTO



Subcritérios	Sigla
Bentos de substrato consolidado	BC
Bentos de substrato não consolidado	BN
Bentos em substrato artificial	BA
Nécton Demersal	ND
Nécton pelágico	NP
Plâncton	PL
Áreas especiais de proteção	AP
Espécies ameaçadas de extinção	EA

CONCLUSÕES

- **Fundamental Contribuição** dos stakeholders
- Busca pela construção de **consenso**
- **Definição** do problema transparente e explícita
- **Visualização** de pontos e força de conflito
- **Ranking** de alternativas de decisão



Marcelo Igor Lourenço de Souza
migor@lts.coppe.ufrj.br

