

## ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DO DESCOMISSIONAMENTO DO SISTEMA SUBMARINO DE UM CAMPO PETROLÍFERO

Priscilla Rangel Borges

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.

Orientadores: Ilson Paranhos Pasqualino

Marcelo Igor Lourenço de Souza

Rio de Janeiro  
Setembro de 2018

ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DO DESCOMISSIONAMENTO DO  
SISTEMA SUBMARINO DE UM CAMPO PETROLÍFERO

Priscilla Rangel Borges

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA OCEÂNICA.

Examinada por:

---

Prof. Ilson Paranhos Pasqualino, D.Sc.

---

Prof. Marcelo Igor Lourenço de Souza, D.Sc.

---

Prof. Edilson Fernandes de Arruda, D.Sc.

---

Dr. Paulo Roberto Ferreira Carneiro, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
SETEMBRO DE 2018

Borges, Priscilla Rangel

Análise Quantitativa e Qualitativa do  
Descomissionamento do Sistema Submarino de um  
Campo Petrolífero/ Priscilla Rangel Borges. – Rio de  
Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

XV, 136 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Ilson Paranhos Pasqualino

Marcelo Igor Lourenço de Souza

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/  
Programa de Engenharia Oceânica, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 92-97.

1. Descomissionamento. 2. Apoio Multicritério à  
Decisão. 3. Sistemas Submarinos. I. Pasqualino,  
Ilson Paranhos *et al.* II. Universidade Federal do Rio  
de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia  
Oceânica. III. Título.

*“Dedico este trabalho aos meus  
pais, Bianca e Antônio, pelo amor e  
educação que me ofereceram.”*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores Marcelo Igor Souza e Ilson Paranhos por terem me ensinado o valor do compromisso e da seriedade com o trabalho científico e de qualidade. Além de me apresentarem a temática do presente trabalho e me conduzir de maneira que este pudesse contribuir positivamente para a indústria.

À minha querida e amada família, em especial, aos meus pais, Bianca Cury Rangel e Antônio de Pádua Ramos Borges, por toda a orientação no caminho do bem recebida desde o berço. À Najla, avó querida, que me ensinou a viver. À minha irmã, Camilla Rangel, e ao meu cunhado, Fábio do Carmo, por sempre estarem ao meu lado me apoiando e incentivando e por ter me mostrado a dádiva da renovação da vida com o meu sobrinho e afilhado Lucca.

A todos os familiares e amigos, por terem sabido compreender as ausências. Por sempre estarem prontos para me ajudar, mas principalmente pela amizade e incentivo ao longo destes anos.

Aos professores e colegas da turma de mestrado em estruturas e engenharia submarina pela troca de experiência, amizade e relacionamento humano.

Aos colegas de trabalho que me ajudaram com experiência, ideias, sugestões e críticas imprescindíveis para a conclusão deste trabalho, especialmente ao Geraldo Rosa, Kleber Nunes, Jorge Ricardo e William Pereira.

Ao Jacques Saliés, por me liberar e me impulsionar para ingressar no mestrado e pelo apoio durante todos estes anos. Seu incentivo foi fundamental na minha jornada.

À Queiroz Galvão Exploração e Produção S.A. por me incentivar e apoiar em meu desenvolvimento profissional.

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

## ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DO DESCOMISSIONAMENTO DO SISTEMA SUBMARINO DE UM CAMPO PETROLÍFERO

Priscilla Rangel Borges

Setembro/2018

Orientadores: Ilson Paranhos Pasqualino

Marcelo Igor Lourenço de Souza

Programa: Engenharia Oceânica

Um campo de petróleo após sua vida produtiva atinge uma fase denominada abandono ou descomissionamento. No que diz respeito a equipamentos submarinos de produção, isto ocorre quando a atividade se apresenta desvantajosa e/ou seu tempo de vida útil chega ao limite, sendo efetuado o encerramento das atividades, limpeza e remoção dos mesmos e recuperação ambiental da região explorada. Esta atividade compreende operações de alto custo e elevado potencial de ocorrência de impactos ambientais. O descomissionamento é uma atividade multidisciplinar, pois devem ser considerados critérios ambientais, sociais, técnicos, econômicos e de segurança em seu planejamento, tornando importante a abordagem de métodos que busquem uma relação de equilíbrio entre esses aspectos. Portanto, como auxílio nas tomadas de decisões devem ser utilizadas ferramentas de análise multicritério. Neste trabalho, foram utilizadas tais ferramentas para avaliar as melhores formas de descomissionamento de equipamentos submarinos de um campo de petróleo em lâmina de água ultra profunda. O trabalho explicitou diferentes abordagens e fez uma comparação entre elas, no intuito de avaliar qual método atenderia com mais eficiência às necessidades do tomador de decisão.

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

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF THE  
DECOMMISSIONING OF THE SUBSEA SYSTEM OF A PETROLEUM FIELD

Priscilla Rangel Borges

September/2018

Advisors: Ilson Paranhos Pasqualino

Marcelo Igor Lourenço de Souza

Department: Oceanic Engineering

An oil field after its productive life has ended, reaches a phase called abandonment or decommissioning. With regard to subsea production equipment, this occurs when the activity is disadvantageous and / or its life cycle reaches the limit, and then production is finalized to accomplish with cleaning, equipment removal and environmental recovery of the explored region. This activity comprises operations of high cost and high potential of occurrence of environmental impacts. Decommissioning is a multidisciplinary activity, since environmental, social, technical, economic and safety criteria should be considered in its planning, making it important to approach methods that seek a balance between these aspects. Therefore, multicriteria analysis tools should be used as an aid to decision making. In this work, such tools were used to evaluate the best forms of decommissioning of subsea equipment in an ultra deepwater oil field. The work explicated different approaches and made a comparison between them, in order to evaluate which method would more effectively meet the needs of the decision maker.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Proposição.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Objetivos do Trabalho.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Organização do Texto.....</b>	<b>3</b>
<b>2. DESCOMISSIONAMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Âmbito Internacional .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Âmbito Nacional .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Infraestrutura no Mar .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Instalações e Possibilidades.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.1 Descomissionamento de Poços.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.2 Descomissionamento de Sistemas Submarinos .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.3 Descomissionamento de Dutos Submarinos.....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Regulamentação do Descomissionamento no Brasil.....</b>	<b>17</b>
<b>2.6 Normas e Convenções internacionais.....</b>	<b>17</b>
<b>3. APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (AMD).....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Métodos da Escola Americana.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Métodos da Escola Francesa .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Método AHP .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.1 Conceito Básico e Histórico .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2 Estrutura do AHP.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.3 Análise de Sensibilidade.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Método ELECTRE .....</b>	<b>25</b>
<b>3.5 Método PROMETHEE .....</b>	<b>28</b>
<b>3.6 Vantagens e Desvantagens dos Métodos.....</b>	<b>29</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Descrição do campo em estudo .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.1 Campo em estudo .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Utilização do AMD no campo em estudo para o descomissionamento .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 Utilização do Método Multicritério AHP .....</b>	<b>33</b>
<b>4.3.1 Modelagem do Problema .....</b>	<b>33</b>
<b>4.3.2 Execução .....</b>	<b>34</b>



4.3.2.1	Escolha dos especialistas e das avaliações .....	34
4.3.2.2	Obtenção dos pesos dos critérios .....	37
4.3.2.3	Obtenção dos pesos das alternativas .....	37
4.4	Utilização do Método Multicritério PROMETHEE .....	44
4.4.1	Modelagem do Problema .....	44
4.4.2	Execução .....	45
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	47
5.1	Resultados Obtidos para a metodologia AHP .....	47
5.1.1	Descomissionamento da ANM-H .....	47
5.1.2	Descomissionamento da ALS.....	51
5.1.3	Descomissionamento das Linhas de Serviço .....	54
5.1.4	Descomissionamento das Linhas de Produção.....	58
5.1.5	Descomissionamento dos <i>Jumpers</i> .....	62
5.1.6	Descomissionamento dos Umbilicais.....	65
5.2	Resultados Obtidos para a metodologia PROMETHEE .....	69
5.3	Comparação e Discussões dos Resultados .....	81
6.	CONCLUSÕES .....	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92
	APÊNDICE A .....	98
	APÊNDICE B.....	101
	APÊNDICE C .....	126

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fases de fluxo de caixa básico de um projeto de petróleo.....	4
<b>Figura 2</b> - Separação dos custos de descomissionamento por etapa: caso da Califórnia. 9	
<b>Figura 3</b> - Opção 2: Deixar presa à plataforma; aterrar a extremidade. ....	14
<b>Figura 4</b> - Opção 3: Deixar presa à plataforma; cobrir com rochas a extremidade.....	14
<b>Figura 5</b> - Opção 4: Desconectar da plataforma e da estrutura submarina e aterrar todo o comprimento da linha. ....	15
<b>Figura 6</b> - Opção 5: Desconectar da plataforma e estrutura submarina e cobrir com rochas todo o comprimento.....	15
<b>Figura 7</b> - Opção 6: Remover toda a linha por corte e elevação. ....	16
<b>Figura 8</b> - Opção 7: Remover toda a linha por <i>S-lay</i> reverso. ....	16
<b>Figura 9</b> - Exemplo de hierarquia de critérios / objetivos. ....	22
<b>Figura 10</b> - Esquema do sistema de coleta do campo com poços satélites. ....	32
<b>Figura 11</b> - Modelo hierárquico de estruturação do problema de descomissionamento do sistema submarino. ....	33
<b>Figura 12</b> - Matriz de risco. ....	40
<b>Figura 13</b> - Entradas do programa Visual Promethee. ....	45
<b>Figura 14</b> - Funções de preferência do <i>Visual Promethee</i> . ....	46
<b>Figura 15</b> - Modelo do descomissionamento da ANM-H. ....	47
<b>Figura 16</b> - Matriz decisão para o descomissionamento da ANM-H. ....	49
<b>Figura 17</b> - Modelo do descomissionamento da ALS. ....	51
<b>Figura 18</b> - Matriz decisão para o descomissionamento da ALS. ....	53
<b>Figura 19</b> - Modelo do descomissionamento da linha de serviço. ....	55
<b>Figura 20</b> - Matriz decisão para o descomissionamento da linha de serviço do poço-1. ....	56
<b>Figura 21</b> - Matriz decisão para o descomissionamento da linha de serviço do poço-2. ....	56
<b>Figura 22</b> - Matriz decisão para o descomissionamento da linha de serviço do poço-3. ....	57
<b>Figura 23</b> - Modelo do descomissionamento da linha de produção. ....	58
<b>Figura 24</b> - Matriz decisão para o descomissionamento das linhas de produção dos poços -1 e 3. ....	60
<b>Figura 25</b> - Matriz decisão para o descomissionamento da linha de produção do poço-2. ....	60
<b>Figura 26</b> - Modelo do descomissionamento dos <i>Jumpers</i> . ....	62
<b>Figura 27</b> - Matriz decisão para o descomissionamento dos jumpers. ....	64
<b>Figura 28</b> - Modelo do descomissionamento dos umbilicais. ....	65
<b>Figura 29</b> - Matriz decisão para o descomissionamento do umbilical do poço-1. ....	67
<b>Figura 30</b> - Matriz decisão para o descomissionamento do umbilical do poço-2. ....	67
<b>Figura 31</b> - Matriz decisão para o descomissionamento do umbilical do poço-3. ....	68
<b>Figura 32</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da ANM-H. ....	70

<b>Figura 33</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da ALS. ....	71
<b>Figura 34</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 1. ....	72
<b>Figura 35</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 2. ....	73
<b>Figura 36</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 3. ....	74
<b>Figura 37</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento das linhas de produção dos poços – 1 e 3. ....	75
<b>Figura 38</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da linha de produção do poço – 2. ....	76
<b>Figura 39</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento do <i>jumper</i> . ....	77
<b>Figura 40</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento do umbilical do poço – 1. ....	78
<b>Figura 41</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento do umbilical do poço – 2. ....	79
<b>Figura 42</b> - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento do umbilical do poço – 3. ....	80

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Comparação entre as normativas sobre o descomissionamento.....	19
<b>Tabela 2</b> - Escala fundamental de Saaty. ....	23
<b>Tabela 3</b> - Matriz comparativa (critério 1 domina o critério 2). ....	24
<b>Tabela 4</b> - Índice aleatório. ....	24
<b>Tabela 5</b> - Versões dos métodos da família ELECTRE. ....	27
<b>Tabela 6</b> - Vantagens e desvantagens do AHP. ....	30
<b>Tabela 7</b> - Critérios e os subcritérios estudados. ....	36
<b>Tabela 8</b> - Pesos dos critérios e subcritérios. ....	39
<b>Tabela 9</b> - Peso dos equipamentos do campo em estudo.....	41
<b>Tabela 10</b> - Tempo de retirada dos equipamentos, energia consumida e emissão de gases. .....	42
<b>Tabela 11</b> - Metodologia utilizada pela Shell para ponderar os pesos para o critério técnico.....	43
<b>Tabela 12</b> - Emprego barcos. ....	44
<b>Tabela 13</b> - Definição de pesos para grupos de critérios em diferentes cenários. ....	50
<b>Tabela 14</b> - Comprimentos das linhas de serviço dos poços. ....	54
<b>Tabela 15</b> - Comprimentos das linhas de produção dos poços. ....	58
<b>Tabela 16</b> - Comprimentos dos umbilicais dos poços. ....	65
<b>Tabela 17</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento ANM-H pelo método <i>Promethee</i> linear.....	70
<b>Tabela 18</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento ALS pelo método <i>Promethee</i> linear.....	71
<b>Tabela 19</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de serviço do poço - 1 pelo método <i>Promethee</i> linear.....	72
<b>Tabela 20</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de serviço do poço - 2 pelo método <i>Promethee</i> linear.....	73
<b>Tabela 21</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de serviço do poço - 3 pelo método <i>Promethee</i> linear.....	74
<b>Tabela 22</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de produção dos poços – 1 e 3 pelo método <i>Promethee</i> linear. ....	75
<b>Tabela 23</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de produção do poço – 2 pelo método <i>Promethee</i> linear. ....	76
<b>Tabela 24</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento do <i>jumper</i> pelo método <i>Promethee</i> linear.....	77
<b>Tabela 25</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento do umbilical do poço - 1 pelo método <i>Promethee</i> linear.....	78
<b>Tabela 26</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento do umbilical do poço - 2 pelo método <i>Promethee</i> linear.....	79
<b>Tabela 27</b> - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento do umbilical do poço - 3 pelo método <i>Promethee</i> linear.....	80

<b>Tabela 28</b> - Comparação dos métodos AHP e <i>Promethee</i> para os equipamentos ANM-H e ALS.....	81
<b>Tabela 29</b> - Comparação dos métodos AHP e <i>Promethee</i> para as linhas de serviço dos poços – 1, 2 e 3.....	82
<b>Tabela 30</b> - Comparação dos métodos AHP e <i>Promethee</i> para as linhas de produção dos poços – 1, 2 e 3 e <i>jumper</i> . ....	82
<b>Tabela 31</b> - Comparação dos métodos AHP e <i>Promethee</i> para os umbilicais dos poços – 1, 2 e 3. ....	83
<b>Tabela 32</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento da ANM-H. ....	84
<b>Tabela 33</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento da ALS. ....	84
<b>Tabela 34</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 1. ....	85
<b>Tabela 35</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 2. ....	85
<b>Tabela 36</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 3. ....	86
<b>Tabela 37</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento da linha de produção dos poços – 1 e 3.....	86
<b>Tabela 38</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento da linha de produção dos poços – 2.....	87
<b>Tabela 39</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento do <i>jumper</i> . ....	87
<b>Tabela 40</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento do umbilical do poço – 1. ....	88
<b>Tabela 41</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento do umbilical do poço – 2. ....	88
<b>Tabela 42</b> - Comparação entre métodos <i>Promethee</i> para o descomissionamento do umbilical do poço – 3. ....	89

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS.

**AHP** – *Analytic Hierarchy Process*;

**ALS** – *Artificial Lift System*;

**ANM-H** - Árvore de Natal Molhada Horizontal;

**ANP** – Agência Nacional do Petróleo;

**AMD** – Apoio Multicritério à Decisão;

**BCS** – Bomba Centrífuga Submersa;

**BCSS** – Bomba Centrífuga Submersa Submarina;

**BEIS** – *Department for Business, Energy & Industrial Strategy*;

**BF** – Base de Fluxo;

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente;

**EEZ** – *Exclusive Economic Zone*;

**EIA** – *Environmental Impact Assessment*;

**ELECTRE** – *Elimination et Choix Traduisant la Réalité*;

**E&P** – Exploração & Produção;

**FPSO** – *Floating, Production, Storage and Offloading*;

**FPU** – *Floating Production Unit*;

**FSO** – *Floating, Storage and Offloading*;

**GAIA** – *Geometrical Analysis for Interactive Assistance*;

**IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;

**IBP** – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis;

**IC** – Índice de Consistência;

**IMO** – *International Maritime Organization's*;

**IOGP** - *International of Oil & Gas Producers*;

**IR** – Índice Randômico;

**LDA** – Lâmina d'água;

**MAUT** – *Multi-Attribute Utility Theory*;

**MCDA** – *Multicriteria Decision Aid*;

**MCV** – Módulo de Conexão Vertical;

**MOBO** – Modulo de Bombeio;

**OGA** – *Oil and Gas Authority*;

**OSPAR** – *Oslo Paris Convention*;

**PD** – Projeto de Desenvolvimento;

**PROMETHEE** – *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*;

**RC** – Razão de Consistência;

**RIMA** – Relatório de Impacto Ambiental;

**ROV** - *Remotely Operated Vehicle*;

**RP** – Remoção Parcial;

**SPA** – Sistema de Produção Antecipada;

**SS** – Semissubmersível;

**TEC** – Coeficiente de Troca Térmica;

**TLWP** – *Tension Wellhead Leg Platform*;

**UEP** – Unidade Estacionaria de Produção;

**UNCLOS** – *United Nations Convention on the Law of the Sea*;

**UTA** – *Umbilical Termination Assembly*.

# 1. INTRODUÇÃO

O grande auge da indústria de exploração e produção (E&P) de petróleo no mar ocorreu após os choques dos preços da década de 1970 e 1980. Essa indústria iniciou seu desenvolvimento em águas rasas, principalmente no Golfo do México, e com o progresso tecnológico avançou para águas profundas e ultra profundas, a partir da década de 1980 (RUIVO, 2001).

Atualmente, o grande desafio da indústria está no descomissionamento de projetos de maior complexidade, que são os localizados em águas profundas. Neste caso, o gasto com o processo de descomissionamento pode facilmente atingir centenas de milhões de dólares. Ademais, os custos desse processo não são facilmente estimáveis, em função de uma regulação ainda não amadurecida e estável.

O desafio regulatório é agravado pelo fato da atividade de descomissionamento de projetos de maior complexidade ainda ser incipiente. O conhecimento técnico sobre o assunto é incipiente e as discussões são geralmente embasadas por análises realizadas para projetos em águas rasas, cuja complexidade técnica é inferior. Em particular, a experiência internacional e o conhecimento técnico sobre melhores práticas de descomissionamento de sistema submarinos, como os utilizados no Brasil, ainda são escassos. Por esta razão, a regulação sobre o descomissionamento de projetos de maior complexidade ainda está em evolução.

Outra direção importante para aprimoramentos da regulação e prática de descomissionamento, é a adoção de uma metodologia de avaliação de opções que permita uma análise abrangente dos impactos de cada alternativa de descomissionamento. A avaliação dos impactos ambientais deve ser integrada, considerar os diversos ambientes afetados, bem como os resultados de todo o processo de descomissionamento (retirada dos equipamentos, lavagem, picotamento, transporte até o destino final para reciclagem), inclusive os efeitos sobre emissões de gases de efeito estufa de cada opção, além do consumo de água, de forma a determinar o impacto ambiental líquido. Existem metodologias de análise multicritério à decisão (AMD) consolidadas que podem ser adotadas para este fim.

Estas análises de multicritério são de fato parte integrante da vida cotidiana, mas também são uma atividade complexa e, por vezes, controversa, que nos leva a escolher



não somente alternativas, mas também abordagens, valores e pontuações diferentes para os critérios, dentro de um universo com fatores múltiplos, direta ou indiretamente relacionados.

Embora as metodologias de análise de problemas para tomada de decisão tenham evoluído muito nos últimos anos, sua utilização ainda é muito pequena nas empresas de óleo e gás, sendo que os relatos encontrados são de uso governamental, acadêmico ou em grandes empresas.

Em suma, o processo de descomissionamento da atividade petrolífera é uma fase em que há possibilidade de ocorrência de impactos, que representa altos custos, que apresenta baixo ou nenhum lucro e, ainda, padece de regulamentação legal no país. Logo, a discussão acerca dessas questões é muito importante.

## **1.1 Proposição**

Este trabalho procura apresentar soluções técnicas viáveis e aceitáveis no âmbito legal no Brasil para o desmantelamento, reutilização ou abandono das estruturas de alguns tipos de sistemas submarinos, com base em técnicas já estudadas e outras já utilizadas em outros países. Isto envolverá a utilização de metodologias científicas de apoio à decisão multicritério, sistematizando o processo e ajudando na escolha da alternativa de descomissionamento.

## **1.2 Objetivos do Trabalho**

O objetivo geral deste trabalho consiste em desenvolver e realizar uma avaliação comparativa entre dois tipos de análise multicritério de decisão (AMD) chamadas de *Analytic Hierarchy Process* – Método da Análise Hierárquica (AHP) e *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) para hierarquizar projetos de descomissionamento de sistemas submarinos de um campo marítimo no Brasil.

Entre os objetivos específicos estão:

- Realizar a revisão bibliográfica de conceitos e regulamentações aplicadas ao descomissionamento;

- Efetuar o levantamento bibliográfico quanto ao descomissionamento no âmbito internacional e nacional;
- Através de um estudo de caso, realizar análises multicritério para o descomissionamento do sistema submarino, levantando os pesos para cada critério. A partir disto, tomar uma decisão quanto à melhor forma de descomissionar tais equipamentos.

### **1.3 Organização do Texto**

O trabalho está organizado em seis capítulos, sendo que os de número dois e três apresentam a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento da análise multicritério para o descomissionamento do sistema submarino do campo em estudo.

O segundo capítulo discorre sobre o descomissionamento de forma completa: seu significado, como ocorre o descomissionamento no âmbito internacional e nacional; equipamentos submarinos utilizados em sistemas de produção marítimo; tipos de descomissionamentos para os equipamentos submarinos, levando em consideração as melhores práticas da indústria. Também relata como a legislação brasileira trata este tema.

O Capítulo 3 apresenta os métodos de apoio multicritério à decisão: o que são, definições e conceitos específicos para a construção de um modelo de decisão multicritério, principais métodos, vantagens e desvantagens dos métodos principais (AHP, ELECTRE e PROMETHEE).

O Capítulo 4 descreve a metodologia do trabalho. Mostra o campo em que será realizado o descomissionamento dos equipamentos submarinos, além de mostrar as entradas de dados necessárias para realizar as análises multicritério, utilizando os métodos AHP e PROMETHEE.

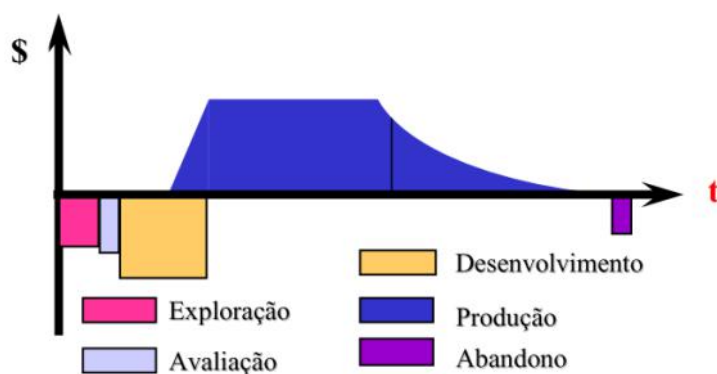
O Capítulo 5 tem o propósito de descrever os modelos propostos, além de realizar a aplicação numérica destes. São mostrados os resultados e discussões das aplicações dos modelos, tendo como resultado uma alternativa de descomissionamento dos equipamentos submarinos do campo em questão. No Capítulo 6 expõem-se as considerações finais, bem como as principais conclusões.

## 2. DESCOMISSIONAMENTO

O descomissionamento integra a fase de abandono ou desativação da atividade petrolífera, considerada crítica, porque é um momento em que a empresa exploradora não está mais auferindo lucros com aquele(s) poço(s), o que faz com que o local a ser descomissionado se torne vulnerável, aumentando as chances de se produzirem danos ambientais.

Segundo RUIVO (2001), o descomissionamento é o processo que ocorre no final da vida útil das instalações de exploração e produção de petróleo e gás. Refere-se ao desmantelamento e, na maioria dos casos, à remoção de equipamentos. Pode ser descrito como uma maneira de encerrar a operação de produção, no final da vida produtiva do campo. É essencialmente multidisciplinar, pois requer um método detalhado e ponderado com diversas áreas da engenharia ambiental, financeira, política e de bem-estar e segurança.

Esquemáticamente, o fluxo de caixa de um projeto de petróleo pode ser representado pela **Figura 1**. Assim, o processo de extração de petróleo apresenta cinco fases, sendo a exploração, a avaliação, o desenvolvimento, a produção e por último, o abandono (PEREIRA, 2004). Pode-se verificar na figura que o eixo vertical acima da origem representa a entrada de receita (fase de produção), enquanto que abaixo da origem estão os custos de investimentos (demais fases).



**Figura 1** - Fases de fluxo de caixa básico de um projeto de petróleo.

**Fonte:** Pereira, 2004.

Quando as atividades de produção de petróleo ocorrem em terra, os custos de remoção das infraestruturas de produção e transporte são menores se comparados aos das

estruturas marítimas. Conforme a atividade de produção foi se deslocando para áreas marítimas, os custos de descomissionamento começaram a ser um importante fator de incerteza e de viabilidade econômica dos projetos de E&P.

Segundo a IHS MARKIT (2016), a atividade de descomissionamento consiste em descontinuar as operações de produção de um projeto específico ou de uma área em bases permanentes e, dependendo do caso, transferir, remover ou dispor toda e qualquer estrutura de produção, movimentação e escoamento conectada a essas operações. Os ativos descomissionados são plataformas, sistemas flutuantes de produção, equipamentos submarinos e dutos.

O aumento dos projetos descomissionados fez com que os custos de desmobilização aumentassem significativamente nos últimos anos. Em 2015, os gastos com descomissionamento no mundo totalizaram US\$ 2,4 bilhões. Em 2040, estima-se que estes custos devam subir para US\$ 13 bilhões por ano, um aumento de 540% em relação a 2015 (IHS MARKIT, 2016).

O aumento dos gastos com o descomissionamento deve-se não somente ao aumento do número de projetos, mas também à maior complexidade das estruturas descomissionadas. Enquanto os projetos descomissionados aumentam em número e complexidade, cresce também o rigor do arcabouço regulatório. Os fatos acima mencionados, em conjunto com a fragmentação da cadeia de fornecedores do serviço de descomissionamento, traz um componente de incerteza para os operadores. Nesse contexto, o que se pode aferir é que a indústria de descomissionamento vem passando por profundas transformações, exigindo um esforço de análise e reflexão dos setores envolvidos.

## **2.1 Âmbito Internacional**

No âmbito internacional, as atividades de descomissionamento recebem grande destaque nas duas principais regiões de produção e exploração de petróleo localizadas no Golfo do México e no Mar do Norte.

Na região do Golfo do México, as atividades de descomissionamento já existem desde 1973, e vêm crescendo fortemente nos últimos anos. Na década passada, aproximadamente 130 plataformas foram descomissionadas por ano, quase a mesma quantidade de unidades instaladas. Os custos totais com as atividades de descomissionamento são estimados em US\$ 4,5 Bilhões (MANAGO & WILLIAMSON,

1997). A profundidade em que se localizam as estruturas no mar estão abaixo dos 450 metros de lâmina d'água (LDA) para plataformas fixas e abaixo dos 900 metros para torres complacentes (MMS, 2001). Uma das plataformas localizadas em região mais profunda está a 200 km de distância da costa com profundidade de 535 metros de LDA.

As estruturas localizadas em águas profundas possuem grandes desafios tecnológicos e políticos. A legislação atual dos Estados Unidos exige das operadoras a remoção completa e a limpeza total do local de operação dentro de um período de até um ano após o término de sua atividade (MMS, 2001). No entanto, as operadoras afirmam que a tecnologia não avançou o suficiente para tornar a remoção completa uma estratégia economicamente viável quando comparada com outras opções, como por exemplo, a remoção parcial. Das experiências mais recentes de descomissionamento, a estrutura desativada em águas mais profundas estava em região com 137 metros de LDA (MMS, 2001).

Em outros termos, o estabelecimento de qualquer metodologia para a avaliação das alternativas de descomissionamento deve levar em consideração múltiplos critérios de avaliação. A proteção ambiental, a segurança operacional, a viabilidade técnica e econômica, a segurança da navegação e os interesses da sociedade são critérios que devem ser considerados pelos órgãos de regulação na definição da melhor alternativa de descomissionamento a ser exigida das empresas operadoras.

A utilização de metodologias multicritério (*Decommissioning Comparative Assessment*) permite que a avaliação das opções existentes se ajuste a diferentes contextos (e.g., ambiental, legal, social, etc.), uma vez que os pesos de cada critério e os próprios critérios podem ser facilmente ajustados às diferentes realidades nacionais.

A definição da metodologia de análise dos impactos ambientais e os demais atributos regulatórios associados à atividade de descomissionamento são estabelecidos a nível nacional, embora exista uma série de acordos internacionais que definem as melhores práticas a serem seguidas por cada nação.

O *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS III), de 1982, em conjunto com o *International Maritime Organization's* (IMO), adotado a partir de 1989, direcionam as boas práticas a serem adotadas pelos países. Esses guias de boas práticas são um importante orientador para as empresas operadoras, principalmente em países onde não há legislação específica de descomissionamento.

No plano regional, apenas a Convenção *Oslo-Paris* (OSPAR) (região nordeste do Atlântico), a Convenção de Barcelona (região mediterrânea), a Convenção do Kuwait

(Oriente Médio) e a Convenção de Nouméa (Pacífico) contêm regras de descomissionamento específicas. Em todos os outros casos, as convenções e protocolos dos mares regionais apenas definem compromissos gerais relacionados com a proteção do meio ambiente e outros usos dos mares.

O Reino Unido é um dos países onde o arcabouço regulatório da atividade de descomissionamento mais tem evoluído nos últimos anos. Isso se deve, como visto anteriormente, ao aumento da atividade de descomissionamento no Mar do Norte, inclusive de projetos de maior tamanho e complexidade tecnológica. Sua estrutura regulatória tem como base diversos acordos internacionais. O Reino Unido é signatário do UNCLOS III, é membro do IMO desde 1949, além de ter ratificado o protocolo e a convenção de Londres.

A estrutura regulatória da atividade de descomissionamento no Reino Unido é definida a partir da Lei do Petróleo de 1998, emendada pelo *Energy Act* de 2016. São dois os órgãos responsáveis pela regulação no país: a Autoridade de Óleo e Gás (OGA – *Oil and Gas Authority*), responsável por garantir que a atividade de descomissionamento seja executada de forma sustentável em termos operacionais, ambientais e econômicos, e o Departamento de Negócios, Energia e Estratégia Industrial (BEIS – *Department for Business, Energy & Industrial Strategy*), órgão responsável pela regulação efetiva da atividade de descomissionamento, segundo a Lei do Petróleo de 1998.

No Reino Unido, toda a atividade de descomissionamento deve ser precedida por um programa detalhado, apresentado e discutido com os diferentes *stakeholders* impactados pela atividade. Uma vez que a discussão sobre o programa de descomissionamento esteja suficientemente madura, uma proposta é apresentada ao BEIS para sua aprovação.

Na maioria dos casos, exige-se a remoção total das plataformas para reuso, reciclagem ou descarte monitorado em terra. A partir de 2011, passou-se a exigir que o programa de descomissionamento venha acompanhado pelo estudo detalhado do impacto ambiental (*Environmental Impact Assessment* – EIA) (IOGP, 2017).

No caso do descomissionamento de dutos submarinos, não há uma regra específica. As questões técnicas, de segurança, ambientais e sociais são levadas em consideração na escolha da forma de descomissionamento dos dutos e das infraestruturas a eles associadas.

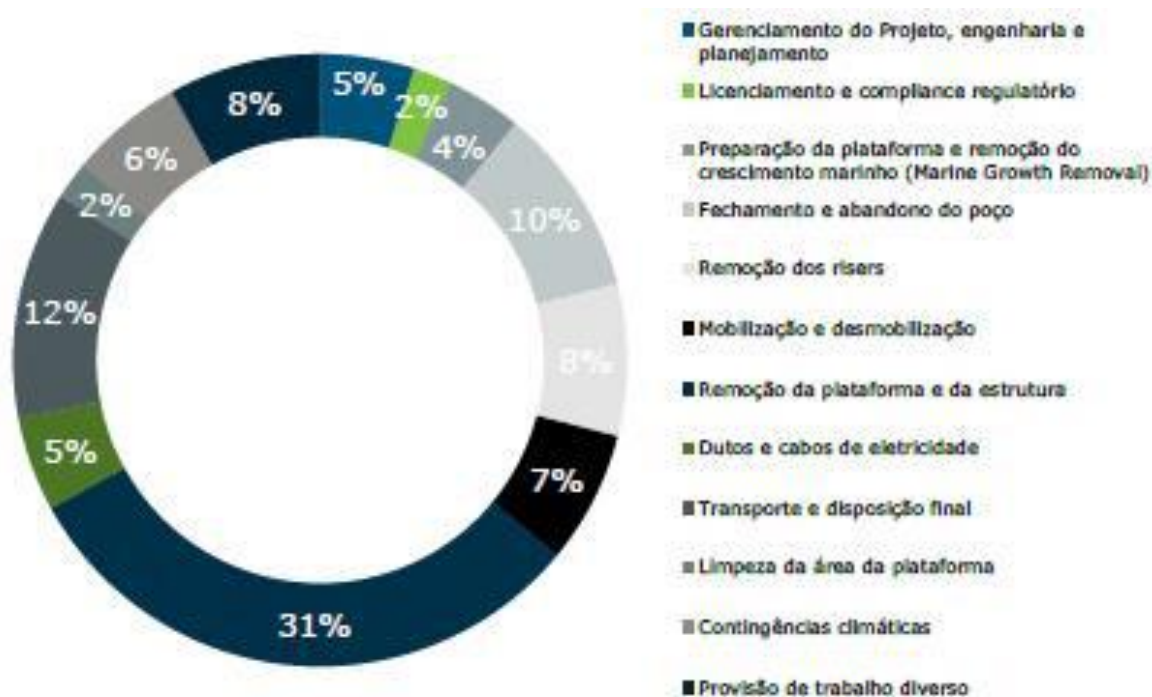
Após o descomissionamento, tanto das plataformas quanto das estruturas submarinas, deve-se realizar uma análise do leito marinho para monitorar os níveis de

hidrocarbonetos, metais pesados e outros contaminantes. Em muitos casos, uma segunda análise é exigida posteriormente. A necessidade de outras análises irá depender dos resultados anteriores e de circunstâncias especiais.

Desde a década de 1980, o perfil das empresas atuantes no Mar do Norte vem mudando. O aumento do número de empresas de pequeno e médio porte trouxe um aumento do risco de não cumprimento das exigências de descomissionamento por parte dessas empresas. Nesse sentido, o *Energy Act* de 2016 implementou algumas importantes mudanças. Primeiramente, permitiu-se a exigência, a qualquer momento do contrato de exploração, de um seguro para a atividade de descomissionamento. A segunda mudança foi o provisionamento, em uma conta separada, dos recursos a serem investidos na atividade de descomissionamento. Dessa forma, mesmo que ocorra a falência do agente responsável pelo descomissionamento, haverá recursos, ou pelo menos parte dos recursos, para realizar a atividade de descomissionamento.

Os custos aumentam naturalmente com a profundidade da lâmina d'água, bem com o tipo, a complexidade e o tamanho da plataforma. No caso das plataformas fixas deste estudo, por exemplo, o custo médio de descomissionamento na profundidade de 400 pés gira em torno de US\$ 6,7 milhões, enquanto à profundidade de 1.300 pés os custos situam-se em torno de 90 milhões de dólares (PROSERV *OFFSHORE*, 2009).

Ainda nos EUA, a TSB *OFFSHORE* (2016) realizou uma revisão dos custos de descomissionamento de 23 plataformas localizadas no estado da Califórnia. O relatório estimou custos nas operações na costa do pacífico de acordo com as condições do mercado no ano de 2016, incluindo a disponibilidade e a capacidade de carga das barcas na região, os navios de apoio, os serviços de fechamento e de abandono de poço, os serviços de corte através de métodos abrasivos, mecânicos ou explosivos, as opções de disposição final e os serviços de limpeza da área. Esse estudo apontou a participação das diferentes categorias de custos de acordo com a **Figura 2**.



**Figura 2** - Separação dos custos de descomissionamento por etapa: caso da Califórnia.

**Fonte:** Adaptado da TSB *Offshore*, 2016.

Assim, de acordo com as estimativas da TSB *OFFSHORE* (2016), o descomissionamento das 27 plataformas teria um valor total de US\$1,47 bilhão. Desse total, mais de 50% dos custos seriam decorrentes da operação de três etapas. Somente a etapa de remoção da plataforma seria responsável por 31% dos custos totais, com um valor de US\$ 457 milhões. A segunda etapa mais custosa seria a disposição final da estrutura e dos materiais, com um valor de US\$181 milhões, equivalente a 12% dos custos totais. Em terceiro lugar, a etapa com maior custo para o projeto de descomissionamento envolve as atividades de fechamento e abandono de poço, com um valor estimado de US\$146 milhões, equivalentes a 10% do custo total.

## 2.2 Âmbito Nacional

Apesar da indústria de exploração marítima no Brasil encontrar-se em plena expansão, a questão do descomissionamento já se tornou muito relevante. Várias bacias marítimas brasileiras atingiram sua maturidade exploratória. A bacia de Campos, que é a principal bacia produtora do país, atingiu seu pico de produção em 2009. Desde então, a



produção em Campos vem caindo, com muitos campos produtores aproximando-se do fim do seu ciclo de vida. Dos 49 campos ativos na bacia de campos, 44 já atingiram o pico da produção (ALMEIDA et al., 2017).

Atualmente, existem 160 instalações de produção marítimas no país, além de 27 sondas de perfuração marítima e 20 novas unidades de produção programadas para entrar em operação até 2022. Desse total, 45% das unidades de produção tem mais de 25 anos de operação e outros 19% das instalações têm entre 15 e 25 anos de operação o que equivale a 64% de todas as instalações existentes no país (PETROBRAS, 2016). Desta forma, existe a expectativa do descomissionamento de vários projetos de E&P nos próximos anos, principalmente nas bacias de Campos e Potiguar (SOUZA E CAPRACE, 2017).

O descomissionamento no Brasil representa um desafio tecnológico e econômico particular, uma vez que os custos aumentam em função da profundidade dos projetos (MARTINS, 2015). O perfil brasileiro de plataformas é caracterizado por estruturas complexas, com maior participação de projetos em águas profundas e ultra profundas.

Segundo o relatório da ANP (2015), um total de 309 concessões são responsáveis pela produção nacional. De acordo com o relatório de plataformas da MARINHA DO BRASIL (2015), um total de 236 campos estão atualmente em produção na costa brasileira, nos quais contam-se 90 plataformas fixas, operando em 40 campos de produção, em diferentes lâminas d'água.

A retirada completa de todo sistema submarino pode resultar em custos extremamente elevados, especialmente em campos de alta profundidade. A título de exemplo, a desativação do campo de Brent, que apresenta um nível de complexidade elevada, demandou 10 anos de estudos para avaliação das opções.

As estruturas de produção flutuantes são comparativamente mais fáceis e baratas de descomissionar do que as fixas, pois são baseadas em embarcações ou em seus conceitos flutuantes. As principais dificuldades operacionais encontradas são as desconexões das amarrações, das linhas de fluxo e dos *risers*, e o tamponamento e abandono de poços em águas profundas, que oferecem complicações e custos adicionais (RUIVO, MOROOKA E GUERRA, 2001).

No país, dentre as plataformas fixas, predomina-se a com subestrutura em aço (jaquetas). Segundo RUIVO (2001), a transformação dessas plataformas de produção

localizadas em LDA de até 100 metros, em recifes artificiais, seria uma opção interessante de descomissionamento. Apresentaria o potencial de estimular o desenvolvimento do ecoturismo na zona costeira e a atividade de pesca esportiva.

Para que a opção de criação de recifes artificiais seja benéfica, são necessárias regulamentações e estratégias de gestão e manutenção dos recifes artificiais para uma boa vida-útil do sistema. Afinal, o ambiente marinho não pode se tornar um depósito de sucatas industriais, pois se trata de um complexo ecossistema com sua importância biológica, social e econômica.

No cenário internacional, o aumento do custo de descomissionamento em função da profundidade e a ausência de experiência por parte da indústria têm proporcionado incentivos tanto para as operadoras como para as agências governamentais considerarem métodos alternativos à remoção completa (RUIVO, 2001).

## **2.3 Infraestrutura no Mar**

As unidades de produção marítima localizam-se em diferentes lâminas d'água (LDA). Segundo a *International Maritime Organization* (IMO), as profundidades podem ser divididas em quatro categorias:

- Superficiais: 0 a 100 metros de profundidade;
- Médias: 101 a 400 metros de profundidade;
- Profundas: 401 a 1.000 metros de profundidade;
- Ultra profundas: Acima de 1.001 metros de profundidade

## **2.4 Instalações e Possibilidades**

A seleção de uma boa solução prática, dentro das normas técnicas de engenharia, deve ser baseada na avaliação da opção de descomissionamento mais apropriada para cada equipamento submarino.

### **2.4.1 Descomissionamento de Poços**

Durante a fase de produção, todo poço produtor de petróleo, gás ou injetor somente poderá ser abandonado mediante autorização da ANP.

O abandono definitivo dos poços é a etapa preliminar no processo de descomissionamento de um sistema marítimo. É realizado visando assegurar o perfeito isolamento das zonas de produção de óleo e gás, como também dos aquíferos existentes, prevenindo a migração dos fluidos entre as formações do poço, ou espaços entre o poço e o revestimento e a migração de fluidos até a superfície do terreno ou o fundo do mar.

O objetivo dessa etapa é tornar o poço seguro quanto a futuros vazamentos e preservar os recursos naturais remanescentes.

#### **2.4.2 Descomissionamento de Sistemas Submarinos**

A configuração do sistema submarino pode variar bastante, dependendo do tipo de instalação utilizado, do tipo de plataforma, e da quantidade de poços interligados a uma única plataforma, sendo composto por vários *manifolds*, *templates*, *risers*, árvores de natal, cabos de ancoragem, etc.

Na prática, o que se observa é que em lâminas d'água superficiais e médias, a remoção completa desses elementos pode ser obtida valendo-se de tecnologias de corte existentes, aliadas a pequenas embarcações. Já em lâminas d'água maiores (acima do limite possível de intervenção direta de mergulhadores), tal como ocorre em grande parte das Bacia de Campos – RJ e Santos, os equipamentos existentes são geralmente de operação remota. Nestes casos, a solução de descomissionamento encontra-se no equilíbrio entre a remoção completa e o abandono no local.

#### **2.4.3 Descomissionamento de Dutos Submarinos**

Quando se pensa em descomissionamento, costuma-se ter uma visão superficial do problema, na qual se imagina que tudo pode ser resolvido com o desmantelamento da plataforma (planta e subestrutura), mas na maioria dos casos o foco do problema é concentrado nos equipamentos submarinos, e principalmente nas centenas de quilômetros de dutos de produção e controle.

O descomissionamento dos dutos é necessário para minimizar os possíveis impactos ambientais no local. As opções de remoção e disposição de tubulações e cabos não estão previstas por nenhuma legislação internacional vigente.

A maioria dos dutos é instalada com a técnica de “reboque de fundo” (*bottom tow*). Isto significa que os tubos foram soldados em terra, e rebocados até a região de instalação completamente submersos e próximos ao fundo do mar.

A maior parte dos dutos marítimos no Brasil não foram enterrados quando instalados (PETROBRAS, 2017). No entanto, apesar de descobertos em grande parte de sua extensão, algumas porções dos dutos em áreas de deposição de areia podem ter sido naturalmente enterradas.

É muito difícil desenvolver uma estratégia para o descomissionamento de dutos e cabos sem que existam determinações legais específicas sobre a sua disposição. Sendo assim, cada caso deve ser estudado isoladamente até que se encontre um consenso entre todas as agências responsáveis.

De acordo com o relatório de descomissionamento do campo de Brent (SHELL, 2008), as linhas podem ser categorizadas em duas:

- Linhas Qualitativas: São aquelas que possuem opções factíveis de descomissionamento. Essas opções podem ser resumidas em duas classes: Uma recomenda deixar a linha no local e tratar as extremidades expostas das linhas. A outra opção é remover completamente a linha com procedimento reverso de instalação e/ou algum outro método de recuperação.
- Linhas Quantitativas: São aquelas que, por virtude de sua construção ou sua configuração atual, possuem muitas opções factíveis para o descomissionamento. Foram consideradas sete opções factíveis, sendo todas aplicáveis para a maioria das linhas.

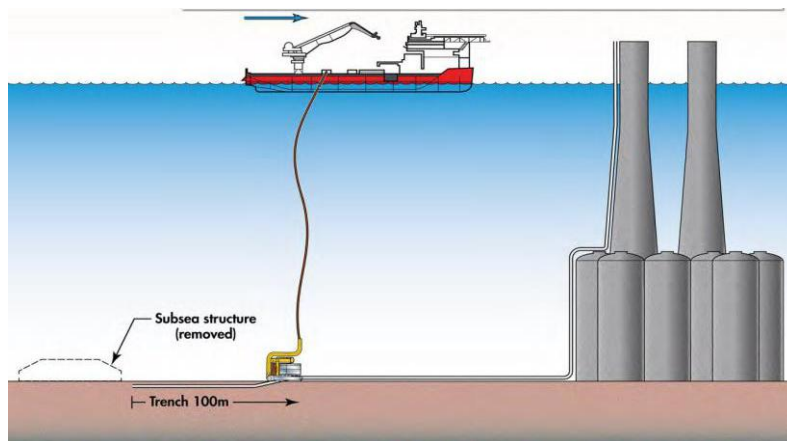
Essas opções se encontram descritas a seguir.

- Opção 1. Deixar no local sem nenhuma precaução adicional necessária.

A opção 1 aplica-se apenas às linhas que estão ligadas em ambos os lados à plataforma.

- Opção 2. Deixar presa à plataforma; aterrar a extremidade.

A opção 2 aplica-se às linhas que estão conectadas em uma extremidade a uma estrutura submarina que deverá ser removida, de acordo com a decisão da OSPAR 98/3. Nessa opção, a conexão com a estrutura submarina seria removida com o corte e a elevação para reciclagem ou armazenagem em terra, e a extremidade cortada seria enterrada.



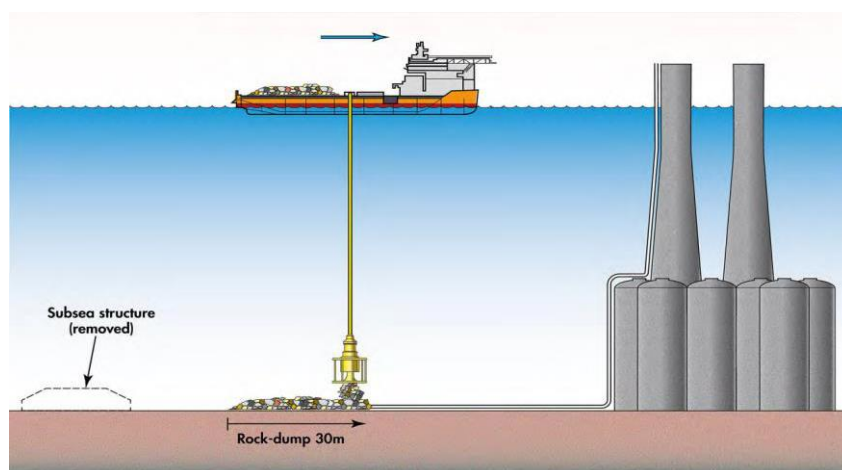
**Figura 3** - Opção 2: Deixar presa à plataforma; aterrar a extremidade.

**Fonte:** Shell, 2017.

- Opção 3. Deixar presa à plataforma; cobrir com rochas a extremidade.

A opção 3 aplica-se apenas às linhas que estão ligadas em uma extremidade a uma estrutura submarina que deve ser removida de acordo com a decisão 98/3 da OSPAR. Tal como acontece com a Opção 2, as peças que ligam a tubulação à estrutura submarina seriam removidas para reciclagem ou eliminação no solo. Na extremidade da linha, 30 m de despejo de rochas seriam usados ao invés de enterrar.

Como nas opções 2 e 3 o duto permanece conectado a plataforma, é necessário que os dutos sejam enterrados ou cobertos com rochas para cumprir a regulação de abandono prevista pela OSPAR.

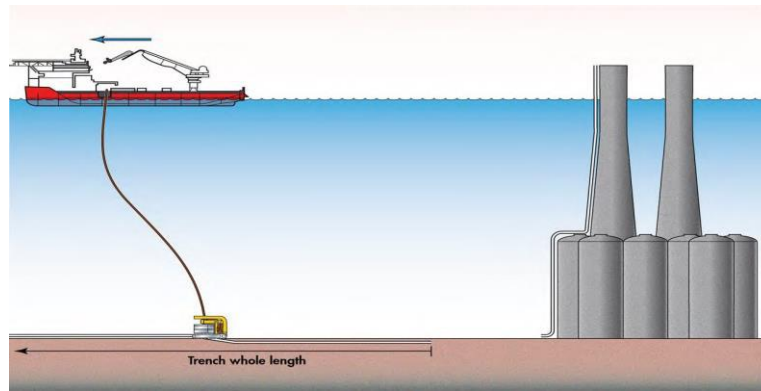


**Figura 4** - Opção 3: Deixar presa à plataforma; cobrir com rochas a extremidade.

**Fonte:** Shell, 2017.

- Opção 4. Desconectar da plataforma e da estrutura submarina e aterrar todo o comprimento da linha.

As linhas seriam desconectadas da plataforma e da estrutura submarina, e suas extremidades seriam removidas por corte e içadas para reciclagem ou armazenagem no solo. A linha que permanecesse no leito marinho deverá ser enterrada em todo o seu comprimento.

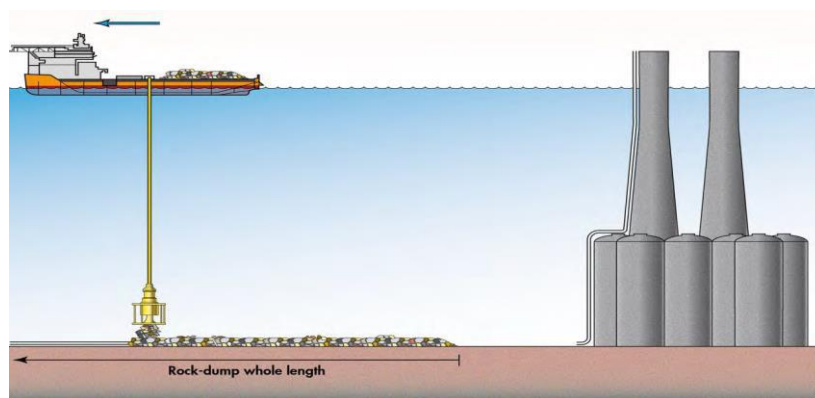


**Figura 5** - Opção 4: Desconectar da plataforma e da estrutura submarina e aterrar todo o comprimento da linha.

**Fonte:** Shell, 2017.

- Opção 5. Desconectar da plataforma e estrutura submarina e cobrir com rochas todo o comprimento.

As linhas seriam desconectadas, suas extremidades seriam retiradas e levadas para reciclagem ou armazenagem no solo. A linha que permaneceu no leito marinho seria coberta com rochas em todo o seu comprimento.

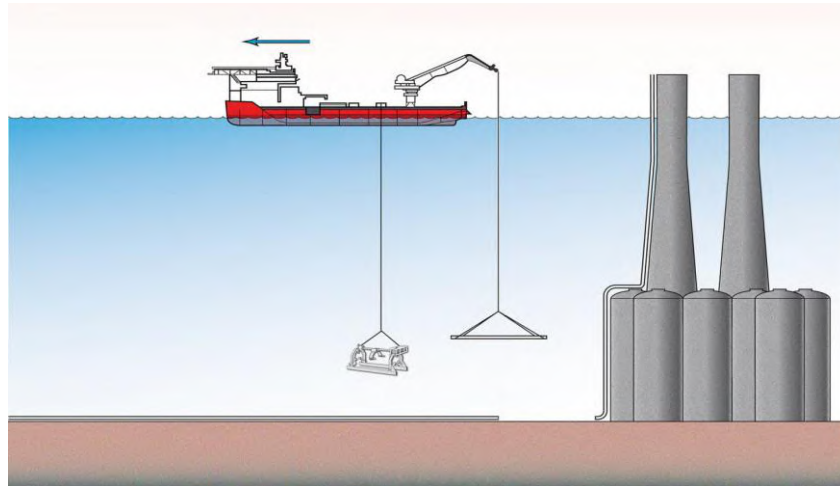


**Figura 6** - Opção 5: Desconectar da plataforma e estrutura submarina e cobrir com rochas todo o comprimento.

**Fonte:** Shell, 2017.

-Opção 6. Remover toda a linha por corte e elevação.

A linha seria cortada em seções curtas (aproximadamente 25m de comprimento) e as seções elevadas para uma embarcação para transporte para terra, reciclagem e armazenamento.

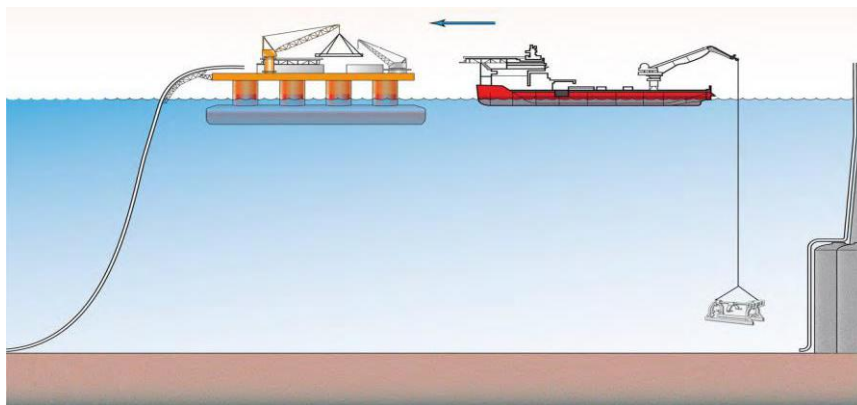


**Figura 7** - Opção 6: Remover toda a linha por corte e elevação.

**Fonte:** Shell, 2017.

- Opção 7. Remover toda a linha por *S-Lay* reverso (instalação reversa)

As conexões seriam recolhidas por corte e elevação. Toda a linha seria removida através de um processo de instalação reversa usando um PLSV.



**Figura 8** - Opção 7: Remover toda a linha por *S-lay* reverso.

**Fonte:** Shell, 2017.

## **2.5 Regulamentação do Descomissionamento no Brasil**

A atividade de descomissionamento de plataformas marítimas é algo recente na indústria brasileira de petróleo. A regulação dessa atividade ainda se encontra em processo de desenvolvimento e atualização. Este fato traz uma grande incerteza econômica para os custos de descomissionamento no Brasil.

A regulação dessa atividade envolve a ANP, os órgãos ambientais (IBAMA no caso de estrutura marítimas), e a Marinha do Brasil. Existem resoluções da ANP que apontam as obrigações das operadoras no processo de descomissionamento de projetos submarinos. Estas remetem a vários aspectos importantes do descomissionamento, à regulação do IBAMA e da Marinha, que ainda não possuem regulamentos técnicos suficientemente abrangentes e detalhados para o assunto. Desse modo, a regulação brasileira aponta claramente o que deve ser feito para se descomissionar um projeto marítimo, mas deixa muitas lacunas sobre quais são as melhores práticas e como o descomissionamento pode ser feito.

No âmbito das normas da ANP, atualmente existem 5 resoluções que abordam o descomissionamento em projetos marítimos. São elas:

1. Resolução ANP nº 27/2006 – Regulamento Técnico de Desativação de Instalações na Fase de Produção;
2. Resolução ANP nº 43/2007 (SGSO) – Prática de Gestão nº 10: Projeto, Construção, Instalação e Desativação; Prática de Gestão nº 12: Identificação e Análise de Riscos;
3. Resolução ANP nº 41/2015 (SGSS) – Define os Sistemas de Gestão de Sistemas Submarinos (SGSS);
4. Resolução ANP nº 17/2015 – Item 19: Desativação de Instalações; e
5. Resolução ANP nº 46/2016 – Define os Sistemas de Gestão de Integridade de Poços (SGIP), que substitui a Portaria 25/2002.

## **2.6 Normas e Convenções internacionais**

Existem diversas normas internacionais que tratam sobre o descomissionamento de estruturas marítimas. A seguir são apresentados os principais dispositivos internacionais que mencionam a remoção das estruturas de plataformas e dutos:

- Convenção de Genebra sobre Plataformas Continentais, 1958;



- Convenção de Londres, 1972;
- Convenção das Nações Unidas sobre Direito do Mar (UNCLOS), 1982;
- *UK Petroleum Act 1998 (Part IV - Abandonment of Offshore Installations)*;
- Convenção para a Proteção do Ambiente Marinho no Atlântico Norte (OSPAR), 1992 e Decisão 1998/3\*;
- *International Maritime Organization (IMO)\**;
- *International Oil & Gas Producers Association (IOGP)*.

\* Não incluem descomissionamento de dutos.

Comparando a estrutura normativa internacional, TEIXEIRA E MACHADO (2012) conclui que em países como Reino Unido, Noruega e Estados Unidos há um eficiente arcabouço legal que regulamenta as atividades de descomissionamento, enquanto no Brasil essa decisão ainda se concentra no explorador. Pode ser interessante para o Brasil se apropriar de algumas determinações internacionais, na busca da garantia do desenvolvimento sustentável, uma vez que é alta a possibilidade de produção de riscos ambientais nesta fase.

A **Tabela 1**, modificada de TEIXEIRA E MACHADO (2012), apresenta a comparação entre a regulamentação nacional e algumas normas internacionais quanto ao descomissionamento de estruturas marítimas.

**Tabela 1** - Comparação entre as normativas sobre o descomissionamento.

<b>Eixos</b>	<b>Regulamentação Brasileira</b>		<b>Regulamentação Internacional</b>		
	<b>Regulamentos ANP</b>	<b>Termo de Referência (TR)</b>	<b>UNCLOS</b>	<b>Res. A.672(16) IMO</b>	<b>OSPAR</b>
<b>Quanto à remoção.</b>	Remoção Completa ou parcial.	O TR só fala em retirada.	O texto fala em remoção. Admite a remoção parcial.	Remoção completa ou parcial.	Remoção integral.
<b>Quanto à recuperação ambiental.</b>	Dispõe.	Não dispõe.	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário.	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário.	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário.
<b>Quanto ao monitoramento ambiental.</b>	Não dispõe.	O TR indica que o projeto de monitoramento ambiental do empreendimento deve ser previsto para todas as etapas: instalação, operação e desativação.	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário.	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário.	Dispõe.

**Fonte:** Modificado de Teixeira e Machado, 2012.

### **3. APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (AMD)**

Apoio multicritério à decisão (AMD) surgiu com a finalidade não só de auxiliar o decisor a resolver problemas com objetivos conflitantes, mas também para dar suporte em todo o processo de decisão, de forma que sejam claros todos os elementos da decisão e consequências das ações potenciais. Foi assim que, por volta de 1970, surgiram os primeiros métodos multicritério de apoio à decisão ou *Multicriteria Decision Aid* (MCDA), que utilizavam uma abordagem diferenciada para problemas com objetivos múltiplos. Sua metodologia possibilitava não só a visão multidimensional dos problemas, mas também incorporava procedimentos bem distintos.

Dentro da teoria relacionada ao AMD há o destaque para duas escolas: a Escola Francesa e a Escola Americana. ROY E VANDERPOOTEN (1995) argumentam que a primeira escola mencionada possui a tendência de que as preferências dos decisores sejam menos subjetivas nas escolhas das alternativas.

Enquanto EHRLICH (1996) afirma que a Escola Francesa trabalha com a incomparabilidade entre duas alternativas, não impondo a necessidade de hierarquização das alternativas e não havendo necessariamente função matemática para definição de valor às alternativas.

#### **3.1 Métodos da Escola Americana**

O AHP (*Analytic Hierarchy Process* – Método da Análise Hierárquica) tem maior simplicidade no processo de modelagem da decisão, conquistando o tomador de decisão por permitir uma maior compreensão de seu processo e sua participação na estruturação do problema. O AHP, por ser um dos métodos escolhidos para execução deste trabalho, será detalhado no item 3.3 deste capítulo.

#### **3.2 Métodos da Escola Francesa**

Os métodos dessa escola permitem a elaboração de um modelo mais flexível do problema, não determinando como obrigatório a comparação entre alternativas e não obrigando o analista de decisão a criar uma estrutura hierárquica dos critérios. EHRLICH (1996) explica que esses métodos, em vez de considerar a intensidade da preferência,

consideram a atratividade ou a falta de atratividade (ou indiferença), criando um ranking de classes de conjuntos de componentes da decisão.

Os métodos mais conhecidos são ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*), PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) e Gaia (*Geometrical Analysis for Interactive Assistance*) (EHLICH, 1996). O método PROMETHEE, por ser um dos métodos escolhidos para execução deste trabalho, será detalhado no item 3.5 deste capítulo.

### **3.3 Método AHP**

#### **3.3.1 Conceito Básico e Histórico**

Thomas L. Saaty nasceu no norte do Iraque e foi cidadão dos EUA. Era professor da universidade da Pensilvânia e pesquisador de uma agência governamental americana quando criou o método AHP. Este método teve aplicabilidade maturada com o estudo dos Transportes do Sudão em 1976 (SILVA E FEITOSA, 2007). SAATY (1980) publicou seu primeiro livro sobre esta metodologia, que se expandiu devido à sua aplicabilidade a diversas áreas, como economia, planejamento, políticas energéticas, compra de materiais, seleção de projetos, seleção de computadores, alocação de orçamento, previsão, etc. O AHP rendeu ao Dr. Saaty diversos prêmios.

O AHP é uma das abordagens alternativas para quando o tomador de decisão utiliza seu julgamento e conhecimento para fazer uma avaliação binária entre critérios intangíveis (qualitativos) e tangíveis (quantitativos). Na resolução de um problema de ordenação, quando há a presença de uma grande quantidade de critérios, a comparação binária leva a resultados mais acurados do que quando a ordenação é realizada por métodos não-binários (MILLET, 1997).

FORMAN E SELLY (2005) argumentam que o nome do método AHP explica um pouco de sua lógica de aplicação:

- *ANALYTIC* (Analítico): pelas suas características, o AHP realmente deveria ser chamado de Processo da Síntese Hierárquica porque na sua essência, o AHP nos ajuda a medir e sintetizar uma série de fatores envolvidos em decisões complexas.
- *HIERARCHY* (Hierárquico): conforme FORMAN E SELLY (2005), grandes organizações são quase universalmente hierárquicas em estrutura. Elas são divididas em unidades que são subdivididas em unidades menores e assim por

diante. Subdivisão em hierarquia é uma característica que não é estranha às organizações humanas. Hierarquia é a forma adaptável para a inteligência finita assumir uma face complexa.

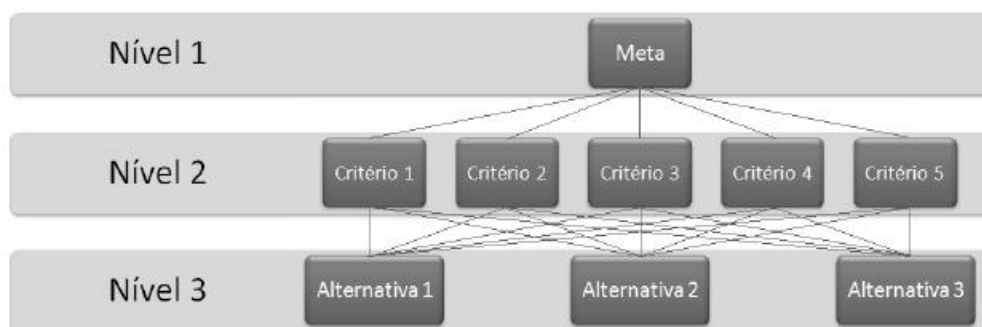
- **PROCESS** (Processo): Um processo é uma série de ações, mudanças, ou funções que nos levam a um fim ou resultado. O Processo do AHP não é um modelo que acha a resposta certa, mas um processo que ajuda tomadores de decisão a achar uma resposta adequada.

O AHP é baseado em três axiomas (SAATY, 2005):

- Reciprocidade: A comparação entre dois elementos é realizada apenas uma vez, isto é, se P pesa o dobro de Q, então Q pesará a metade do P;
- $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$  → A comparação do atributo i em relação ao atributo j do critério 'a', terá o valor inverso na comparação do atributo j com o atributo i, em relação ao mesmo critério;
- $a_{ii} = 1$  → A comparação de um atributo com ele mesmo é igual a 1.

### 3.3.2 Estrutura do AHP

A utilização do AHP começa pela decomposição do problema em uma hierarquia de critérios definidos e que tenham relevância à meta (**Figura 9**). A partir do momento em que essa hierarquia lógica está construída, os tomadores de decisão avaliam as alternativas por meio da comparação, par a par, dentro de cada um dos critérios. Essa comparação pode utilizar dados concretos das alternativas ou julgamentos humanos como forma de informação subjacente (SAATY, 2008).



**Figura 9** - Exemplo de hierarquia de critérios / objetivos.

**Fonte:** Saaty, 2008.

O AHP transforma as comparações, na maior parte das vezes empíricas, em números que são processados e comparados. Essa capacidade de conversão de dados empíricos em um modelo matemático é o principal diferencial do AHP com relação a outras técnicas comparativas.

A comparação entre dois elementos (sejam eles critérios ou alternativas) utilizando o AHP pode ser realizada de diferentes formas (TRANTAPHYLLOU E MANN, 1995). No entanto, a escala de relativa importância entre duas alternativas, proposta por SAATY (1980) é a mais amplamente utilizada. Atribuindo valores entre 1 a 9, a escala determina a importância relativa de um critério com relação o outro, conforme apresentado na **Tabela 2**.

**Tabela 2** - Escala fundamental de Saaty.

<b>Escala</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Recíproco</b>	<b>Comentário</b>
<b>Igual importância.</b>	1	1	Os dois contribuem igualmente para os objetivos;
<b>Importância moderada.</b>	3	1/3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre outro;
<b>Mais importante.</b>	5	1/5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente;
<b>Muito importante.</b>	7	1/7	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado na prática;
<b>Importância extrema.</b>	9	1/9	Um critério é favorecido em relação a outro com o mais alto grau de certeza;
<b>Valores intermediários.</b>	2, 4, 6 e 8		Quando se procura condições de compromisso entre duas definições. É necessário acordo.

**Fonte:** Saaty, 1980.

Normalmente procura-se utilizar os números ímpares da tabela para assegurar razoável distinção entre os pontos da medição. O uso dos números pares só deve ser adotado quando existir a necessidade de negociação entre os avaliadores e quando o consenso natural não for obtido, gerando a necessidade de determinação de um ponto médio como solução negociada (*compromise*) (SAATY, 1980). A partir da escala de SAATY (1980), é construída uma matriz de comparação apresentada na **Tabela 3**.

**Tabela 3** - Matriz comparativa (critério 1 domina o critério 2).

Critérios	Critério 1	Critério 2
Critério 1	1	Avaliação numérica
Critério 2	1/Avaliação numérica	1
SOMA	(1+1/Avaliação numérica)	(Avaliação numérica + 1)

**Fonte:** Saaty, 1980.

Posteriormente a esta montagem, é feito o somatório das linhas obtendo o valor  $w_n$  e em seguida os resultados obtidos devem ser normalizados. SAATY (2000), menciona que a etapa posterior é o teste de inconsistência, que é utilizado para se verificar a existência de desvio entre as comparações. O resultado zero indica a consistência perfeita, já os valores superiores a 0,1 podem aumentar substancialmente o erro na decisão. A razão de consistência (RC) é determinada pela equação:

$$RC = \frac{[(\frac{\mu_{\max} - n}{(n-1)})]}{IR} \quad (1)$$

e

$$\mu_{\max} = \frac{1}{n \cdot \sum w_n} \quad (2)$$

Sendo:

$\mu_{\max}$ - O índice que relaciona os critérios da matriz de consistência e os pesos dos critérios;

$n$  - Número de critérios;

$IR$  - Índice tabelado em função de  $n$ , consultar **Tabela 4**.

**Tabela 4** - Índice aleatório.

Ordem da Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR		0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59

**Fonte:** Saaty, 2005.

Caso a RC ultrapasse o valor sugerido como máximo, deve-se encontrar os julgamentos ‘mais inconsistentes’ da matriz e pedir ao tomador de decisão para julgar esses itens novamente. Se ele não quiser mudar o julgamento, peça-o para modificar o julgamento da segunda maior inconsistência, e assim por diante. Caso o índice de consistência ainda não chegue a um nível aceitável, deve-se deixar este critério para ser julgado posteriormente, quando existir um maior entendimento sobre este problema.

### **3.3.3 Análise de Sensibilidade**

A análise de sensibilidade é utilizada para examinar quão robusta a escolha de uma alternativa é em relação a mudanças na maneira como foi realizada a análise.

Assim como qualquer modelo decisório, é importante examinar a sensibilidade de um curso de ação preferido a mudanças no julgamento por parte do tomador de decisão. Muitos destes julgamentos serão áspers e rápidos e o tomador de decisão deverá se assegurar sobre exatamente quais julgamentos inserir (GOODWIN E WRIGHT, 2000).

## **3.4 Método ELECTRE**

Métodos ELECTRE ou *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* são derivações do primeiro método (ELECTRE I). Desde o seu desenvolvimento, esses métodos são bem aceitos na solução de problemas complexos multicritério. ELECTRE fundamenta-se no conceito de concordância para mensurar a vantagem de uma alternativa sobre as demais. O princípio de discordância serve para medir a desvantagem da alternativa em relação às demais. Assim, a metodologia possibilita verificar quais ações do problema são dominadas (OLSON, 1996).

Uma das características principais que distingue o Electre de muitos outros múltiplos métodos de solução, é que ele é fundamentalmente um método não compensatório. Outra característica do ELECTRE é que permite a incomparabilidade. Incomparabilidade – que não deve ser confundida com indiferença – ocorre entre algumas alternativas a e b, quando não há evidência clara a favor de algum tipo de preferência ou indiferença (ROY E BOUYSSOU, 1993).

Com o passar dos anos, o Electre, para atender às diferentes demandas para soluções de problemas multicritério que foram surgindo, evoluiu para as versões I, II, III, IV, IS e TRI (árvore Electre) (FIGUEIRA et al., 2005). Todas essas versões são baseadas nos mesmos conceitos fundamentais, mas elas diferem tanto em termos operacionais quanto



com o tipo de problema de decisão a ser resolvido. A versão I é usada para problemas de seleção. As versões II, III e IV para problemas de classificação e a versão TRI, para soluções de problemas de atribuição. ROY E BOUYSSOU (1993) especificam cada uma dessas versões:

- a) A versão Electre I foi projetada para tratar os problemas de seleção por meio de relações de sobre classificação a partir de índices de concordância e discordância, mediante comparação entre pares. Por meio dessa versão, dentre tantas alternativas, pode-se retirar a melhor, diante da atuação nos critérios selecionados. Esse método utiliza pesos para ordenar a importância dos critérios. Por exemplo, o trabalho realizado por ALMEIDA E COSTA (2003) buscou por meio do Electre I, selecionar dentro de um conjunto de equipamentos, aquele que apresenta melhor condição de uso, a partir dos critérios: riscos de segurança ao ser humano e às instalações, riscos ao meio ambiente e perdas de produção.
- b) A versão Electre II foi um aprimoramento da versão I, usada para ordenar alternativas (classificação) a partir de um conjunto de índices de concordância e discordância associado à atribuição de pesos aos critérios. O intuito na utilização desse método não é escolher a melhor alternativa e sim classificá-las. Esse método também utiliza pesos nos seus critérios. Como exemplo, pode-se citar a aplicação dessa versão por COSTA (2006) na solução de problemas de classificação de desempenho de docentes em relação à sua produção acadêmica.
- c) A versão III tem por finalidade ordenar alternativas como a versão II. No entanto, nessa versão ROY (1978) incorporou a metodologia *Fuzzy* na construção do cálculo da ordenação de alternativas, permitindo a criação de pseudo-critérios. A abordagem *Fuzzy* dessa versão permite a incorporação das imprecisões e incertezas do processo de tomada de decisões, fixando os limites de preferência e indiferença. A ordenação de alternativas da melhor para a pior é conseguida por meio da introdução de ponderações nos critérios.
- d) A versão IV, assim como a versão III, tem como objetivo ordenar alternativas da melhor para a pior. No entanto é empregada em problemas em que não se pode introduzir qualquer ponderação nos critérios e/ou em que o agente de decisão não queira determinar pesos ou critérios. Dessa forma, obtém-se a

solução por meio de uma sequência de relações de superação agrupadas. Essa versão foi criada para tratar, especificamente, o problema de planejamento urbano apresentado em HUGONNARD E ROY (1984). No Brasil, por exemplo, MOREIRA (2007) aplicou esse método para avaliar projetos do SEBRAE.

- e) A versão IS pode ser considerada também uma evolução da versão I, no entanto, essa versão se diferencia pelo fato de permitir que sejam aplicados pesos aos critérios e ainda permite formulações *Fuzzy*.
- f) A versão TRI tem como objetivo a classificação de alternativas, no entanto não as ordena, como pode ser visto nos estudos realizados por FIGUEIRA et al. (2005) e BRITO, ALMEIDA E MOTA (2010), nos quais se realizam estudos na área de reprodução assistida, ações referenciais e gás natural, respectivamente.

As diferentes versões deste método apresentam características distintas e podem ser resumidas pela **Tabela 5**.

**Tabela 5** - Versões dos métodos da família ELECTRE.

Versão	Autor	Ano	Problemática	Tipo de critério	Utiliza pesos
<b>I</b>	Roy.	1968	Seleção.	Simples.	Sim.
<b>II</b>	Roy e Bertier.	1973	Ordenação.	Simples.	Sim.
<b>III</b>	Roy.	1978	Ordenação.	Pseudo.	Sim.
<b>IV</b>	Roy e Hugonnard.	1982	Ordenação.	Pseudo.	Não.
<b>IS</b>	Roy e Skalka.	1985	Seleção.	Pseudo.	Sim.
<b>TRI</b>	Yu Wei.	1992	Classificação.	Pseudo.	Sim.

**Fonte:** Gomes et al., 2009.

A **Tabela 5** indica que apenas o ELECTRE IV não faz uso de pesos na sua metodologia.

Para que seja explicada a fundamentação teórica do método ELECTRE, é necessário primeiramente entender que dentro desta linha do AMD existem os denominados pseudo-critérios, que são checagens adjuntas incorporadas com a finalidade de comparar melhor os critérios (GOMES et al., 2009).

### 3.5 Método PROMETHEE

A família de métodos multicritério conhecidos como PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) foi apresentada primeiramente por BRANS, VINCKE E MARESCHAL em 1984.

Em analogia ao ELECTRE, o método PROMETHEE também possui ramificações, sendo que cada uma delas é função geradora de um tipo de resultado. As principais vertentes do PROMETHEE são (I, II, III, IV, V e VI), contudo CAMPOS (2011) também cita a existência do PROMETHEE & GAIA (*Geometric Analysis for Interactive Aid*), que é um complemento visual do método, auxiliando na análise dos pesos de cada critério sobre as alternativas.

Semelhante ao AHP, o PROMETHEE também compara as alternativas em relação par a par indicando o desempenho de cada uma para um determinado critério (BRANS E MARESCHAL, 2005). Para a utilização da metodologia PROMETHEE, faz-se necessário calcular:

$$\Pi(a, b) = \sum_{i=1}^n w_i * P_i(a, b) \quad (3)$$

Sendo:

$\Pi(a, b)$  - Grau de preferência da alternativa **a** em relação à **b**, para todos os critérios;

$w_i$  - Peso do critério  $i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ );

$P_i(a, b)$  - Função de preferência.

A função de preferência assume valores entre 0 e 1, associada a cada critério indicando a preferência entre as alternativas, e serão representadas em função da diferença do critério perante as alternativas, sendo escolhidas conforme o problema em conjunto com o decisor (BASTOS E ALMEIDA, 2002). Resumindo, para calcular o  $w_i$  é necessário que sejam atribuídos os pesos aos critérios e posteriormente serem mensurados os valores para compara-los aos que podem ser encontrados em BRANS E MARESCHAL (2005).

Uma vez calculado o grau de preferência, deve-se medir o valor do fluxo de superação positivo ( $\phi^+$ ), que indica o quanto a alternativa é melhor que as demais, enquanto o negativo ( $\phi^-$ ) indica o quanto a mesma opção é superada pelas demais. Considerando A como o conjunto de alternativas possíveis para a situação, tem-se:

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} * \sum_{b \in A} \Pi(a, b); \quad (4)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} * \sum_{b \in A} \Pi(b, a). \quad (5)$$

Segundo CAMPOS (2011), o modelo PROMETHEE provê uma avançada técnica de modelagem, porém a mesma possui como pré-requisito a necessidade de informações precisas sobre os parâmetros, enquanto a associação de critérios a gráficos pode auxiliar a determinação dos parâmetros, visto que na metodologia ELECTRE não ocorre esse tipo de comparação.

A função de preferência ou critério generalizado representa o comportamento ou atitude do decisor frente às diferenças provenientes da comparação par a par entre alternativas para um dado critério  $j$ . O decisor dispõe de graus de liberdade com relação ao tipo de critério a ser usado e aos limites de indiferença e preferência estrita.

### 3.6 Vantagens e Desvantagens dos Métodos

LOPES (2008) lista como vantagem do AHP o seu reconhecimento no meio acadêmico e empresarial, representando a técnica mais utilizada atualmente, devido a sua decomposição hierárquica do problema. Isso torna sua compreensão e estruturação mais fáceis, além de representar claramente as preferências dos decisores, principalmente em situações em que predominam restrições qualitativas e o grupo de decisão é composto por pessoas com interesses e visões divergentes.

Analisando BERZINS (2009) e GOODWIN E WRIGHT (2000) é possível criar a **Tabela 6:**

**Tabela 6** - Vantagens e desvantagens do AHP.

<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Estrutura formalmente os problemas.	Conversão da escala verbal para a numérica pode alterar significativamente o resultado.
Simplicidade de comparação entre pares.	Inconsistência imposta pela escala de 1 a 9.
Permite checar a consistência dos pesos atribuídos.	Possibilidade de respostas não coerentes.
Versatilidade.	Problemas com o autovetor na inserção de novas alternativas.
Aplicação em situações que são utilizados intervalos numéricos para representar prioridades.	Defasagem em situações com grandes quantidades de critérios.

**Fonte:** Adaptado de Berzins (2009) e Goodwin e Wright (2000).

Segundo ACOLET (2008), as principais vantagens do ELETRE, além da atribuição de pesos também existente no AHP, são as definições do relacionamento de dominância. Isto abre um maior leque de possibilidade para a análise de sensibilidade, além de cada versão do ELECTRE possuir um resultado específico entre seleção, ordenação e classificação, podendo ou não utilizar peso para os critérios (ELECTRE IV, não utiliza pesos).

GUGLIELMETTI et al. (2003) identifica como desvantagem para o ELECTRE a necessidade de tratamento preliminar de dados, transformação da escala cardinal para a escala ordinal, dificuldade de implementação em alguns tipos de problemas devido à quantidade de informação necessária. Isso traz problemas na definição dos limites de preferência e indiferença, que podem ser atribuídos aleatoriamente, comprometendo a modelagem do problema.

Já o PROMETHEE por ser considerado uma ramificação do ELECTRE, como citado anteriormente, também possui os mesmos tipos de desvantagens, adicionando também as do AHP por comparar par a par as alternativas de decisão.

## 4. METODOLOGIA

Este trabalho pretende expor a sequência de etapas referentes à metodologia multicritério de apoio à decisão (AHP e PROMETHEE). Através dessa análise multicritério poderemos vislumbrar a escolha da alternativa de descomissionamento para os equipamentos submarinos do campo em estudo.

### 4.1 Descrição do campo em estudo

Será realizada uma breve descrição do layout submarino do campo em estudo. Deve-se notar que o nome do campo e algumas outras informações são omitidas devido à confidencialidade dos dados.

#### 4.1.1 Campo em estudo

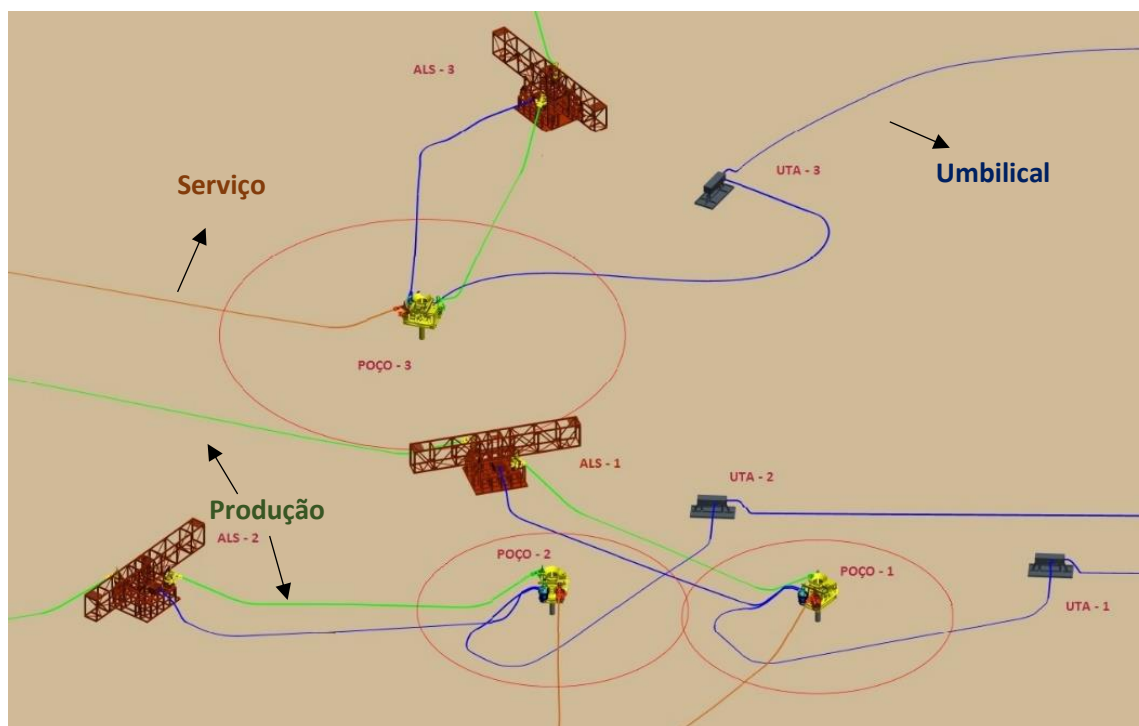
Este campo situa-se no estado do Rio de Janeiro, em profundidade de água de 1.550 m (LDA ultra profunda), distante cerca de 125 km da costa. O óleo produzido é escoado através de navios aliviadores e o gás consumido na combustão interna de geradores de energia elétrica e sistema de aquecimento do óleo.

A produção é realizada através de três poços horizontais ligados individualmente a uma *Floating, Production, Storage and Offloading* (FPSO), conforme **Figura 10**.

Estes poços são equipamentos com os seguintes equipamentos:

- Três Árvores de Natal Molhada Horizontal (ANM-H);
- Três linhas de produção de 6 polegadas com isolamento TEC 2, para ligação entre a ANM-H e o FPSO. As mesmas estão ancoradas por estacas de queda livre, as quais estão cravadas no solo marinho;
- Três linhas de serviço de 4 polegadas, para ligação entre a ANM-H e o FPSO, onde as mesmas estão ancoradas por estacas de queda livre, as quais estão cravadas no solo marinho;
- Três umbilicais, para controle das funções das ANM-H's e injeção de fluidos de limpeza nos poços. Estes estão ancoradas por estacas de queda livre, as quais estão cravadas no solo marinho;
- Três *Artificial Lift System* (ALS), que têm a finalidade de bombeamento secundário;

- Três *Umbilical Termination Assembly* (UTA), que têm a finalidade de receber o umbilical para a distribuição de funções entre as ANM-H's e os ALS's.



**Figura 10** - Esquema do sistema de coleta do campo com poços satélites.

O projeto deste campo utiliza árvore de natal molhada (ANM), do tipo horizontal, equipadas para completação com Bombeio Centrífugo Submerso Submarino (BCSS) e mandris para conexão de linhas de fluxo via Módulo de Conexão Vertical (MCV).

## 4.2 Utilização do AMD no campo em estudo para o descomissionamento

A vantagem da metodologia de apoio à decisão multicritério é auxiliar não apenas na obtenção do resultado, mas a compreensão de todo o processo. Sua aplicação requer uma sequência de etapas que devem ser exploradas.

Para encontrar uma forma de se realizar o descomissionamento dos equipamentos submarinos do campo acima, está se propondo a utilização dos métodos multicritério AHP e PROMETHEE.

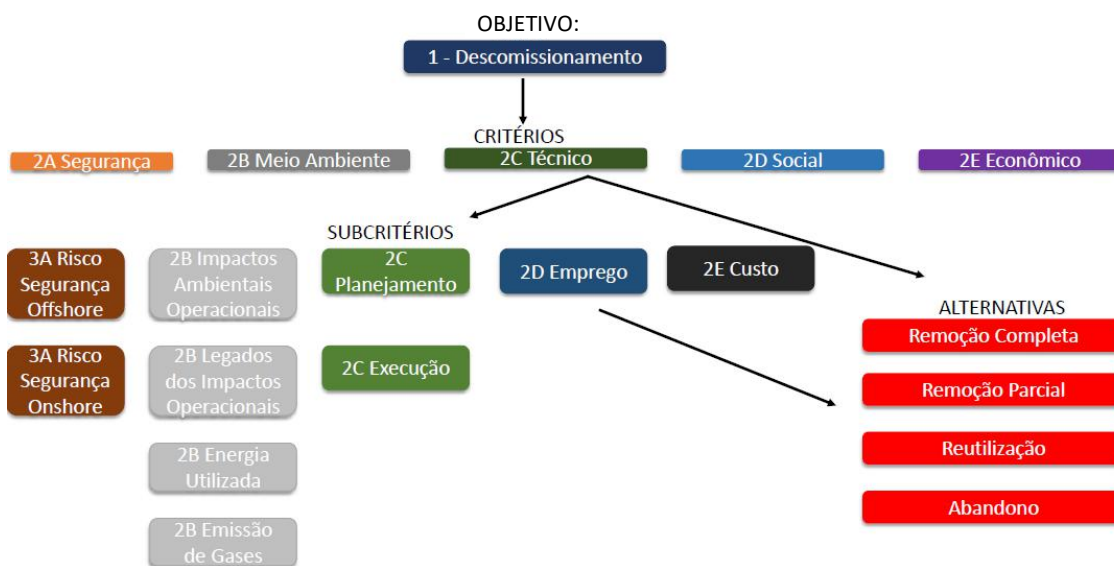
O método AHP é um método multicritério de apoio a tomada de decisões que se baseia na divisão do problema em níveis hierárquicos, determinando de forma clara e por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, uma medida global para cada uma das alternativas, classificando ao finalizar o método.

Semelhante ao AHP, o PROMETHEE também compara as alternativas par a par, indicando o desempenho de cada uma para um determinado critério (BRANS E MARESCHAL, 2005).

### 4.3 Utilização do Método Multicritério AHP

#### 4.3.1 Modelagem do Problema

Através da definição da meta global, dos objetivos, dos critérios e das alternativas, foi possível estruturar o problema de forma a orientar a aplicação do método AHP. A **Figura 11** mostra a estruturação do modelo hierárquico para o problema de descomissionamento do sistema submarino do campo em questão.



**Figura 11** - Modelo hierárquico de estruturação do problema de descomissionamento do sistema submarino.



## **4.3.2 Execução**

### **4.3.2.1 Escolha dos especialistas e das avaliações**

A pesquisa qualitativa se preocupa com um nível de realidade que não pode ser quantificado (MINAYO, 2001). Para esta definição deve-se ter bastante cuidado, pois serão os entrevistados que vão levar aos resultados da pesquisa. Uma amostra mal escolhida poderá prejudicar o resultado obtido. Uma das características que mais diferenciam a pesquisa qualitativa da quantitativa em relação à amostragem é a quantidade de sujeitos pesquisados. Este número não deve ser muito grande, mas deve ser suficientemente pequeno de forma a permitir que o pesquisador seja capaz de conhecer bem o objeto de estudo. Quanto à escolha do número de entrevistados, MINAYO (2001) afirma que o critério de representatividade da amostragem na pesquisa qualitativa não é numérico como na pesquisa quantitativa. A quantidade de pessoas entrevistadas deve, no entanto, permitir que haja a reincidência de informações ou saturação dos dados, situação ocorrida quando nenhuma informação nova é acrescentada com a continuidade do processo de pesquisa. O pesquisador saberá quando suas entrevistas ainda estão acrescentando informações a seu estudo.

Na pesquisa qualitativa, todas as pessoas que participam são reconhecidas como sujeitos que elaboram conhecimentos e produzem práticas adequadas para intervir nos problemas que identificam. Como sujeitos da pesquisa, além de identificar os problemas, analisam-nos, discriminam as necessidades prioritárias e propõem ações mais eficazes (CHIZZOTTI, 1991).

Outro ponto importante para definição da amostragem é saber quais indivíduos têm uma vinculação mais significativa para o problema investigado. Afinal, são as pessoas mais envolvidas no problema que normalmente serão mais relevantes para a pesquisa qualitativa.

Foi definida a necessidade de quatro especialistas com comprovada experiência em descomissionamento e que tivessem seus nomes reconhecidos no mercado nacional. Os especialistas selecionados avaliaram os critérios par a par e definiram as importâncias e prioridades relativas dos critérios e subcritérios para avaliação do descomissionamento dos equipamentos submarinos.

A definição dos critérios é fundamental para a qualidade da tomada de decisão, pois servem como eixo de avaliação. Os atributos provêm um conjunto de regras, conforme a

visão do(s) tomador(es) de decisão (avaliadores), para avaliar as preferências entre um par de alternativas. É importante analisar quais as relações entre os critérios e alternativas, pois alguns critérios podem ser subcritérios ou mesmo não serem significantes para o processo. Para isso, a participação do especialista é fundamental para auxiliar na estruturação do processo de decisão e observar que as preferências dos decisores podem mudar com o tempo.

Uma recomendação para a escolha dos critérios de decisão para o descomissionamento dos equipamentos submarinos foi consultar as leis vigentes internacionalmente e utilizar critérios que já fossem utilizados em outras operações de desativação. Foram montadas as tabelas do **APÊNDICE A**, nas quais os respectivos critérios são:

- Segurança;
- Ambiental;
- Técnico;
- Econômico;
- Social.

Os critérios acima são subdivididos em subcritérios, que devem ser analisados e julgados com relação às alternativas de descomissionamento para cada equipamento submarino do campo em estudo. Os subcritérios estão relacionados na **Tabela 7**.

A partir dos julgamentos dos especialistas, e com a utilização da escala de Saaty, foi possível construir a matriz de comparação dos critérios e obter o peso dos mesmos.

**Tabela 7 - Critérios e os subcritérios estudados.**

<b>Principais Critérios</b>	<b>Subcritérios</b>	<b>Descrição</b>
<b>Segurança</b>	Risco de segurança para o pessoal do projeto marítimo.	Uma estimativa do risco de segurança para o pessoal no mar como resultado da conclusão do programa de trabalho no mar proposto;
	Risco de segurança para outros usuários do mar.	Uma estimativa do risco de segurança para outros usuários do mar a partir do legado de longo prazo da estrutura após a conclusão do programa de trabalho proposto;
	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra.	Uma estimativa do risco de segurança para o pessoal em terra como resultado da conclusão do programa de trabalho no mar proposto;
<b>Meio ambiente</b>	Impactos ambientais operacionais.	Uma avaliação dos impactos ambientais que poderiam surgir como resultado das operações planejadas no mar ou em terra;
	Legados dos impactos ambientais.	Uma avaliação dos impactos ambientais que poderiam surgir como resultado dos efeitos de longo prazo do programa de trabalho proposto;
	Energia utilizada.	Uma estimativa do uso total de energia líquida do programa de trabalho proposto, incluindo uma provisão para energia economizada por reciclagem e energia utilizada na fabricação de novos materiais para substituir material de outra forma reciclável deixado no mar;
	Emissão de gases.	Uma estimativa das emissões líquidas totais de CO2 do programa de trabalho proposto, incluindo uma provisão para emissões na fabricação de material novo para substituir material de outra forma reciclável deixado no mar;
<b>Técnico</b>	Viabilidade técnica.	Uma avaliação da viabilidade técnica de poder completar o programa de trabalho proposto conforme planejado;
<b>Social</b>	Efeitos na pesca comercial.	Uma estimativa do ganho ou perda financeira em comparação com a situação atual que pode ser experimentada pelos pescadores comerciais como resultado da conclusão bem sucedida do programa de trabalho planejado;
	Emprego.	Uma estimativa dos anos-homem de emprego que podem ser apoiados ou criados pela opção;
	Impacto nas comunidades.	Uma avaliação dos efeitos das opções nas comunidades e infraestrutura terrestre;
<b>Econômico</b>	Custo.	Uma estimativa do custo total provável da opção, incluindo uma provisão para monitoramento e manutenção de longo prazo.

**Fonte:** Adaptado de Shell, 2017.

#### 4.3.2.2 Obtenção dos pesos dos critérios

De acordo com as matrizes de comparação dos critérios obtidas pelos julgamentos dos envolvidos e levando em consideração o caso estudado, foram retirados alguns itens de subcritérios que não eram plausíveis ao campo em estudo. A **Tabela 8** mostra as pontuações obtidas para os critérios e subcritérios.

Para se chegar à **Tabela 8**, foram escolhidas quatro pessoas de diversas áreas na indústria de óleo e gás para darem pesos aos critérios, levando em consideração o campo em estudo. Após receber as análises dos julgamentos com seus respectivos valores normalizados, foi estipulada a média para cada critério levando em consideração os julgamentos dos especialistas. Estes dados podem ser visualizados no **APÊNDICE A**.

#### 4.3.2.3 Obtenção dos pesos das alternativas

O trabalho consiste em avaliar o descomissionamento de 6 equipamentos. Para cada equipamento, tem-se as suas alternativas de descomissionamento. Os critérios serão os mesmos apresentados na **Tabela 8**. Os equipamentos que serão descomissionados são os seguintes:

1. Árvore de natal molhada horizontal (ANM-H);
2. *Artificial lift system* (ALS);
3. Linhas de serviço (*Riser e Flowline*);
4. Linhas de produção (*Riser e Flowline*);
5. *Jumpers* de produção;
6. Umbilicais (*Riser e Flowline*).

Para atribuir pesos a cada equipamento foram levados em consideração alguns detalhes para ponderar o peso com relação aos subcritérios, conforme descrito abaixo.

- **Risco de segurança no mar e em terra:** Para ponderar pesos aos subcritérios em questão, foram avaliadas a análise de risco feita para o sistema submarino do campo estudado, levando em consideração o tipo de alternativa que será utilizada para o descomissionamento do equipamento. Através desta análise, o risco foi classificado em alto, médio ou baixo. As pontuações obtidas aparecem na **Figura 12**.
- **Impactos ambientais operacionais:** Os pesos foram pautados nos estudos ambientais do campo. De acordo com o leito marinho do campo em estudo e

fundamentado em inspeções visuais e relatórios ambientais (EIA, RIMA) não foram identificados bancos de corais. Foram registradas apenas ocorrências pontuais e isoladas (pela rota da linha flexíveis e umbilicais dos poços 1 e 2). Além disso, a área em estudo se encontra fora de áreas de preservação, bem como da rota migratória de animais. Outro ponto importante é que neste campo não se tem presença de espécies invasoras como o coral sol.

- **Legados dos impactos ambientais:** A pontuação dada para este subcritério foi atribuída a partir da composição dos equipamentos e do tipo de remoção que será aplicada. Na **Tabela 9** tem-se os pesos dos equipamentos. Deve-se notar que a pontuação dada para os equipamentos levou em consideração a composição do equipamento conforme abaixo:

Peso Cobre > Peso Polímero > Peso Aço

- **Energia utilizada e emissão de gases:** A pontuação para esses subcritérios foi atribuído a partir do tipo de barco utilizado (PLSV, AHTS, ...), da quantidade de diesel consumido (energia consumida) para as atividades de descomissionamento dos equipamentos em estudo e da quantidade de emissão de gases pela embarcação em questão para cada alternativa de descomissionamento (**Tabela 10**).
- **Subcritérios do critério técnico:** A pontuação para este critério foi estabelecida de acordo com metodologia estipulada pela Shell para o Brent Field. Esta metodologia está sendo mostrada na **Tabela 11**.
- **Emprego:** Foi atribuído a quantidade de pessoas necessárias na embarcação para a retirada dos equipamentos de acordo com a alternativa de descomissionamento proposta (**Tabela 12**).
- **Custo:** O peso foi atribuído a partir dos valores adquiridos pelo *software Questor* para o descomissionamento do equipamento em estudo.

**Tabela 8 - Pesos dos critérios e subcritérios.**

Sub-Critério selecionado		Principais Critérios	
Sub-Critério	Peso	Peso	Critério
<b>1</b> - Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar;	15,10%	30,20%	<b>Segurança</b>
<b>2</b> - Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra;	15,10%		
<b>3</b> - Impactos ambientais operacionais;	9,06%	36,23%	<b>Meio Ambiente</b>
<b>4</b> - Legados dos impactos ambientais;	9,06%		
<b>5</b> - Energia utilizada;	9,06%		
<b>6</b> - Emissão de gases;	9,06%		
<b>7</b> – Planejamento;	6,85%	13,70%	<b>Técnico</b>
Execução	<b>8</b> - Complexidade da Opção;	1,14%	
	<b>9</b> - Procedimento novo;	1,14%	
	<b>10</b> - Equipamento novo;	1,14%	
	<b>11</b> - Confiabilidade do equipamento;	1,14%	
	<b>12</b> - Vulnerabilidade a problemas climáticos;	1,14%	
	<b>13</b> - Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação;	1,14%	
<b>14</b> – Emprego;	9,01%	9,01%	<b>Social</b>
<b>15</b> – Custo.	10,88%	10,88%	<b>Econômico</b>

SEVERIDADE DO CRITÉRIO				CATEGORIA DE CONSEQUÊNCIA (GRAVIDADE)				
PESSOAL	HSE	AMBIENTAL	REPUTAÇÃO	(1) MUITO RUIM	(2) RUIM	(3) POSSIVEL	(4) BOM	(5) MUITO BOM
(1) Primeiros cuidados	(1) Leve (8 horas)	(1) Leve (< 5 galões / 20 litros)	(1) Exposição Local	1	2	3	4	5
(2) Tratamento Médico	(2) Menor (< = 1 dia)	(2) Menor (< 42 galões / 155 litros)	(2) Exposição do estado	2	4	6	8	10
(3) Perda de Tempo / Injúria	(3) Médio (> 1 dia)	(3) Médio (< 420 galões/ 1550 litros)	(3) Exposição Nacional	3	6	9	12	15
(4) Fatalidade	(4) Maior (> 1 semana)	(4) Maior (< 4.200 galões/ 15500 litros)	(4) Exposição Regional	4	8	12	16	20
(5) Múltiplas Fatalidades	(5) Extensiva (> 1 mês)	(5) Massivo (> 4.200 galões/ 15500 litros)	(5) Exposição Internacional	5	10	15	20	25

1 a 6	BAIXO RISCO
8 a 12	MÉDIO RISCO
15 a 25	ALTO RISCO

**Figura 12 - Matriz de risco.**

**Tabela 9** - Peso dos equipamentos do campo em estudo.

<b>Equipamentos</b>	<b>Peso em Aço (Ton)</b>	<b>Peso em Polímero (Ton)</b>	<b>Peso em Cobre (Ton)</b>	<b>Peso Submerso (Ton)</b>
<b>Base de Fluxo</b>	22	Insignificante	N/A	22
<b>MOBO</b>	37	Insignificante	N/A	37
<b>ANM-H</b>	33	Insignificante	N/A	33
<b>Linha Serviço <i>Riser</i> (2300m)</b>	113	26	N/A	139
<b>Linha serviço <i>flow</i> Poço -1 (2 x 2015 m)</b>	172	25	N/A	197
<b>Linha serviço <i>flow</i> Poço-2 (3660 m)</b>	156,21	22,7	N/A	178,91
<b>Linha serviço <i>flow</i> Poço-3 (1500 m)</b>	64	9,31	N/A	73,31
<b>Produção Top <i>Riser</i> (600 m)</b>	17	49	N/A	66
<b>Produção <i>Bottom Riser</i> (2 x 850 m)</b>	30	118	N/A	148
<b>Produção <i>Flow</i> Poço -1 e Poço -3 (1550 m)</b>	21	114	N/A	135
<b>Produção <i>Flow</i> Poço-2 (1800 m)</b>	24,39	132,39	N/A	156,78
<b>Jumper (60 m)</b>	4	4	N/A	8
<b>Umbilical <i>Riser</i> Poço - 2 (3646 m)</b>	92	59	64	215
<b>Umbilical <i>Flow</i> Poço -2 (3420m)</b>	86	56	60	202
<b>Umbilical <i>Riser</i> Poço-1 (3629 m)</b>	91,57	58,72	63,7	213,99
<b>Umbilical <i>Flow</i> Poço-1 (3738m)</b>	94	61,21	65,58	220,79
<b>Umbilical <i>Riser</i> Poço-3 (3710 m)</b>	93,61	60,04	65,12	218,77
<b>Umbilical <i>Flow</i> Poço-3 (1010m)</b>	25,4	16,54	17,72	59,66



**Tabela 10** - Tempo de retirada dos equipamentos, energia consumida e emissão de gases.

<b>Equipamentos</b>	<b>Tempo de Retirada (dias)</b>	<b>Tempo de Translado - ida e volta (dias)</b>	<b>Energia Utilizada (GJ)</b>	<b>Emissão de Gases (Ton)</b>
<b>ALS</b>	2,5	1	656.490	45
<b>ANM-H</b>	7,5	1	398.817	27
<b>Linha Serviço Poço-1</b>	5	1	574.428	40
<b>Linha Serviço Poço-2</b>	5	1	533.398	37
<b>Linha Serviço Poço-3</b>	4	1	533398	37
<b>Linha de Produção Poço-1</b>	9	1	656.490	45
<b>Linha de Produção Poço-2</b>	9	1	656.490	45
<b>Linha de Produção Poço-3</b>	9	1	656.490	45
<b>Umbilical Poço -1</b>	5	1	656.490	45
<b>Umbilical Poço -2</b>	3	1	709.830	48
<b>Umbilical Poço -3</b>	3	1	820.612	56
<b>Jumper</b>	2	1	615.459	42

**Tabela 11** - Metodologia utilizada pela Shell para ponderar os pesos para o critério técnico.

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	CATEGORIA	PONTUAÇÃO
Planejamento	1. Grau de Planejamento e Preparação	Elevado	1
		Alto	2
		Moderado	3
		Baixo	4
		Muito baixo	5
Execução	2. Complexidade da Opção	Muito alto	1
		Alto	2
		Moderada	3
		Baixo	4
		Muito baixo	5
	3. Procedimento Novo	Muito alto	1
		Alto	2
		Moderada	3
		Baixo	4
		Muito baixo	5
	4. Equipamento Novo	Muito alto	1
		Alto	2
		Moderada	3
		Baixo	4
		Muito baixo	5
	5. Confiabilidade do Equipamento	Muito ruim	1
		Ruim	2
		Moderada	3
		Boa	4
		Muito boa	5
	6. Vulnerabilidade à problemas climáticos	Muito alto	1
		Alto	2
		Moderado	3
		Baixo	4
		Não afeta	5
	7. Vulnerabilidade à problemas de condição de instalação	Muito alto	1
		Alto	2
		Moderada	3
		Baixo	4
		Muito baixo	5

Fonte: Adaptado de Shell, 2017.

**Tabela 12** - Emprego barcos.

EQUIPAMENTOS	TRIPULAÇÃO DOS BARCOS
ALS	197
ANM-H	194
Linha Serviço Poço – 1	188
Linha Serviço Poço – 2	194
Linha Serviço Poço – 3	190
Linha Produção Poço – 1	200
Linha Produção Poço – 2	194
Linha Produção Poço – 3	200
Umbilical Poço – 1	192
Umbilical Poço – 2	196
Umbilical Poço – 3	194
<i>Jumper</i>	190

## **4.4 Utilização do Método Multicritério PROMETHEE**

### **4.4.1 Modelagem do Problema**

O método PROMETHEE foi selecionado por não admitir a relação de incomparabilidade entre as alternativas, ou seja, o resultado é uma pré-ordem completa. Assim, a hierarquia obtida vai depender do comparativo entre todas as opções de projetos de descomissionamento de equipamentos submarinos. O software utilizado para este método foi o *Visual Promethee Academy*.

Neste programa devemos ter como entrada os seguintes dados:

1. As opções de descomissionamento;
2. Os critérios subdivididos em subcritérios;
3. Os pesos dos subcritérios;
4. Os valores estimados de cada opção de descomissionamento para cada subcritério;
5. A função de preferência utilizada com os seus intervalos definidos;
6. O descomissionamento dos equipamentos em estudo;
7. Se os valores de preferência são mínimos ou máximos.

Na **Figura 13** encontram-se visualmente os itens abordados acima.

Visual PROMETHEE Academic - Promethee\_23\_08\_18.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

Descomissionamen...	Risco de Seg...	Risco de Seg...	Impactos Am...	Legados dos...	Energia Utiliz...	Emissão de...	Planejamento	Complexidad...	Procediment...	Equipamento...	Confiability...	Vulnerabili...	Vulnerabili...	Emprego	Custo
Unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences															
Min/Max	min	min	max	max	min	min	max	max	max	max	max	max	max	max	min
Weight	15,10	15,10	9,06	9,06	9,06	9,06	6,85	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	9,01	10,88
Preference Fcn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	5,33	4,24	0,88	68,47	145430,61	13,10	1,25	1,02	0,62	0,83	0,50	1,67	0,98	37,33	22167535,87
- P: Preference	12,86	7,24	2,28	142,47	346480,94	30,43	2,65	2,42	1,48	2,03	1,03	3,20	2,18	70,26	40003469,21
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics															
Minimum	3,00	1,00	7,00	165,00	143607,00	8,00	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	1,00	2,00	100,00	16855000,00
Maximum	22,00	10,00	10,00	387,00	574429,00	45,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00	5,00	188,00	66956000,00
Average	11,17	8,50	8,17	292,00	429946,50	33,00	1,83	2,50	2,83	3,67	3,67	1,83	3,00	170,33	57659500,00
Standard Dev.	5,96	3,35	1,07	65,08	160170,87	14,02	1,21	1,12	0,69	0,94	0,47	1,46	1,00	32,13	18365730,82
Evaluations															
Remoção Comple...	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
RC - Reel	12,00	10,00	7,00	300,00	574429,00	40,00	1,00	3,00	3,00	4,00	4,00	1,00	3,00	188,00	66956000,00
RC - S-lay reverso	12,00	10,00	7,00	300,00	574429,00	40,00	1,00	3,00	3,00	4,00	4,00	1,00	3,00	188,00	66956000,00
RC - Guilhotina	22,00	10,00	8,00	300,00	500000,00	45,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	1,00	2,00	188,00	66956000,00
RC - ROV	6,00	10,00	8,00	300,00	500000,00	45,00	3,00	1,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	188,00	66956000,00
Remoção Parcial...	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
RP - Trecho Riser	12,00	10,00	9,00	165,00	287214,00	20,00	1,00	3,00	3,00	4,00	4,00	1,00	3,00	170,00	61278000,00
Reutilização	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Actions: 9 (6 active) Criteria: 15 (15 active) Scenarios: 10 (10 active) Locale: Belgium I6/1 Saved

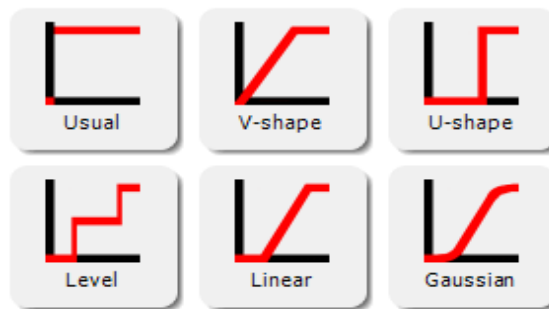
Figura 13 - Entradas do programa *Visual Promethee*.

#### 4.4.2 Execução

O método PROMETHEE possui basicamente 6 funções de preferência que influenciam na tomada de decisão. Essas funções aplicadas à tomada de decisão podem ser entendidas como um meio-termo entre a lógica booleana e a lógica *fuzzy*. O programa Visual PROMETHEE disponibiliza essas funções com nomenclatura própria (Figura 14), como auxílio do processo decisório, no qual cada função possui sua característica:

- Usual – Assemelha-se à lógica booleana na qual existem apenas dois valores possíveis 0 e 1, correspondendo à verdadeiro ou falso, respectivamente. Neste caso qualquer critério que se encontra no ponto inferior (Pertinência = 0) é falso, e qualquer outro ponto se torna verdadeiro.
- V-shape – Não possui um intervalo inferior, ou seja, não existe um intervalo no qual mínimos estejam contidos. Portanto os valores inferiores muito próximos são considerados diferentes e consequentemente podem alterar o processo de decisão. Depois possui uma faixa transitória, que pode ser entendida como a verdade tornando-se falsa. E, por fim, um intervalo superior de pertinência igual 1.
- U-shape – Assemelha-se a lógica booleana na qual existem apenas dois valores possíveis 0 e 1, correspondendo à verdadeiro ou falso, respectivamente. Neste caso existe um intervalo inferior (falso) e outro superior (verdadeiro).

- Level – Possui 3 intervalos, inferior, médio e superior correspondendo a falso, meio verdadeiro (ou meio falso) e verdadeiro respectivamente.
- Linear – Semelhante ao V-shape, porém neste caso também possui um intervalo inferior.
- Gaussian – Semelhante à linear, porém com o ponto final do intervalo inferior e o ponto inicial do intervalo superior não definidos.



**Figura 14** - Funções de preferência do *Visual Promethee*.

**Fonte:** *Software Visual Promethee*.

Para a análise da tomada de decisão, a função de preferência escolhida foi a linear. Esta função foi escolhida pois adere-se à lógica *fuzzy*, na qual existem valores transitórios de pertinência e possui intervalos inferiores e superiores bem definidos.

Esses intervalos interferem no processo decisório, uma vez que valores muito próximos, tanto inferiores como superiores, são considerados no mesmo intervalo, e portanto retornam um grau de pertinência igual.

A faixa transitória de pertinência (pertinência entre 0 e 1) interfere no processo decisório por considerar todos os valores intermediários e não apenas os maiores e menores.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendo compilado todas as entradas necessárias para a utilização das análises multicritério, este capítulo nos mostrará os resultados obtidos para o descomissionamento dos equipamentos submarinos a partir das análises AHP e PROMETHEE.

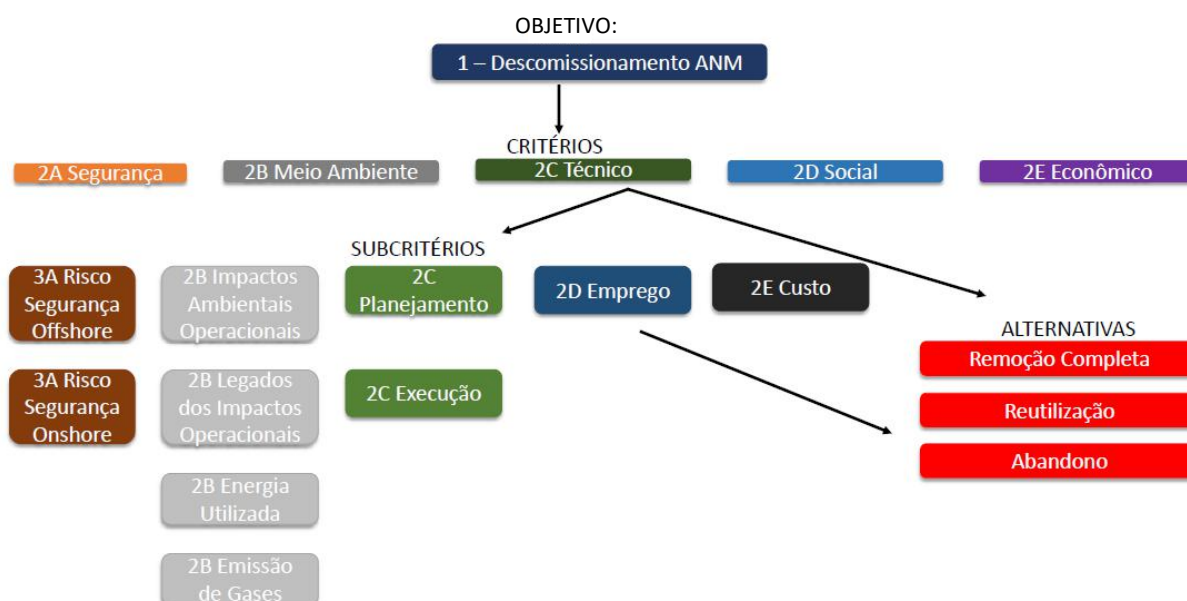
### 5.1 Resultados Obtidos para a metodologia AHP

#### 5.1.1 Descomissionamento da ANM-H

Para o descomissionamento da ANM-H as alternativas para o descomissionamento atribuídas foram:

1. Remoção Completa;
2. Reutilização;
3. Abandono.

O modelo hierárquico para a estruturação do problema é apresentado na **Figura 15**.



**Figura 15** - Modelo do descomissionamento da ANM-H.

Após compilação dos dados, foi obtida a matriz decisão para o descomissionamento da ANM-H (**Figura 16**). Com isso, pode-se verificar a ordenação das alternativas para o descomissionamento do equipamento em questão. As pontuações dadas para os subcritérios estão sendo apresentadas no **APÊNDICE B**.

De acordo com a configuração das pontuações atribuídas na **Figura 16**, recomenda-se que a alternativa de descomissionamento para a ANM-H será o abandono do equipamento no fundo do mar.

Para a realização da análise de sensibilidade para os equipamentos descomissionados, foram formulados seis cenários variando os pesos dos critérios para que pudéssemos examinar quão sensível é a alternativa escolhida se as variáveis envolvidas no modelo de decisão forem alteradas (**Tabela 13**):

1. O primeiro cenário, representa o caso base, onde os valores dos critérios foram atribuídos a partir do julgamento de consultores com experiência na indústria de óleo e gás;
2. Os cenários 2 a 5, foram estabelecidos colocando, alternativamente, mais importância (40,0%) em cada um dos seguintes grupos de critérios: segurança, meio ambiente, técnico e social;
3. Já o sexto cenário, 6, é estabelecido atribuindo pesos iguais a todos os grupos de critérios (25,0%), mas excluindo os critérios econômicos.

Através da análise de sensibilidade, pode-se verificar que alterando os pesos dos critérios conforme os cenários de 2 a 6, não houveram mudanças na alternativa recomendada. Viu-se apenas uma mudança da pior alternativa de descomissionamento deste equipamento passar de remoção completa (cenário caso base) para reutilização nos cenários 2, 4, 5 e 6.

<b>Critérios/Alternativas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>VETOR DECISÃO</b>	<b>DECISÃO</b>
<b>Vetor dos Critérios</b>	15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%		
<b>Remoção Completa</b>	18,75%	12,50%	28,57%	30,77%	23,72%	43,55%	25,00%	20,00%	33,33%	33,33%	36,36%	33,33%	30,77%	43,02%	26,82%	26,83%	3º
<b>Reutilização</b>	18,75%	12,50%	33,33%	32,97%	28,83%	48,39%	25,00%	20,00%	33,33%	33,33%	36,36%	33,33%	30,77%	35,48%	23,67%	27,34%	2º
<b>Abandono</b>	62,50%	75,00%	38,10%	36,26%	47,45%	8,06%	50,00%	60,00%	33,33%	33,33%	27,27%	33,33%	38,46%	21,51%	49,51%	45,85%	1º

**Figura 16** - Matriz decisão para o descomissionamento da ANM-H.

Legendas:

<b>1</b> – Risco de Segurança para o Pessoal no Mar	<b>6</b> – Emissão de Gases	<b>11</b> – Confiabilidade do Equipamento
<b>2</b> – Risco de Segurança para o Pessoal em Terra	<b>7</b> – Planejamento	<b>12</b> – Vulnerabilidade à Problemas Climáticos
<b>3</b> – Impacto Ambiental Operacional	<b>8</b> – Complexidade da Opção	<b>13</b> – Vulnerabilidade à Problemas de Condição de Instalação
<b>4</b> – Legados dos Impactos Ambientais	<b>9</b> – Procedimento Novo	<b>14</b> – Emprego
<b>5</b> – Energia Utilizada	<b>10</b> – Equipamento Novo	<b>15</b> - Custo



**Tabela 13** - Definição de pesos para grupos de critérios em diferentes cenários.

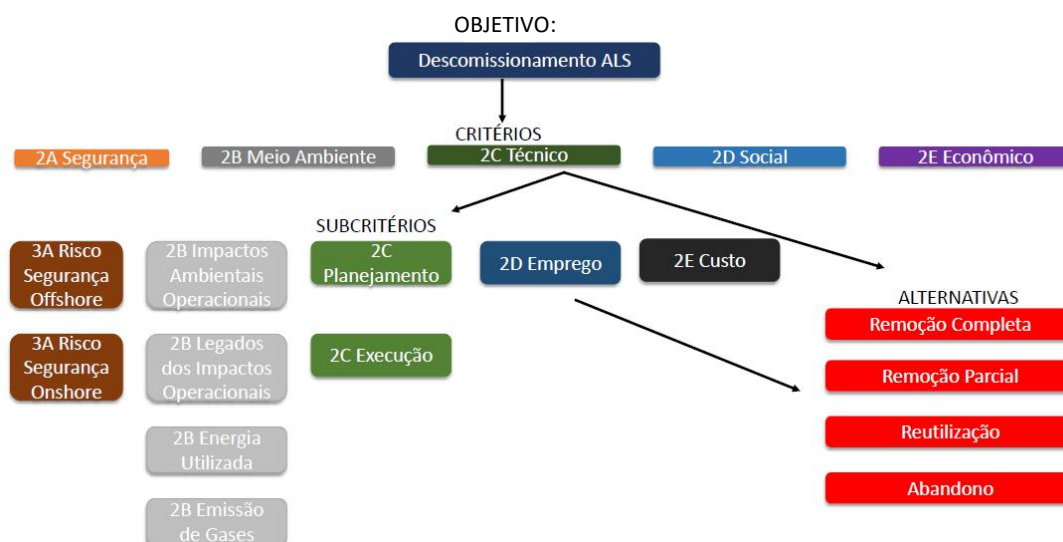
<b>Critério</b>	<b>Sub-Critério</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>	
<b>Segurança</b>	Risco de Segurança Offshore	<b>30,20%</b>	15,10%	<b>40,00%</b>	20,00%	<b>15,00%</b>	7,50%	<b>15,00%</b>	7,50%	<b>15,00%</b>	7,50%	<b>25,00%</b>	12,50%
	Risco de Segurança Onshore		15,10%		20,00%		7,50%		7,50%		7,50%		12,50%
<b>Ambiental</b>	Impacto Ambiental	<b>36,23%</b>	9,06%	<b>15,00%</b>	3,75%	<b>40,00%</b>	10,00%	<b>15,00%</b>	3,75%	<b>15,00%</b>	3,75%	<b>25,00%</b>	6,25%
	Legados dos Impactos Ambientais		9,06%		3,75%		10,00%		3,75%		3,75%		6,25%
	Energia Utilizada		9,06%		3,75%		10,00%		3,75%		3,75%		6,25%
	Emissão de Gases		9,06%		3,75%		10,00%		3,75%		3,75%		6,25%
<b>Técnico</b>	Planejamento	<b>13,70%</b>	6,85%	<b>15,00%</b>	7,50%	<b>15,00%</b>	7,50%	<b>40,00%</b>	20,00%	<b>15,00%</b>	7,50%	<b>25,00%</b>	12,50%
	Execução		6,85%		7,50%		7,50%		20,00%		7,50%		12,50%
<b>Social</b>	Emprego	<b>9,01%</b>	9,01%	<b>15,00%</b>	15,00%	<b>15,00%</b>	15,00%	<b>15,00%</b>	15,00%	<b>40,00%</b>	40,00%	<b>25,00%</b>	25,00%
<b>Econômico</b>	Custo	<b>10,88%</b>	10,88%	<b>15,00%</b>	15,00%	<b>15,00%</b>	15,00%	<b>15,00%</b>	15,00%	<b>15,00%</b>	15,00%	<b>0,00%</b>	0,00%

### 5.1.2 Descomissionamento da ALS

As alternativas elencadas para a realização do descomissionamento da ALS estão descritas abaixo:

1. Remoção Completa;
2. Remoção Parcial;
  - a. Retirada do Módulo de Bombeio (MOBO);
3. Reutilização;
4. Abandono.

A **Figura 17** mostra o modelo hierárquico, com critérios e alternativas, para o descomissionamento deste equipamento.



**Figura 17** - Modelo do descomissionamento da ALS.

Como o equipamento ALS é formado por base de fluxo e MOBO, o mesmo pode ter seu MOBO retirado a qualquer momento. Logo a remoção parcial também se torna viável para este tipo de equipamento.

Após compilação dos dados, foi obtida a matriz decisão para o descomissionamento da ALS (**Figura 18**). Pode-se verificar a ordenação das alternativas para o descomissionamento do equipamento em questão. Os pesos dados a cada subcritério estão sendo apresentadas no **APÊNDICE B**.

De acordo com a **Figura 18**, pode-se verificar que a opção de descomissionamento para a ALS indicada pelo método AHP foi o abandono do equipamento no fundo do mar.

A análise de sensibilidade realizada a partir da **Tabela 13**, mostra que a alternativa recomendada, bem como, a pior alternativa, não mudaram para nenhum dos cenários estudados. Logo, podemos concluir que mesmo modificando as pontuações (pesos) dos subcritérios não teremos mudanças na ordenação das alternativas de descomissionamento para o equipamento em questão.

Crítérios/Alternativas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO
<b>Vetor dos Critérios</b>	<b>15,10%</b>	<b>15,10%</b>	<b>9,06%</b>	<b>9,06%</b>	<b>9,06%</b>	<b>9,06%</b>	<b>6,85%</b>	<b>1,14%</b>	<b>1,14%</b>	<b>1,14%</b>	<b>1,14%</b>	<b>1,14%</b>	<b>1,14%</b>	<b>9,01%</b>	<b>10,88%</b>		
<b>Remoção Completa</b>	10,00%	9,09%	23,08%	26,19%	11,11%	36,00%	10,00%	11,11%	11,11%	10,00%	20,00%	11,11%	21,43%	29,36%	14,38%	<b>17,47%</b>	<b>4°</b>
<b>Remoção Parcial</b>	13,33%	9,09%	19,23%	17,62%	22,22%	18,40%	30,00%	22,22%	22,22%	30,00%	26,67%	22,22%	21,43%	26,83%	27,27%	<b>19,49%</b>	<b>3°</b>
<b>Reutilização</b>	10,00%	9,09%	26,92%	28,10%	22,22%	38,40%	30,00%	33,33%	33,33%	30,00%	26,67%	11,11%	21,43%	29,36%	14,96%	<b>21,46%</b>	<b>2°</b>
<b>Abandono</b>	66,67%	72,73%	30,77%	28,10%	44,44%	7,20%	30,00%	33,33%	33,33%	30,00%	26,67%	55,56%	35,71%	14,46%	43,40%	<b>41,59%</b>	<b>1°</b>

**Figura 18 - Matriz decisão para o descomissionamento da ALS.**

Legendas:

<b>1</b> – Risco de Segurança para o Pessoal no Mar	<b>6</b> – Emissão de Gases	<b>11</b> – Confiabilidade do Equipamento
<b>2</b> – Risco de Segurança para o Pessoal em Terra	<b>7</b> – Planejamento	<b>12</b> – Vulnerabilidade à Problemas Climáticos
<b>3</b> – Impacto Ambiental Operacional	<b>8</b> – Complexidade da Opção	<b>13</b> – Vulnerabilidade à Problemas de Condição de Instalação
<b>4</b> – Legados dos Impactos Ambientais	<b>9</b> – Procedimento Novo	<b>14</b> – Emprego
<b>5</b> – Energia Utilizada	<b>10</b> – Equipamento Novo	<b>15</b> – Custo

### 5.1.3 Descomissionamento das Linhas de Serviço

As alternativas elencadas para a realização do descomissionamento das linhas de serviço estão descritas abaixo:

1. Remoção Completa;
  - a. *Reel*;
  - b. *S-lay* reverso;
  - c. Corte e Içamento por Guilhotina;
  - d. Corte e Içamento por Veículo de Operação Remota (ROV);
2. Remoção Parcial;
  - a. Trecho *Riser*;
3. Abandono;
  - a. Limpeza.

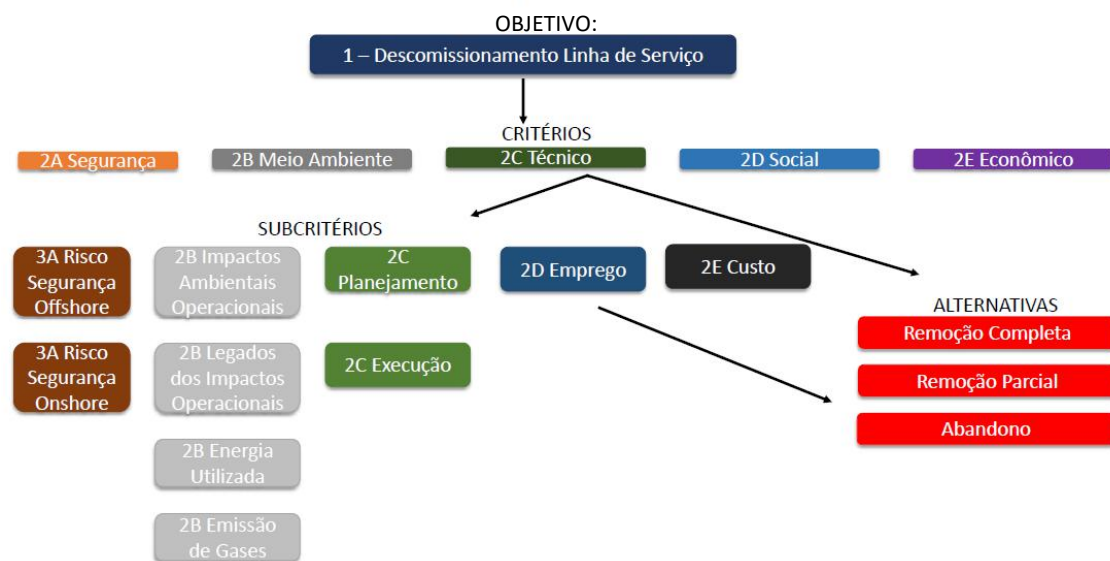
Conforme visto acima, podemos retirar as linhas de serviço completamente do fundo do mar de quatro formas distintas. A remoção parcial será dada quando retirarmos apenas o trecho *riser* da linha, deixando dessa forma a parte *flowline* abandonada. Para a realização do abandono de toda a linha de serviço, é necessária a realização de uma limpeza anterior da mesma.

As linhas de serviço do poço em estudo apresentam comprimentos diferentes de parte *flowline*. A **Tabela 14** vislumbra os comprimentos das linhas de serviço para cada poço em estudo.

**Tabela 14** - Comprimentos das linhas de serviço dos poços.

Poços	Linha de serviço – <i>Riser</i> (m)	Linha de Serviço – <i>Flowline</i> (m)
Poço – 1	2.300	4.030
Poço – 2	2.300	3.660
Poço – 3	2.300	1.500

A **Figura 19** mostra o modelo hierárquico com critérios e alternativas para o descomissionamento desta linha.



**Figura 19** - Modelo do descomissionamento da linha de serviço.

Após compilação dos dados, foi obtida a matriz decisão para o descomissionamento das linhas de serviço dos poços 1, 2 e 3 (**Figura 20**, **Figura 21** e **Figura 22**, respectivamente). Pode-se verificar a ordenação das alternativas para o descomissionamento das linhas em questão. Os pesos dados aos subcritérios estão sendo apresentados no **APÊNDICE B**.

De acordo com as **Figura 20**, **Figura 21** e **Figura 22** pode-se verificar que o método AHP recomenda como a opção de descomissionamento para as linhas de serviço o abandono da linha no fundo do mar.

As análises de sensibilidade, formuladas a partir dos cenários que se encontram na **Tabela 13**, mostraram que apenas os cenários 3 e 5 para as linhas de serviço 1 e 3 apresentaram mudanças quanto a pior alternativa, de remoção completa por guilhotina para remoção parcial – apenas do trecho *riser*, comparada ao caso base. A alternativa dita como requerida (Abandono da linha após limpeza) para todas as linhas de serviço não sofreram mudança com a modificação dos pesos dos critérios.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	10,48%	6,67%	14,29%	17,12%	9,71%	20,20%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,40%	11,03%	12,76%	3°	
	S-lay reverso		10,48%	6,67%	14,29%	17,12%	9,71%	20,20%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,40%	11,03%	12,76%	3°
	Corte e Içamento	Guilhotina	5,71%	6,67%	16,33%	17,12%	11,16%	22,73%	9,09%	6,67%	11,76%	13,64%	13,64%	9,09%	11,11%	18,40%	11,03%	12,20%	6°
		ROV	20,95%	6,67%	16,33%	17,12%	11,16%	22,73%	27,27%	6,67%	11,76%	9,09%	13,64%	18,18%	11,11%	18,40%	11,03%	15,80%	2°
Remoção Parcial	Trechos Risers	10,48%	6,67%	18,37%	9,42%	19,42%	10,10%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	16,63%	12,05%	12,35%	5°	
Abandono	Limpeza	41,90%	66,67%	20,41%	22,09%	38,84%	4,04%	36,36%	26,67%	23,53%	22,73%	18,18%	45,45%	27,78%	9,78%	43,82%	34,14%	1°	

**Figura 20** - Matriz decisão para o descomissionamento da linha de serviço do poço-1.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	10,48%	6,67%	14,29%	17,32%	9,87%	20,56%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,40%	11,07%	12,83%	3°	
	S-lay reverso	10,48%	6,67%	14,29%	17,32%	9,87%	20,56%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,40%	11,07%	12,83%	3°	
	Corte e Içamento	Guilhotina	5,71%	6,67%	16,33%	17,32%	10,53%	22,22%	9,09%	6,67%	11,76%	13,64%	13,64%	9,09%	11,11%	18,40%	11,07%	12,12%	6°
		ROV	20,95%	6,67%	16,33%	17,32%	10,53%	22,22%	27,27%	6,67%	11,76%	9,09%	13,64%	18,18%	11,11%	18,40%	11,07%	15,72%	2°
Remoção Parcial	Trechos Risers	10,48%	6,67%	18,37%	9,53%	19,74%	10,56%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	16,63%	11,85%	12,41%	5°	
Abandono	Limpeza	41,90%	66,67%	20,41%	21,19%	39,47%	3,89%	36,36%	26,67%	23,53%	22,73%	18,18%	45,45%	27,78%	9,78%	43,89%	34,11%	1°	

**Figura 21** - Matriz decisão para o descomissionamento da linha de serviço do poço-2.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	10,48%	6,67%	14,29%	16,49%	9,87%	20,56%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,40%	10,71%	12,72%	3º	
	S-lay reverso		10,48%	6,67%	14,29%	16,49%	9,87%	20,56%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,40%	10,71%	12,72%	3º
	Corte e Içamento	Guilhotina	5,71%	6,67%	16,33%	16,49%	10,53%	22,22%	9,09%	6,67%	11,76%	13,64%	13,64%	9,09%	11,11%	18,40%	10,71%	12,01%	6º
		ROV	20,95%	6,67%	16,33%	16,49%	10,53%	22,22%	27,27%	6,67%	11,76%	9,09%	13,64%	18,18%	11,11%	18,40%	10,71%	15,60%	2º
Remoção Parcial	Trechos Risers		10,48%	6,67%	18,37%	13,60%	19,74%	10,56%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	16,63%	11,15%	12,70%	5º
Abandono	Limpeza		41,90%	66,67%	20,41%	20,45%	39,47%	3,89%	36,36%	26,67%	23,53%	22,73%	18,18%	45,45%	27,78%	9,78%	46,01%	34,28%	1º

**Figura 22** - Matriz decisão para o descomissionamento da linha de serviço do poço-3.

Legendas:

<b>1</b> – Risco de Segurança para o Pessoal no Mar	<b>6</b> – Emissão de Gases	<b>11</b> – Confiabilidade do Equipamento
<b>2</b> – Risco de Segurança para o Pessoal em Terra	<b>7</b> – Planejamento	<b>12</b> – Vulnerabilidade à Problemas Climáticos
<b>3</b> – Impacto Ambiental Operacional	<b>8</b> – Complexidade da Opção	<b>13</b> – Vulnerabilidade à Problemas de Condição de Instalação
<b>4</b> – Legados dos Impactos Ambientais	<b>9</b> – Procedimento Novo	<b>14</b> – Emprego
<b>5</b> – Energia Utilizada	<b>10</b> – Equipamento Novo	<b>15</b> – Custo



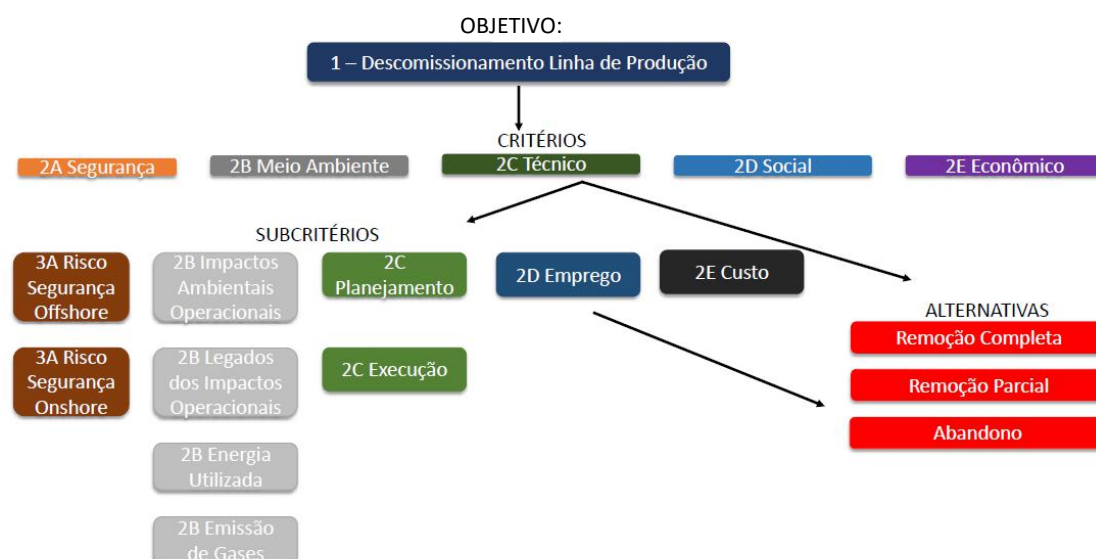
### 5.1.4 Descomissionamento das Linhas de Produção

Da mesma forma das linhas de serviço, as linhas de produção apresentam as mesmas alternativas para o seu descomissionamento. As linhas de produção são constituídas de parte *riser*, que se subdivide em *top riser* e *bottom riser*, e parte *flowline*. Como o poço 2 apresenta comprimentos distintos das partes *flowline* (**Tabela 15**) com relação aos poços 1 e 3, foram realizados estudos do descomissionamento das linhas para o poço 1 e 3 e um para o poço 2.

**Tabela 15** - Comprimentos das linhas de produção dos poços.

Poços	Linha de Produção – <i>Top Riser</i> (m)	Linha de Produção – <i>Bottom Riser</i> (m)	Linha de Serviço – <i>Flowline</i> (m)
Poço – 1	600	1.700	1.550
Poço – 2	600	1.700	1.800
Poço – 3	600	1.700	1.550

A **Figura 23** mostra o modelo hierárquico, com critérios e alternativas para o descomissionamento desta linha.



**Figura 23** - Modelo do descomissionamento da linha de produção.

As **Figura 24** e **Figura 25** mostram a matriz decisão para o descomissionamento das linhas de produção dos poços 1, 2 e 3. Pode-se verificar a ordenação das alternativas para o descomissionamento das linhas em questão. Os pesos dados a cada subcritério estão sendo apresentadas no **APÊNDICE B**.

De acordo com as **Figura 24** e **Figura 25** pode-se verificar que o método AHP recomenda como a opção de descomissionamento para as linhas de serviço o abandono da linha no fundo do mar.

A partir dos cenários que se encontram na **Tabela 13**, realizamos a análise de sensibilidade que mostrou que apenas os cenários 3, 5 e 6 para as linhas de produção apresentaram mudanças quanto a pior alternativa, de remoção completa por guilhotina para remoção parcial – apenas do trecho *riser*, comparada ao caso base. A alternativa dita como requerida (Abandono da linha após limpeza) não sofreu mudança com a modificação dos pesos dos critérios.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	9,48%	7,94%	14,29%	17,59%	9,82%	20,27%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	19,05%	11,20%	12,94%	3°	
	S-lay reverso	9,48%	7,94%	14,29%	17,59%	9,82%	20,27%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	19,05%	11,20%	12,94%	3°	
	Corte e Içamento	Guilhotina	5,17%	6,35%	16,33%	17,59%	10,74%	22,52%	9,09%	6,67%	11,76%	13,64%	13,64%	9,09%	11,11%	19,05%	11,20%	12,13%	6°
		ROV	9,48%	6,35%	16,33%	17,59%	10,74%	22,52%	27,27%	6,67%	11,76%	9,09%	13,64%	18,18%	11,11%	19,05%	11,20%	14,08%	2°
Remoção Parcial	Trechos Risers	9,48%	7,94%	18,37%	11,17%	19,63%	10,36%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	14,29%	11,73%	12,35%	5°	
Abandono	Limpeza	56,90%	63,49%	20,41%	18,47%	39,26%	4,05%	36,36%	26,67%	23,53%	22,73%	18,18%	45,45%	27,78%	9,52%	43,48%	35,58%	1°	

**Figura 24** - Matriz decisão para o descomissionamento das linhas de produção dos poços -1 e 3.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	9,48%	7,94%	14,29%	17,39%	9,82%	20,27%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	19,05%	11,24%	12,92%	3°	
	S-lay reverso	9,48%	7,94%	14,29%	17,39%	9,82%	20,27%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	19,05%	11,24%	12,92%	3°	
	Corte e Içamento	Guilhotina	5,17%	6,35%	16,33%	17,39%	10,74%	22,52%	9,09%	6,67%	11,76%	13,64%	13,64%	9,09%	11,11%	19,05%	11,24%	12,12%	6°
		ROV	9,48%	6,35%	16,33%	17,39%	10,74%	22,52%	27,27%	6,67%	11,76%	9,09%	13,64%	18,18%	11,11%	19,05%	11,24%	14,07%	2°
Remoção Parcial	Trechos Risers	9,48%	7,94%	18,37%	11,04%	19,63%	10,36%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	14,29%	11,83%	12,35%	5°	
Abandono	Limpeza	56,90%	63,49%	20,41%	19,41%	39,26%	4,05%	36,36%	26,67%	23,53%	22,73%	18,18%	45,45%	27,78%	9,52%	43,21%	35,64%	1°	

**Figura 25** - Matriz decisão para o descomissionamento da linha de produção do poço-2.

Legendas:

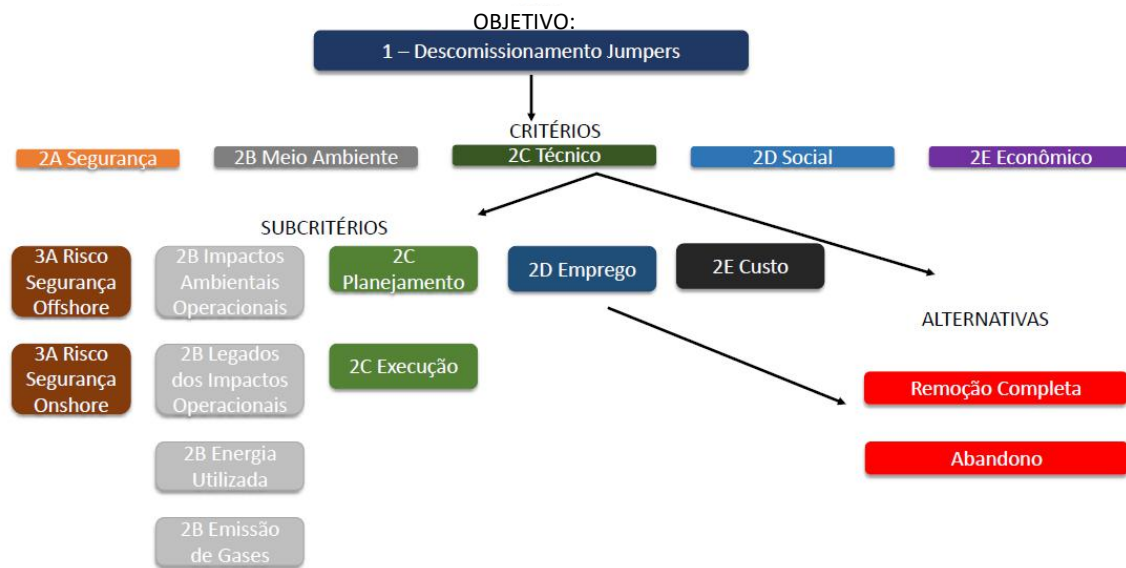
<b>1</b> – Risco de Segurança para o Pessoal no Mar	<b>6</b> – Emissão de Gases	<b>11</b> – Confiabilidade do Equipamento
<b>2</b> – Risco de Segurança para o Pessoal em Terra	<b>7</b> – Planejamento	<b>12</b> – Vulnerabilidade à Problemas Climáticos
<b>3</b> – Impacto Ambiental Operacional	<b>8</b> – Complexidade da Opção	<b>13</b> – Vulnerabilidade à Problemas de Condição de Instalação
<b>4</b> – Legados dos Impactos Ambientais	<b>9</b> – Procedimento Novo	<b>14</b> – Emprego
<b>5</b> – Energia Utilizada	<b>10</b> – Equipamento Novo	<b>15</b> - Custo

### 5.1.5 Descomissionamento dos *Jumpers*

As alternativas elencadas para a realização do descomissionamento dos *jumpers* estão descritas abaixo:

1. Remoção Completa;
  - a. Reel;
  - b. S-lay reverso;
  - c. Corte e içamento por Guilhotina;
  - d. Corte e içamento por ROV;
2. Abandono;
  - a. Limpeza.

A **Figura 26** mostra o modelo hierárquico com critérios e alternativas para o descomissionamento deste equipamento.



**Figura 26** - Modelo do descomissionamento dos *Jumpers*.

Como os *jumpers* apresentam o mesmo comprimento de 60m para todos os poços foi elaborada apenas uma matriz decisão (**Figura 27**). Pode-se verificar a ordenação das alternativas para o descomissionamento em questão. Os pesos dados aos subcritérios estão sendo apresentadas no **APÊNDICE B**.

De acordo com a **Figura 27** pode-se verificar que o método AHP recomenda o abandono da linha no fundo do mar como a opção de descomissionamento para os *jumpers*.

A análise de sensibilidade realizada a partir da **Tabela 13**, não mostrou qualquer alteração da ordenação das alternativas com a mudança dos cenários. Isto nos leva a afirmar que a alternativa recomendada não sofrerá mudanças com a modificação do peso dos critérios.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	10,48%	8,62%	17,50%	18,18%	16,52%	22,83%	10,00%	25,00%	21,43%	22,22%	22,22%	10,00%	20,00%	22,62%	12,36%	15,13%	3°	
	S-lay reverso	10,48%	8,62%	17,50%	18,18%	16,52%	22,83%	10,00%	25,00%	21,43%	22,22%	22,22%	10,00%	20,00%	22,62%	12,36%	15,13%	3°	
	Corte e Içamento	Guilhotina	5,71%	6,90%	20,00%	18,18%	16,95%	25,00%	10,00%	8,33%	14,29%	16,67%	16,67%	10,00%	13,33%	22,62%	12,36%	14,14%	5°
		ROV	10,48%	6,90%	20,00%	18,18%	16,95%	25,00%	30,00%	8,33%	14,29%	11,11%	16,67%	20,00%	13,33%	22,62%	12,36%	16,27%	2°
Abandono	Limpeza	62,86%	68,97%	25,00%	27,27%	33,05%	4,35%	40,00%	33,33%	28,57%	27,78%	22,22%	50,00%	33,33%	9,52%	50,56%	39,36%	1°	

**Figura 27 - Matriz decisão para o descomissionamento dos jumpers.**

Legendas:

<b>1</b> – Risco de Segurança para o Pessoal no Mar	<b>6</b> – Emissão de Gases	<b>11</b> – Confiabilidade do Equipamento
<b>2</b> – Risco de Segurança para o Pessoal em Terra	<b>7</b> – Planejamento	<b>12</b> – Vulnerabilidade à Problemas Climáticos
<b>3</b> – Impacto Ambiental Operacional	<b>8</b> – Complexidade da Opção	<b>13</b> – Vulnerabilidade à Problemas de Condição de Instalação
<b>4</b> – Legados dos Impactos Ambientais	<b>9</b> – Procedimento Novo	<b>14</b> – Emprego
<b>5</b> – Energia Utilizada	<b>10</b> – Equipamento Novo	<b>15</b> - Custo

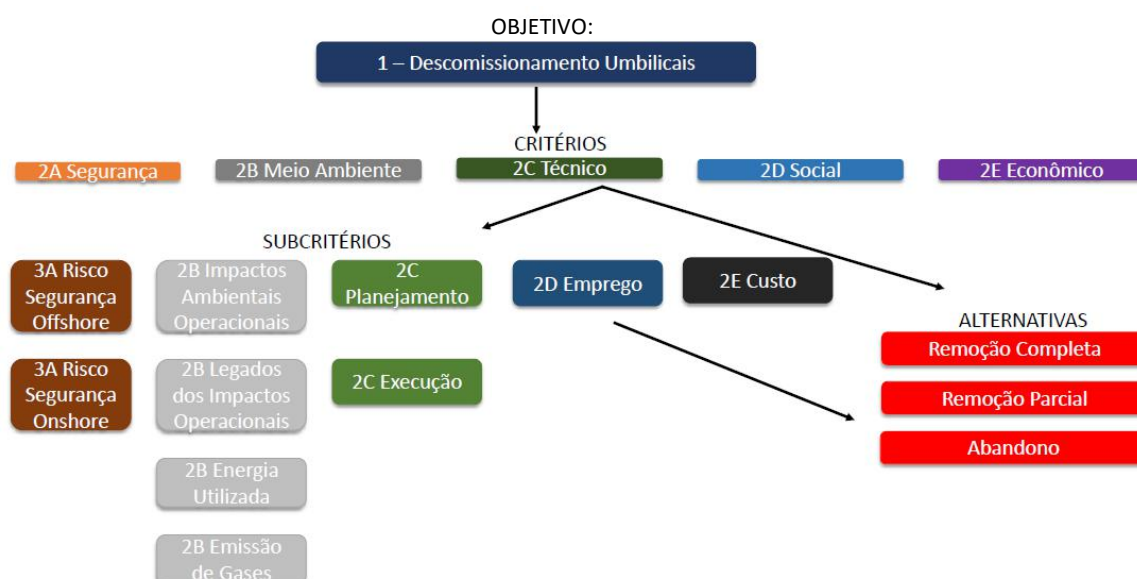
### 5.1.6 Descomissionamento dos Umbilicais

Os umbilicais apresentam as mesmas alternativas de descomissionamento que as linhas de serviço e produção. Os umbilicais também são constituídos de parte *riser* e parte *flowline*. Como todos os poços apresentam comprimento distintos (**Tabela 16**) foram realizados estudos de descomissionamento desse equipamento para todos os poços.

**Tabela 16** - Comprimentos dos umbilicais dos poços.

Poços	Umbilical – <i>Riser</i> (m)	Umbilical – <i>Flowline</i> (m)
Poço – 1	3.629	3.738
Poço – 2	3.646	3.420
Poço – 3	3.710	1.010

A **Figura 28** mostra o modelo hierárquico com critérios e alternativas para o descomissionamento dos umbilicais.



**Figura 28** - Modelo do descomissionamento dos umbilicais.



As matrizes de decisão para o descomissionamento dos umbilicais dos poços 1, 2 e 3 são mostradas nas **Figura 29**, **Figura 30** e **Figura 31**, respectivamente. Dessa forma pode-se verificar a ordenação das alternativas para o descomissionamento das linhas em questão. Os pesos dados aos subcritérios estão sendo apresentadas no **APÊNDICE B**.

De acordo com as **Figura 29**, **Figura 30** e **Figura 31** o método AHP recomenda a alternativa abandono das linhas no fundo do mar para o descomissionamento dos umbilicais.

As análises de sensibilidade, formuladas a partir dos cenários que se encontram na **Tabela 13**, mostraram que para o umbilical 2 apenas o cenário 3 apresentou mudança quanto a pior alternativa, de remoção completa por guilhotina para remoção parcial – apenas do trecho *riser*, comparada ao caso base. Já para o umbilical 1, houveram mudanças da pior alternativa para o cenário 3 e 5. O umbilical 3 não houve nenhuma mudança para os cenários examinados. A alternativa dita como requerida (Abandono da linha após limpeza) para todos os umbilicais não sofreu mudança com a modificação dos pesos dos critérios.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	8,09%	7,69%	14,29%	18,13%	9,82%	20,27%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,46%	12,75%	12,86%	3º	
	S-lay reverso	8,09%	7,69%	14,29%	18,13%	9,82%	20,27%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,46%	12,75%	12,86%	3º	
	Corte e Içamento	Guilhotin a	2,94%	7,69%	16,33%	18,13%	10,74%	22,52%	9,09%	6,67%	11,76%	13,64%	13,64%	9,09%	11,11%	18,46%	12,75%	12,16%	6º
		ROV	8,09%	7,69%	16,33%	18,13%	10,74%	22,52%	27,27%	6,67%	11,76%	9,09%	13,64%	18,18%	11,11%	18,46%	12,75%	14,24%	2º
Remoção Parcial	Trechos Risers	8,09%	7,69%	18,37%	9,06%	19,63%	10,36%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	16,95%	13,79%	12,37%	5º	
Abandono	Limpeza	64,71%	61,54%	20,41%	18,42%	39,26%	4,05%	36,36%	26,67%	23,53%	22,73%	18,18%	45,45%	27,78%	9,23%	35,20%	35,53%	1º	

**Figura 29** - Matriz decisão para o descomissionamento do umbilical do poço-1.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	8,09%	7,69%	14,29%	17,58%	9,97%	20,34%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,46%	12,74%	12,82%	3º	
	S-lay reverso		8,09%	7,69%	14,29%	17,58%	9,97%	20,34%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,46%	12,74%	12,82%	3º
	Corte e Içamento	Guilhotina	2,94%	7,69%	16,33%	17,58%	10,11%	22,46%	9,09%	6,67%	11,76%	13,64%	13,64%	9,09%	11,11%	18,46%	12,74%	12,05%	6º
		ROV	8,09%	7,69%	16,33%	17,58%	10,11%	22,46%	27,27%	6,67%	11,76%	9,09%	13,64%	18,18%	11,11%	18,46%	12,74%	14,13%	2º
Remoção Parcial	Trechos Risers		8,09%	7,69%	18,37%	10,10%	19,94%	10,17%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	16,95%	13,70%	12,47%	5º
Abandono	Limpeza		64,71%	61,54%	20,41%	19,59%	39,89%	4,24%	36,36%	26,67%	23,53%	22,73%	18,18%	45,45%	27,78%	9,23%	35,35%	35,73%	1º

**Figura 30** - Matriz decisão para o descomissionamento do umbilical do poço-2.

Critérios/Alternativas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VETOR DECISÃO	DECISÃO	
Vetor dos Critérios		15,10%	15,10%	9,06%	9,06%	9,06%	9,06%	6,85%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	1,14%	9,01%	10,88%			
Remoção Completa	Reel	8,09%	7,69%	14,29%	17,06%	9,95%	20,36%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,46%	12,67%	12,77%	3°	
	S-lay reverso	8,09%	7,69%	14,29%	17,06%	9,95%	20,36%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	18,46%	12,67%	12,77%	3°	
	Corte e Içamento	Guilhotina	2,94%	7,69%	16,33%	17,06%	10,21%	22,55%	9,09%	6,67%	11,76%	13,64%	13,64%	9,09%	11,11%	18,46%	12,67%	12,01%	6°
		ROV	8,09%	7,69%	16,33%	17,06%	10,21%	22,55%	27,27%	6,67%	11,76%	9,09%	13,64%	18,18%	11,11%	18,46%	12,67%	14,09%	2°
Remoção Parcial	Trechos Risers	8,09%	7,69%	18,37%	13,96%	19,90%	10,18%	9,09%	20,00%	17,65%	18,18%	18,18%	9,09%	16,67%	16,95%	12,86%	12,72%	5°	
Abandono	Limpeza	64,71%	61,54%	20,41%	17,78%	39,79%	4,00%	36,36%	26,67%	23,53%	22,73%	18,18%	45,45%	27,78%	9,23%	36,46%	35,65%	1°	

**Figura 31** - Matriz decisão para o descomissionamento do umbilical do poço-3.

Legendas:

<b>1</b> – Risco de Segurança para o Pessoal no Mar	<b>6</b> – Emissão de Gases	<b>11</b> – Confiabilidade do Equipamento
<b>2</b> – Risco de Segurança para o Pessoal em Terra	<b>7</b> – Planejamento	<b>12</b> – Vulnerabilidade à Problemas Climáticos
<b>3</b> – Impacto Ambiental Operacional	<b>8</b> – Complexidade da Opção	<b>13</b> – Vulnerabilidade à Problemas de Condição de Instalação
<b>4</b> – Legados dos Impactos Ambientais	<b>9</b> – Procedimento Novo	<b>14</b> – Emprego
<b>5</b> – Energia Utilizada	<b>10</b> – Equipamento Novo	<b>15</b> - Custo

## 5.2 Resultados Obtidos para a metodologia PROMETHEE

Após conclusão das análises obtidas através do método AHP, utilizou-se o método *Promethee* para comparação dos resultados.

No **APÊNDICE C**, encontra-se todas as entradas necessárias para o descomissionamento dos equipamentos de acordo com cada alternativa estudada. A cada valor do subcritério foi-se associado o peso estipulado ao item conforme **Tabela 8**. Os valores atribuídos a cada subcritério apresentam suas respectivas unidades, o critério deve ser maximizado ou minimizado.

As tabelas relacionadas no **APÊNDICE C** foram inseridas no programa Visual PROMETHEE para dar prosseguimento à análise. Através do programa, foram avaliadas as opções de descomissionamento para cada equipamento.

O programa fez a comparação através do método de análise multicritério PROMETHEE GAIA, que é igual ao método PROMETHEE tradicional e difere-se apenas por ter informações gráficas que ajudam na interpretação dos resultados obtidos.

A análise de sensibilidade foi realizada para estudar a sensibilidade dos pesos atribuídos aos critérios. Os resultados apresentados nas **Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41 e Figura 42** mostram a estabilidade do peso de cada subcritério para cada cenário (linhas vermelhas). Para cada alternativa, os intervalos de estabilidade de peso fornecem os limites dentro dos quais o peso do cenário pode ser modificado sem alterar a superação completa ( $\phi$ ). Os intervalos de estabilidade só são válidos quando um peso é modificado por vez e todos os outros pesos variam proporcionalmente a fim de manter a soma dos pesos igual a 0.

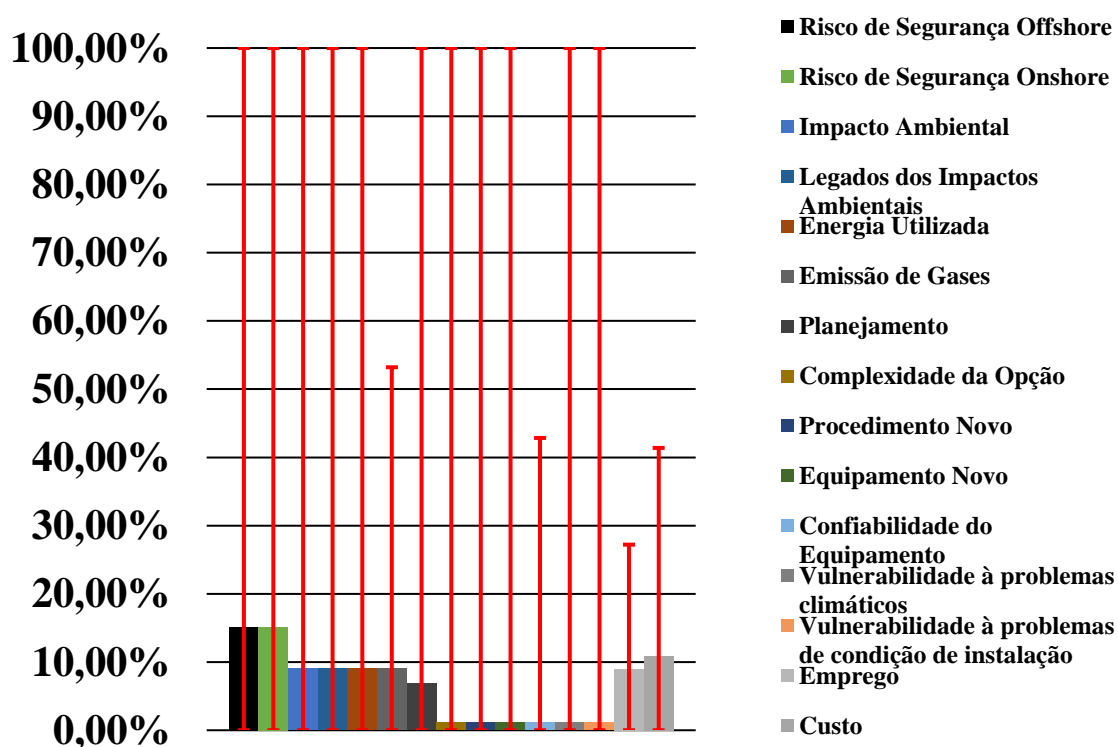
Os resultados obtidos para cada equipamento foram:

## Descomissionamento ANM-H

**Tabela 17** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento ANM-H pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono	0,6056	0,6856	0,0800
2º	Reutilização	-0,2603	0,0694	0,3297
3º	Remoção Completa	-0,3452	0,0553	0,4005

Podemos verificar na **Figura 32** que os subcritérios emissão de gases, confiabilidade do equipamento, emprego e custo após extrapolar os intervalos de estabilidade (linhas vermelhas) irão ter modificações na superação completa ( $\phi$ ), ou seja, se extrapolarmos o peso de um desses subcritérios, para após o intervalo de estabilidade, teremos uma mudança na ordenação que altera a alternativa a ser escolhida.



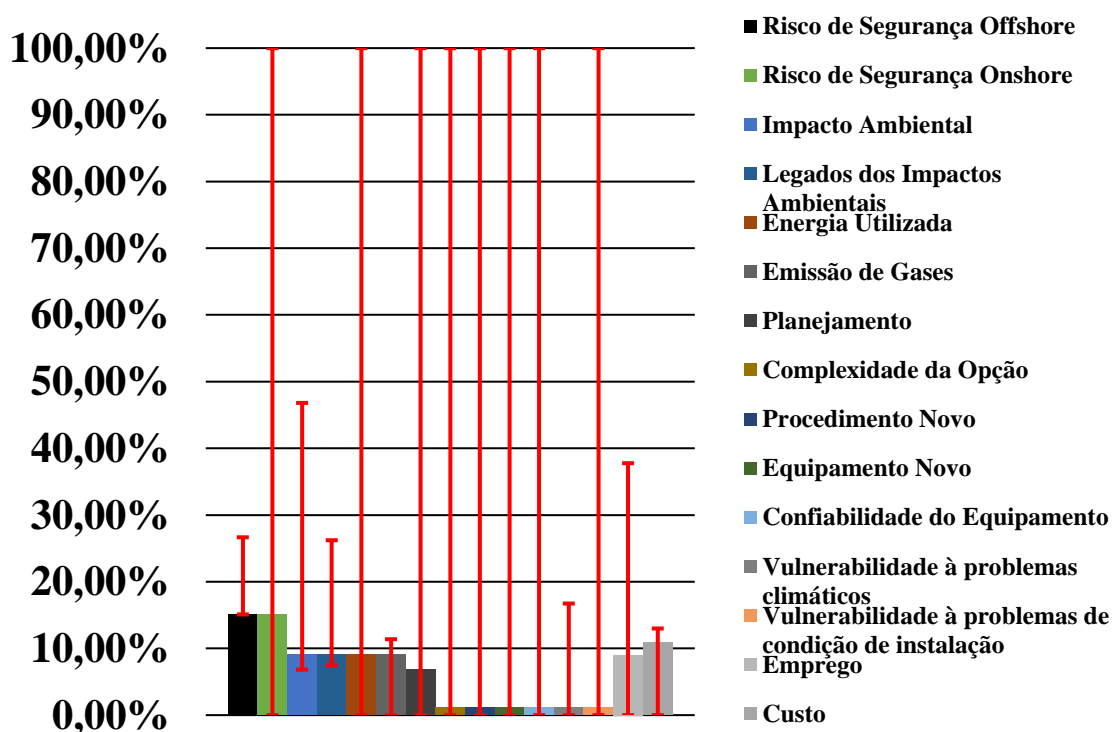
**Figura 32** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da ANM-H.

## Descomissionamento ALS

**Tabela 18** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento ALS pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono	0,5144	0,5976	0,0832
2º	Reutilização	-0,0666	0,1485	0,2151
3º	Remoção Parcial	-0,0878	0,1465	0,2343
4º	Remoção Completa	-0,3600	0,0574	0,4174

A **Figura 33** mostra que os subcritérios risco de segurança no mar, impacto ambiental, legado do impacto ambiental, emissão de gases, vulnerabilidade à problemas climáticos, emprego e custo após extrapolar os intervalos de estabilidade (linhas vermelhas) terão modificações na superação completa ( $\phi$ ), ou seja, se extrapolarmos um desses subcritérios teremos uma mudança na ordenação que altera a alternativa a ser escolhida.



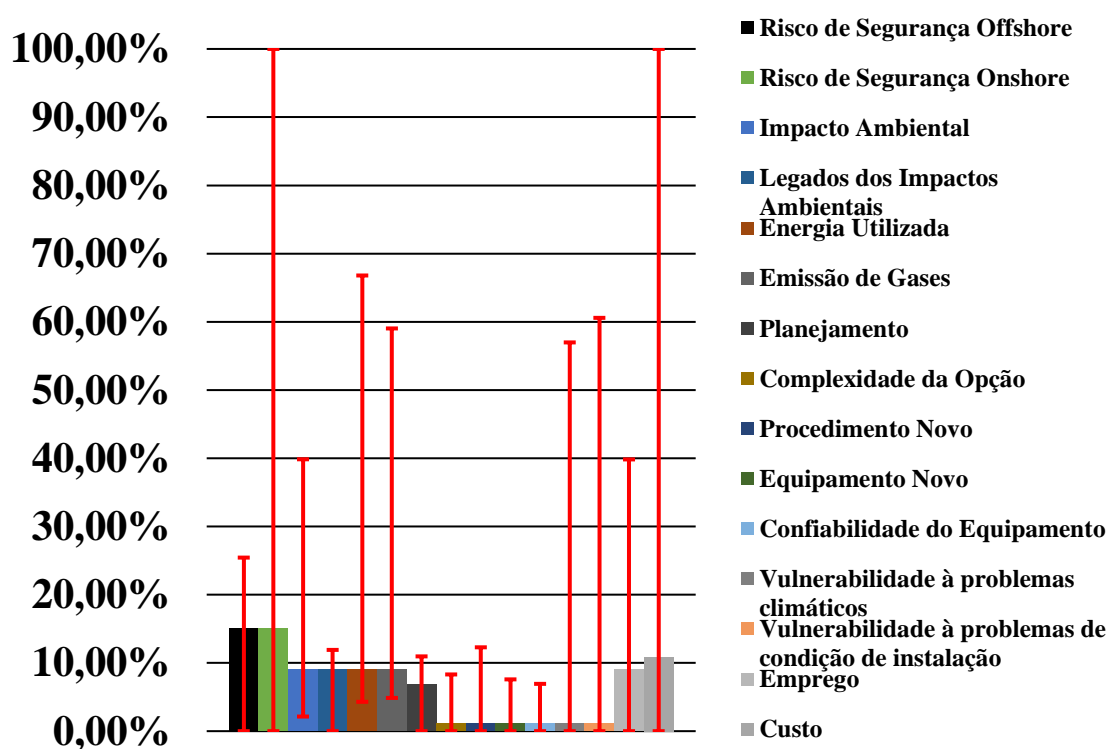
**Figura 33** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da ALS.

## Descomissionamento linha de serviço poço – 1

**Tabela 19** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de serviço do poço - 1 pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono – Limpeza	0,5903	0,6802	0,0899
2º	Remoção Parcial – Trecho Riser	-0,0229	0,1578	0,1808
3º	Remoção Completa - ROV	-0,0569	0,1050	0,1619
4º	Remoção Completa - Reel	-0,1272	0,0652	0,1924
4º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,1272	0,0652	0,1924
6º	Remoção Completa- Guilhotina	-0,2560	0,0377	0,2937

Podemos verificar na **Figura 34** que os únicos subcritérios que não alteram a superação completa ( $\phi$ ) são o risco de segurança em terra e o custo pois os mesmos não conseguem extrapolar os intervalos de estabilidade (linhas vermelhas). Os demais subcritérios, após extrapolarem os intervalos de estabilidade, terão modificações na superação completa ( $\phi$ ).



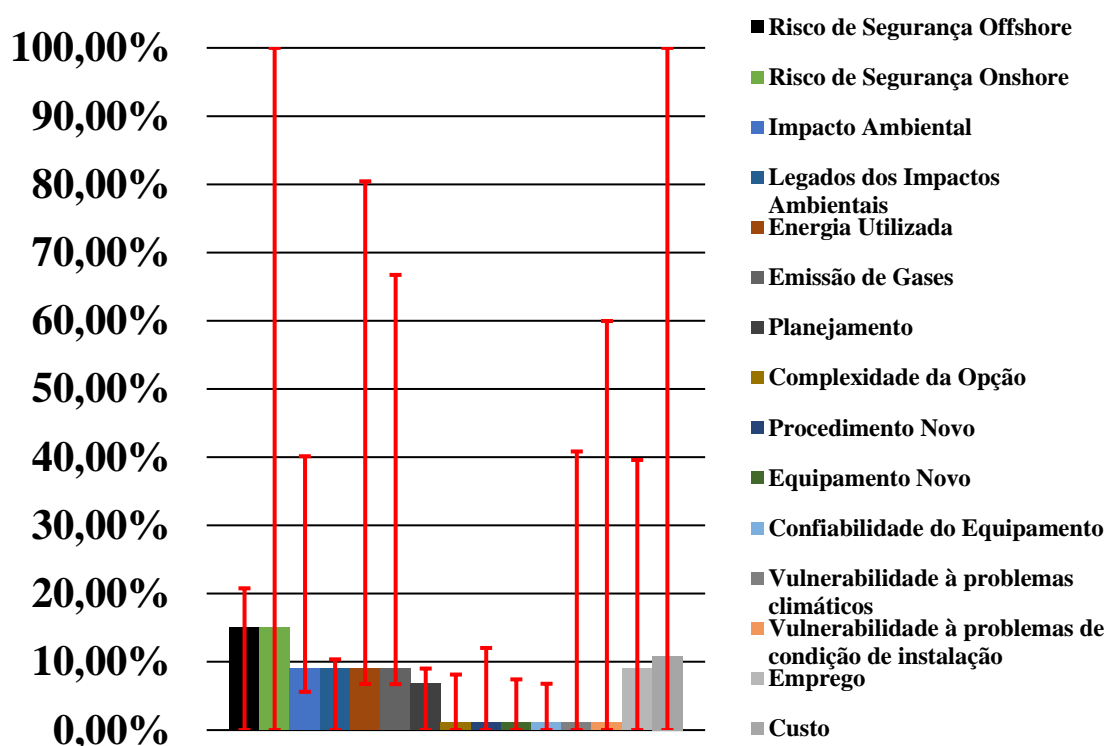
**Figura 34** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 1.

## Descomissionamento linha de serviço poço – 2

**Tabela 20** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de serviço do poço - 2 pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono – Limpeza	0,5740	0,6641	0,0901
2º	Remoção Parcial – Trecho Riser	-0,0335	0,1546	0,1881
3º	Remoção Completa - ROV	-0,0511	0,1068	0,1579
4º	Remoção Completa - Reel	-0,1196	0,0670	0,1866
4º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,1196	0,0670	0,1866
6º	Remoção Completa- Guilhotina	-0,2502	0,0396	0,2897

A **Figura 35** nos mostra que os únicos subcritérios que não alteram a superação completa ( $\phi$ ) são o risco de segurança em terra e o custo. Os demais subcritérios após extrapolarem os intervalos de estabilidade irão ter modificações na superação completa ( $\phi$ ), ou seja, se extrapolarmos um desses subcritérios teremos uma mudança na ordenação que altera a alternativa a ser escolhida.



**Figura 35** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 2.

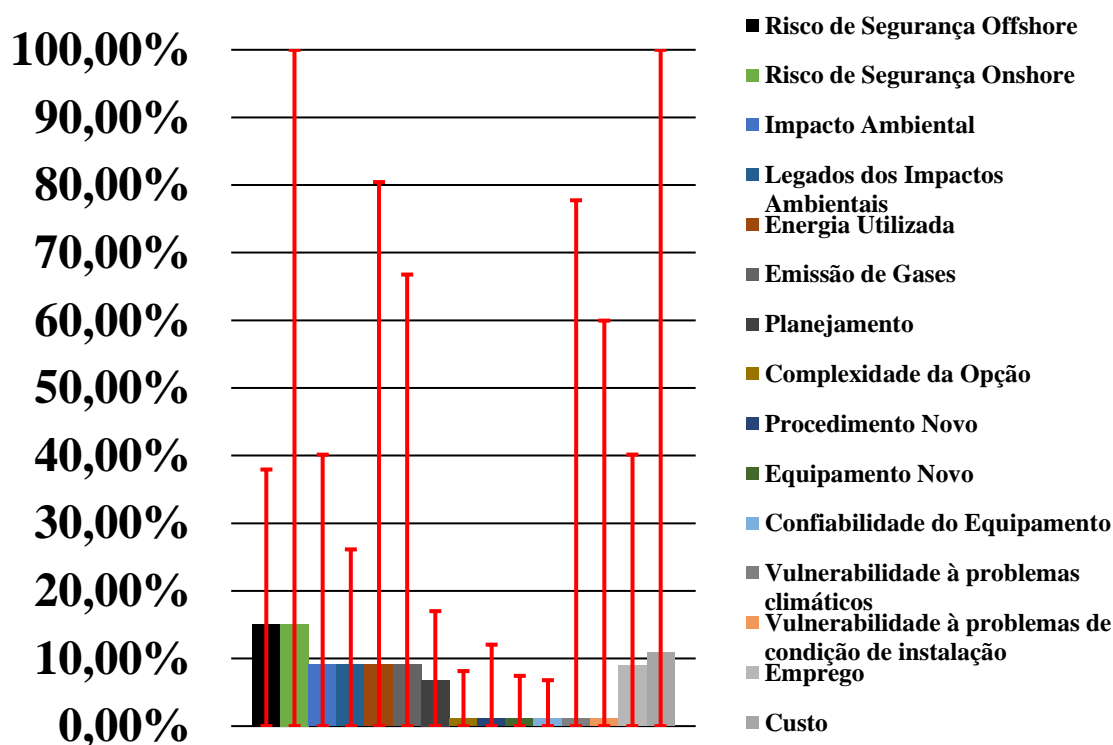


### Descomissionamento linha de serviço poço – 3

**Tabela 21** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de serviço do poço - 3 pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono – Limpeza	0,6322	0,7218	0,0896
2º	Remoção Parcial – Trecho Riser	-0,0128	0,1541	0,1413
3º	Remoção Completa - ROV	-0,0772	0,0951	0,1723
4º	Remoção Completa - Reel	-0,1458	0,0553	0,2010
4º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,1458	0,0553	0,2010
6º	Remoção Completa- Guilhotina	-0,2763	0,0279	0,3042

As linhas vermelhas referentes aos intervalos de estabilidade só modificarão a ordenação das alternativas de descomissionamento se os pesos dos subcritérios extrapolarem essas linhas. Na **Figura 36** isto poderá ocorrer para todos os subcritérios com exceção do risco de segurança em terra e para o custo.



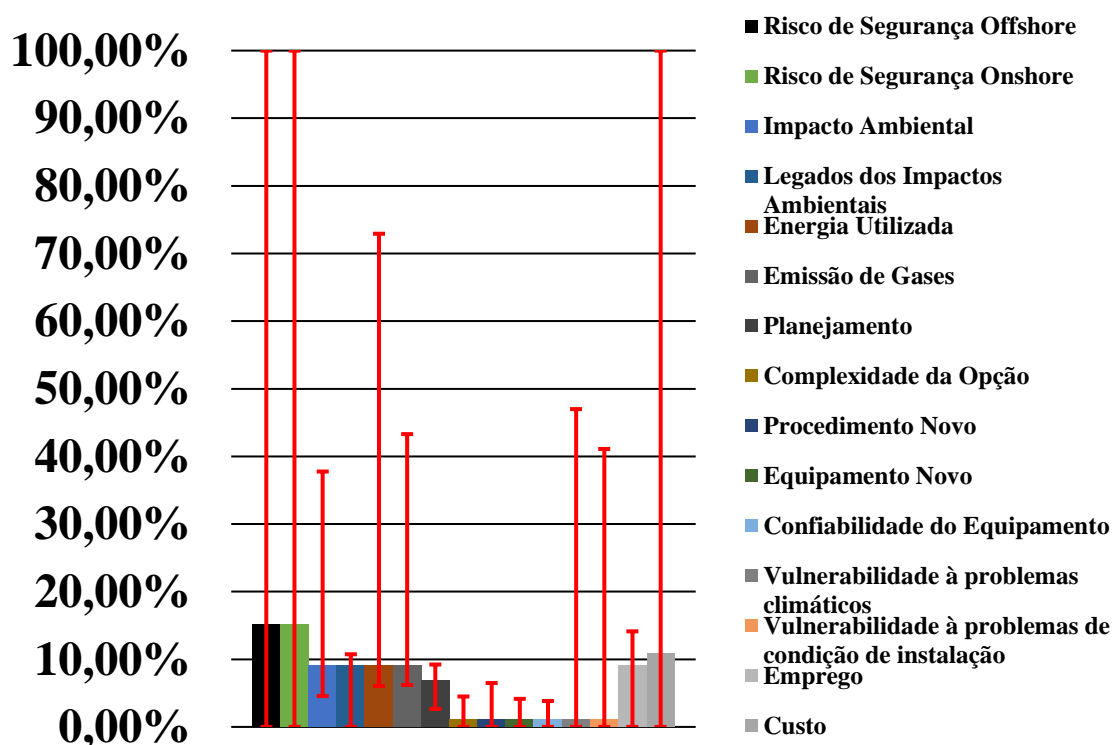
**Figura 36** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 3.

### Descomissionamento linha de produção poços – 1 e 3

**Tabela 22** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de produção dos poços – 1 e 3 pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono – Limpeza	0,6150	0,6911	0,0761
2º	Remoção Parcial – Trecho Riser	-0,0627	0,1424	0,2051
3º	Remoção Completa - ROV	-0,0853	0,0909	0,1762
4º	Remoção Completa - Reel	-0,1170	0,0706	0,1876
4º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,1170	0,0706	0,1876
6º	Remoção Completa- Guilhotina	-0,2330	0,0436	0,2766

As linhas vermelhas referentes aos intervalos de estabilidade só modificarão a ordenação das alternativas de descomissionamento se os pesos dos subcritérios extrapolarem essas linhas. Na **Figura 37** isto poderá ocorrer para todos os subcritérios com exceção do risco de segurança no mar e em terra e para o custo.



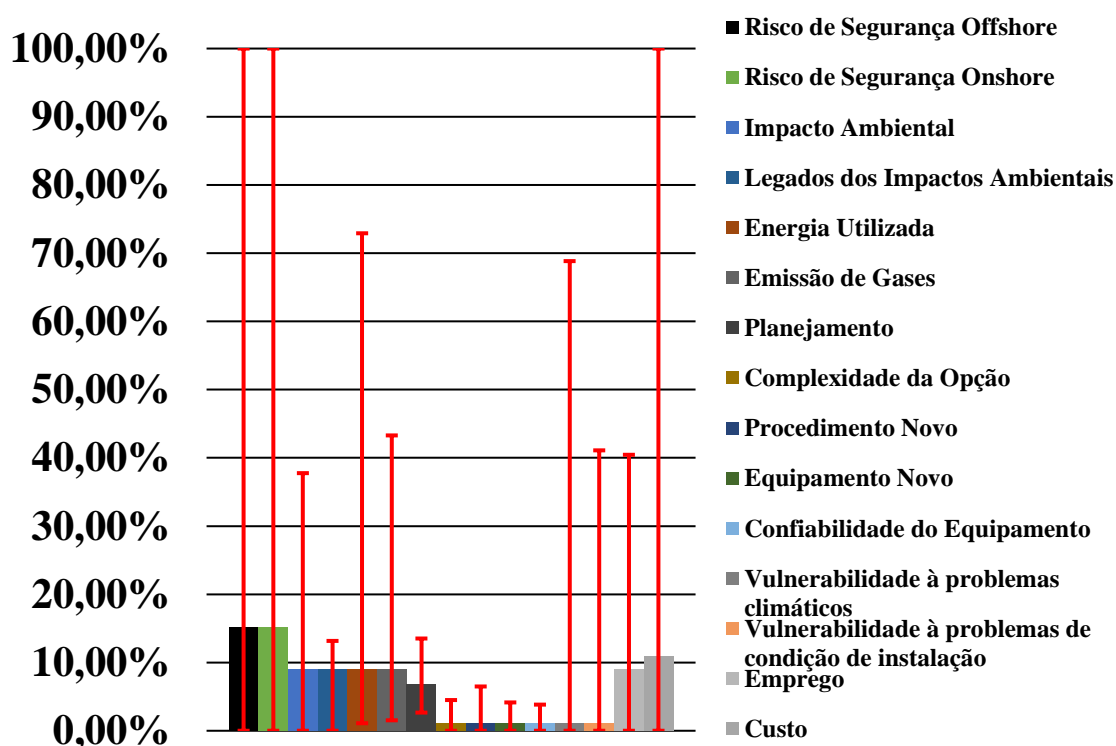
**Figura 37** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento das linhas de produção dos poços – 1 e 3.

## Descomissionamento linha de produção poço – 2

**Tabela 23** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento da linha de produção do poço – 2 pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono - Limpeza	0,6010	0,6911	0,0901
2º	Remoção Parcial – Trecho Riser	-0,0326	0,1564	0,1890
3º	Remoção Completa - ROV	-0,0894	0,0869	0,1762
4º	Remoção Completa - Reel	-0,1210	0,0665	0,1876
4º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,1210	0,0665	0,1876
6º	Remoção Completa- Guilhotina	-0,2370	0,0396	0,2766

Com relação a análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para este cenário de descomissionamento pode-se visualizar (**Figura 38**) que se extrapolarmos as linhas vermelhas em todos os subcritérios com exceção do risco de segurança no mar, em terra e para o custo teremos uma mudança na ordenação que altera a alternativa a ser escolhida.



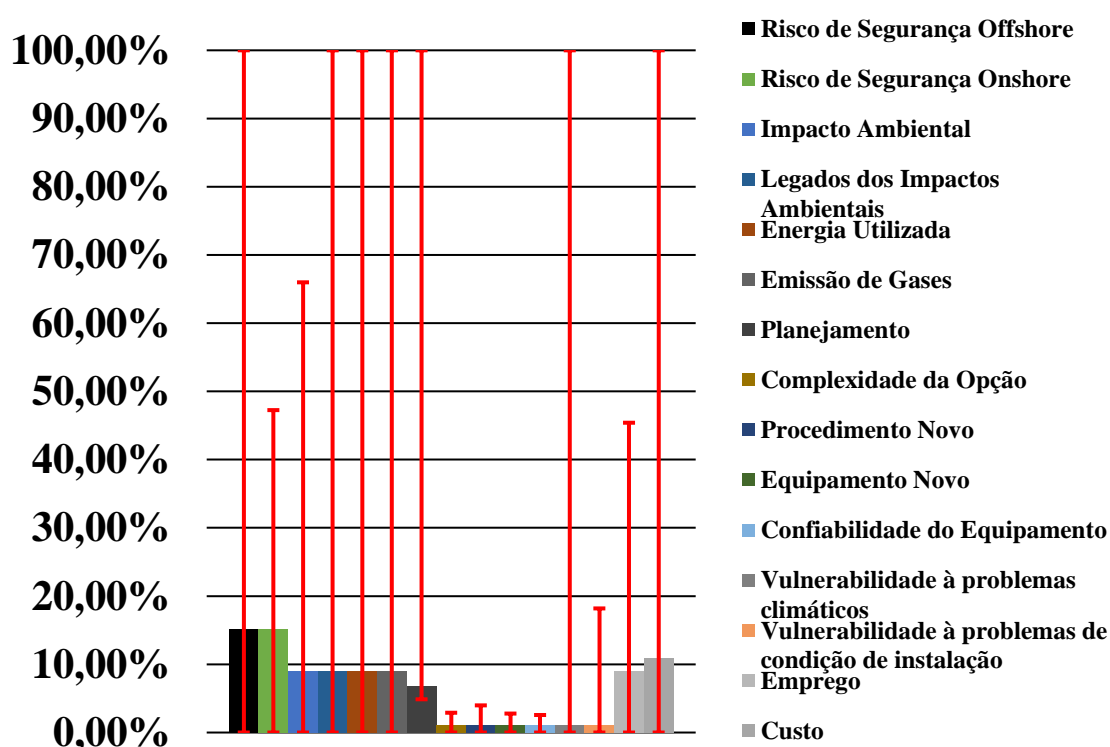
**Figura 38** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento da linha de produção do poço – 2.

### Descomissionamento jumper

**Tabela 24** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento do *jumper* pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono – Limpeza	0,7012	0,7913	0,0901
2º	Remoção Completa – ROV	-0,1322	0,0671	0,1993
3º	Remoção Completa – Reel	-0,1478	0,0547	0,2025
3º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,1478	0,0547	0,2025
5º	Remoção Completa – Guilhotina	-0,2734	0,0229	0,2963

As linhas vermelhas referentes aos intervalos de estabilidade só modificarão o ranking da melhor alternativa de descomissionamento se os pesos dos subcritérios extrapolarem estas linhas. Na **Figura 39** isto poderá ocorrer para todos os subcritérios com exceção do risco de segurança no mar, legado ambiental, energia utilizada, emissão de gases, planejamento, vulnerabilidade à problemas climáticos e para o custo.



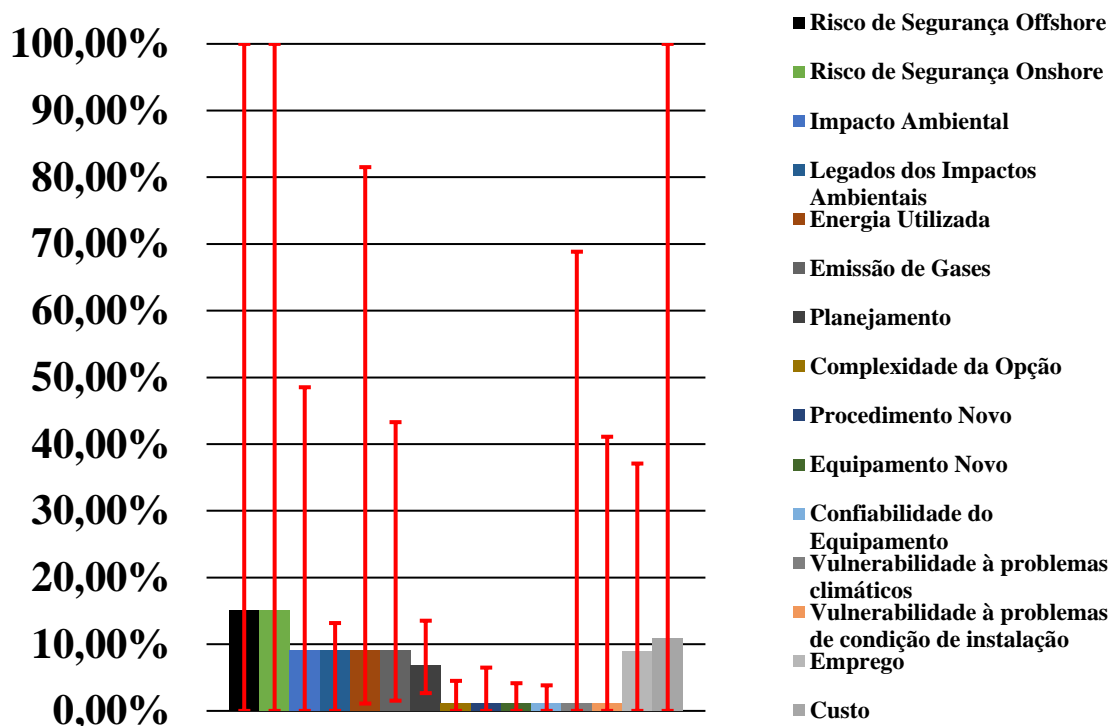
**Figura 39** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento do *jumper*.

## Descomissionamento umbilical poço – 1

**Tabela 25** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento do umbilical do poço - 1 pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono - Limpeza	0,5320	0,6221	0,0901
2º	Remoção Parcial – Trecho Riser	-0,0034	0,1683	0,1717
3º	Remoção Completa - ROV	-0,0602	0,0988	0,1590
4º	Remoção Completa - Reel	-0,0919	0,0785	0,1703
4º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,0919	0,0785	0,1703
6º	Remoção Completa- Guilhotina	-0,2846	0,0396	0,3242

A **Figura 40** nos mostra que os únicos subcritérios que não alteram a superação completa ( $\phi$ ) são o risco de segurança no mar, em terra e o custo. Os demais subcritérios após extrapolarem os intervalos de estabilidade, irão causar modificações na superação completa ( $\phi$ ), ou seja, se extrapolarmos um desses subcritérios teremos uma mudança no ranking de preferência da melhor alternativa de descomissionamento para este equipamento.



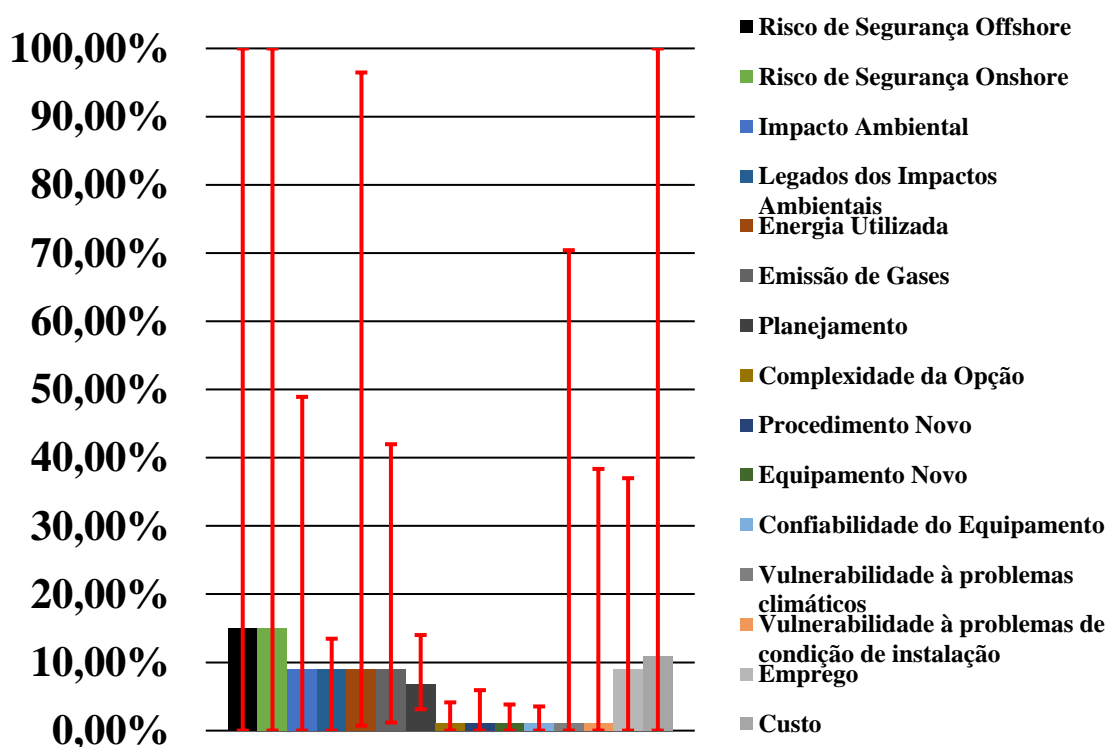
**Figura 40** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento do umbilical do poço – 1.

## Descomissionamento umbilical poço – 2

**Tabela 26** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento do umbilical do poço - 2 pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono - Limpeza	0,5320	0,6221	0,0901
2º	Remoção Parcial – Trecho Riser	-0,0013	0,1704	0,1717
3º	Remoção Completa - ROV	-0,0625	0,0988	0,1613
4º	Remoção Completa - Reel	-0,0907	0,0785	0,1691
4º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,0907	0,0785	0,1691
6º	Remoção Completa- Guilhotina	-0,2869	0,0396	0,3265

Com relação à análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para este cenário de descomissionamento pode-se visualizar (**Figura 41**) que se extrapolarmos as linhas vermelhas em todos os subcritérios com exceção do risco de segurança no mar, em terra e para o custo podemos modificar a ordenação da escolha da alternativa de descomissionamento para este item devido a mudança na superação completa ( $\phi$ ).



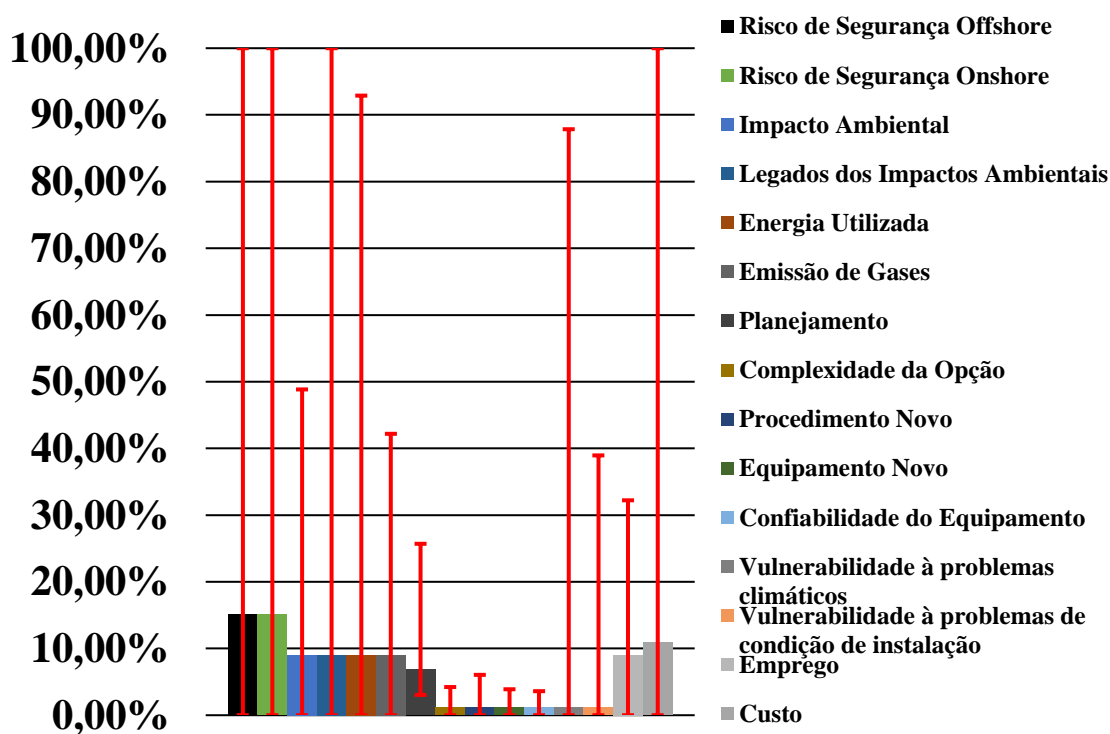
**Figura 41** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento do umbilical do poço – 2.

### Descomissionamento umbilical poço – 3

**Tabela 27** - Somatório de Phi ( $\phi$ ) no cenário de descomissionamento do umbilical do poço - 3 pelo método Promethee linear.

	Rank da Opção	Phi	Phi+	Phi-
1º	Abandono - Limpeza	0,5139	0,6040	0,0901
2º	Remoção Parcial – Trecho Riser	0,1030	0,1841	0,0811
3º	Remoção Completa - ROV	-0,0837	0,0807	0,1643
4º	Remoção Completa - Reel	-0,1126	0,0603	0,1729
4º	Remoção Completa – S-lay reverso	-0,1126	0,0603	0,1729
6º	Remoção Completa- Guilhotina	-0,3081	0,0214	0,3295

A **Figura 42** nos mostra que os únicos subcritérios que não alteram a superação completa ( $\phi$ ) são o risco de segurança no mar, em terra e o custo. Os demais subcritérios após extrapolarem os intervalos de estabilidade irão causar modificações na superação completa ( $\phi$ ), ou seja, se extrapolarmos um desses subcritérios teremos uma mudança na ordenação da escolha da alternativa de descomissionamento para este equipamento.



**Figura 42** - Análise de sensibilidade dos pesos dos subcritérios para o descomissionamento do umbilical do poço – 3.

### 5.3 Comparação e Discussões dos Resultados

Comparando os resultados obtidos através dos métodos AHP e PROMETHEE para cada equipamento, observa-se que a pior opção para o descomissionamento da ANM-H e da ALS é a remoção completa. Já para o descomissionamento dos demais equipamentos, as duas piores opções serão a remoção parcial retirando apenas o trecho *riser* e a remoção completa por corte e içamento feita por guilhotina. Essas piores opções ocupam as mesmas posições nos dois métodos avaliados e, portanto, são consideradas as piores opções globais. A opção de abandono ocupa a primeira posição em todos os equipamentos descomissionados e as demais opções variam pouquíssimo entre um método e outro, o que impossibilitou uma análise mais detalhada.

**Tabela 28** - Comparação dos métodos AHP e Promethee para os equipamentos ANM-H e ALS.

	Descomissionamento ANM-H		Descomissionamento ALS	
	AHP	Promethee	AHP	Promethee
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	Reutilização	Reutilização	Reutilização	Reutilização
3º	Remoção Completa	Remoção Completa	Remoção Parcial	Remoção Parcial
4º			Remoção Completa	Remoção Completa



**Tabela 29** - Comparação dos métodos AHP e Promethee para as linhas de serviço dos poços – 1, 2 e 3.

Descomissionamento LS Poço – 1				Descomissionamento LS Poço - 2				Descomissionamento LS Poço - 3			
AHP			Promethee	AHP			Promethee	AHP			Promethee
1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono
2º	Remoção Completa – ROV	2º	RP – Trecho Riser	2º	RC – ROV	2º	RP – Trecho Riser	2º	RC – ROV	2º	RP – Trecho Riser
3º	Remoção Completa – Reel	3º	RC – ROV	3º	RC – Reel	3º	RC – ROV	3º	RC – Reel	3º	RC – ROV
3º	Remoção Completa – S-lay	4º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	4º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	4º	RC – Reel
5º	Remoção Parcial – Trecho Riser	4º	RC – S-lay	5º	RP – Trecho Riser	4º	RC – S-lay	5º	RP – Trecho Riser	4º	RC – S-lay
6º	Remoção Completa – Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	6º	RC – Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	6º	RC – Guilhotina	6º	RC - Guilhotina

**Tabela 30** - Comparação dos métodos AHP e Promethee para as linhas de produção dos poços – 1, 2 e 3 e *jumper*.

Descomissionamento LP Poços – 1 e 3				Descomissionamento LP Poço - 2				Descomissionamento Jumper			
AHP			Promethee	AHP			Promethee	AHP			Promethee
1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono
2º	Remoção Completa – ROV	2º	RP – Trecho Riser	2º	RC – ROV	2º	RP – Trecho Riser	2º	RC – ROV	2º	RC – ROV
3º	Remoção Completa – Reel	3º	RC – ROV	3º	RC – Reel	3º	RC – ROV	3º	RC – Reel	3º	RC – Reel
3º	Remoção Completa – S-lay	4º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	4º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	3º	RC – S-lay
5º	Remoção Parcial – Trecho Riser	4º	RC – S-lay	5º	RP – Trecho Riser	4º	RC – S-lay	5º	RC – Guilhotina	5º	RC - Guilhotina
6º	Remoção Completa – Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	6º	RC – Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	6º		6º	

**Tabela 31** - Comparação dos métodos AHP e Promethee para os umbilicais dos poços – 1, 2 e 3.

Descomissionamento Umbilical Poço – 1				Descomissionamento Umbilical Poço - 2				Descomissionamento Umbilical Poço - 3			
AHP		Promethee		AHP		Promethee		AHP		Promethee	
1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono
2º	Remoção Completa – ROV	2º	RP – Trecho Riser	2º	RC – ROV	2º	RP – Trecho Riser	2º	RC – ROV	2º	RP – Trecho Riser
3º	Remoção Completa – Reel	3º	RC – ROV	3º	RC – Reel	3º	RC – ROV	3º	RC – Reel	3º	RC – ROV
3º	Remoção Completa – S-lay	4º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	4º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	4º	RC – Reel
5º	Remoção Parcial – Trecho Riser	4º	RC – S-lay	5º	RP – Trecho Riser	4º	RC – S-lay	5º	RP – Trecho Riser	4º	RC – S-lay
6º	Remoção Completa – Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	6º	RC – Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	6º	RC – Guilhotina	6º	RC - Guilhotina

Como o Promethee apresenta diversas formas de preferência como método de análise, parece uma ideia interessante comparar o resultado desses métodos com o do método previamente utilizado (linear). Comparou-se então o método linear aos métodos usual, level e u-shape, conforme as tabelas abaixo:

**Tabela 32** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento da ANM-H.

Descomissionamento ANM-H				
	Promethee linear	Promethee usual	Promethee level	Promethee U-shape
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	Reutilização	Remoção Completa	Reutilização	Reutilização
3º	Remoção Completa	Reutilização	Remoção Completa	Remoção Completa

**Tabela 33** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento da ALS.

Descomissionamento ALS				
	Promethee linear	Promethee usual	Promethee level	Promethee U-shape
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	Reutilização	Reutilização	Reutilização	Reutilização
3º	Remoção Parcial	Remoção Parcial	Remoção Parcial	Remoção Parcial
4º	Remoção Completa	Remoção Completa	Remoção Completa	Remoção Completa

**Tabela 34** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 1.

<b>Descomissionamento LS do Poço - 1</b>				
	<b>Promethee linear</b>	<b>Promethee usual</b>	<b>Promethee level</b>	<b>Promethee U-shape</b>
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RC – ROV	RP – Trecho Riser
3º	RC – ROV	RC – ROV	RP – Trecho Riser	RC – ROV
4º	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel
4º	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay
6º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina

**Tabela 35** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 2.

<b>Descomissionamento LS do Poço - 2</b>				
	<b>Promethee linear</b>	<b>Promethee usual</b>	<b>Promethee level</b>	<b>Promethee U-shape</b>
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RC – ROV	RP – Trecho Riser
3º	RC – ROV	RC -ROV	RP – Trecho Riser	RC -ROV
4º	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel
4º	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay
6º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina

**Tabela 36** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento da linha de serviço do poço – 3.

Descomissionamento LS do Poço - 3				
	Promethee linear	Promethee usual	Promethee level	Promethee U-shape
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	RP – Trecho Riser	RC – ROV	RC – ROV	RP – Trecho Riser
3º	RC – ROV	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RC – ROV
4º	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel
4º	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay
6º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina

**Tabela 37** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento da linha de produção dos poços – 1 e 3.

Descomissionamento LP dos Poços – 1 e 3						
	Promethee linear		Promethee usual		Promethee level	Promethee U-shape
1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	Abandono
2º	RP – Trecho Riser	2º	RP – Trecho Riser	2º	RC – ROV	RP – Trecho Riser
3º	RC – ROV	3º	RC – Reel	3º	RP – Trecho Riser	RC – ROV
4º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	4º	RC – Reel	RC – Reel
4º	RC – S-lay	5º	RC – ROV	4º	RC – S-lay	RC – S-lay
6º	RC - Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina

**Tabela 38** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento da linha de produção dos poços – 2.

Descomissionamento LP do Poço – 2						
	Promethee linear		Promethee usual		Promethee level	Promethee U-shape
1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	Abandono
2º	RP – Trecho Riser	2º	RP – Trecho Riser	2º	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser
3º	RC – ROV	3º	RC – Reel	3º	RC – ROV	RC – ROV
4º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	4º	RC – Reel	RC – Reel
4º	RC – S-lay	5º	RC – ROV	4º	RC – S-lay	RC – S-lay
6º	RC - Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	6º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina

**Tabela 39** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento do jumper.

Descomissionamento do Jumper						
	Promethee linear		Promethee usual		Promethee level	Promethee U-shape
1º	Abandono	1º	Abandono	1º	Abandono	Abandono
2º	RC – ROV	2º	RC – Reel	2º	RC – ROV	RC – ROV
3º	RC – Reel	3º	RC – S-lay	3º	RC – Reel	RC – Reel
3º	RC – S-lay	3º	RC – ROV	3º	RC – S-lay	RC – S-lay
5º	RC - Guilhotina	5º	RC - Guilhotina	5º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina

**Tabela 40** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento do umbilical do poço – 1.

<b>Descomissionamento Umbilical Poço - 1</b>				
	<b>Promethee linear</b>	<b>Promethee usual</b>	<b>Promethee level</b>	<b>Promethee U-shape</b>
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser
3º	RC – ROV	RC – ROV	RC – ROV	RC – ROV
4º	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel
4º	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay
6º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina

**Tabela 41** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento do umbilical do poço – 2.

<b>Descomissionamento Umbilical Poço - 2</b>				
	<b>Promethee linear</b>	<b>Promethee usual</b>	<b>Promethee level</b>	<b>Promethee U-shape</b>
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser
3º	RC – ROV	RC – ROV	RC – ROV	RC – ROV
4º	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel
4º	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay
6º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina

**Tabela 42** - Comparação entre métodos Promethee para o descomissionamento do umbilical do poço – 3.

	<b>Descomissionamento Umbilical Poço - 3</b>			
	<b>Promethee linear</b>	<b>Promethee usual</b>	<b>Promethee level</b>	<b>Promethee U-shape</b>
1º	Abandono	Abandono	Abandono	Abandono
2º	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser	RP – Trecho Riser
3º	RC – ROV	RC – ROV	RC – ROV	RC – ROV
4º	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel	RC – Reel
4º	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay	RC – S-lay
6º	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina	RC - Guilhotina



## 6. CONCLUSÕES

O presente trabalho sofre as limitações comuns à descrição de uma longa pesquisa conceitual que necessita ser sintetizada em poucas linhas. Considerando a complexidade da tomada de decisão devido à alta multidisciplinaridade do processo, torna-se imprescindível a elaboração de métodos cada vez mais confiáveis para a realização de um projeto de descomissionamento.

Os processos de tomada de decisão em geral possuem temas subjetivos, e portanto são difíceis de serem quantificados a ponto de poder afirmar com 100% de precisão qual é o melhor método e quanto esse método é melhor que os demais avaliados. O tomador de decisão deve avaliar quais as considerações relevantes no projeto, e dependendo dessas considerações, o resultado pode variar consideravelmente.

Neste trabalho foram utilizadas as pontuações atribuídas ao método AHP e colocados esses dados no *Visual Promethee*. Observou-se pontos convergentes e divergentes para a comparação desses métodos.

Entre os pontos convergentes, verificou-se para todos os casos analisados que o pior método de descomissionamento foi o mesmo: remoção completa para a ANM-H e ALS e remoção completa por corte e içamento realizado por guilhotina para as linhas. Além disso, obteve-se para os dois métodos que a melhor alternativa de descomissionamento dos equipamentos seria o abandono. Inerentemente a de menor risco à segurança.

Entre os pontos divergentes pode-se observar que dependendo da lógica que se pretende usar no método Promethee, os resultados mudaram pontualmente para o método Usual e U-shape.

O método AHP é um método composto de passos bem definidos, que levam a uma tomada de decisão, mas principalmente é um modelo matemático. Isto propicia simulações e análise de sensibilidade, facilidade de aplicação e capacidade de propiciar ao decisor, mais do que verificar a robustez de sua decisão, aprender e aperfeiçoar seu processo decisório.

As análises de sensibilidade feitas para o método AHP e Promethee foram realizadas para se estudar a sensibilidade dos pesos atribuídos aos critérios. Pode-se verificar para o método AHP que a análise de sensibilidade mostrou que mesmo variando as pontuações dos critérios, conforme os cenários estipulados, não ocorreram alterações na opção recomendada para o descomissionamento dos equipamentos.

Por outro lado, no método Promethee verificou-se que existem subcritérios que extrapolando o intervalo de sensibilidade (linhas vermelhas) acarretariam na mudança da superação completa ( $\phi$ ), ocasionando dessa forma uma sensibilidade à mudança da alternativa de descomissionamento.

Verifica-se uma discrepância entre os resultados obtidos neste trabalho e as legislações vigentes que relatam como opção padrão de descomissionamento a remoção completa.

Para que a opção de abandono seja benéfica é necessário regulamentação e estratégias de gestão, tendo em vista que o ambiente marinho não pode se tornar um depósito de sucatas industriais, pois consiste de um complexo ecossistema com sua importância biológica, social e econômica.

Analisando os subcritérios do trabalho verificou-se que alguns deles deveriam ser melhor elaborados, como é o caso dos impactos ambientais gerados pelos materiais que serão removidos e que virarão sucatas, além da emissão de gases relativos a estas atividades (que nesse estudo foi estipulado como combustão completa). Um estudo criterioso sobre isso poderia alterar a opção de descomissionamento dos equipamentos.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é sobre a falta de conhecimento a respeito da degradação dos polímeros e do cobre abandonados, o que pode modificar a decisão quanto ao abandono das linhas.

Com a tendência de aumento do número de descomissionamentos, não só na área marítima como na indústria em geral, espera-se que cada vez mais novos métodos sejam criados e aperfeiçoados, consequentemente, otimizando o processo.

Nesses termos, recomenda-se fortemente o desenvolvimento de uma metodologia de tomada de decisão para os problemas brasileiros de descomissionamento, integrando critérios e subcritérios que sejam plausíveis no âmbito do Brasil. Deve-se levar em consideração as questões técnicas, ambientais, de avaliação do ciclo de vida, sociais, econômicas, de segurança, riscos, bem como regulamentares, de licenciamento e segurança jurídica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOLET, T. **Modelo de análise de crédito fundamentado no ELECTRE TRI**. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc. Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Faculdades Ibmecc, 2008;

ANP. **Resolução ANP nº 27 de 18 de outubro de 2006**. Agência Nacional do Petróleo, 2006. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em: 01/11/2016;

ANP. **Resolução ANP nº 43 de 2007**. Agência Nacional do Petróleo, 2007. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em: 01/11/2016;

ANP. **Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO)**. Agência Nacional do Petróleo, 2007. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em: 01/11/2016;

ANP. **Dados estatísticos mensais**. Agência Nacional do Petróleo, 2015. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em: 01/11/2016.

ANP. **Resolução ANP nº 41 de 2015**. Agência Nacional do Petróleo, 2015. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em: 01/11/2016;

ANP. **Resolução ANP nº 17 de 18 de Março de 2015**. Agência Nacional do Petróleo, 2015. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em: 01/11/2016;

ANP. **Resolução ANP nº 46 de 01 de Novembro de 2016**. Agência Nacional do Petróleo, 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em: 15/02/2017;

ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. **Aplicações com métodos multicritério de apoio à decisão**. Recife: Universitária UFPE, 2003;

ALMEIDA, E; LOSEKAN, L. CLAVIJO, W.; NUNES, L. BOTELHO, F. COSTA, F. **Atratividade do Upstream Brasileiro para Além do Pré-sal, 2017**. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2017/07/TD>. Acessado em: 20/01/2018;

BASTOS, L. N. V.; ALMEIDA, A. T. **Utilização do método PROMETHEE II na análise das propostas de preços em um processo de licitação**. XXII Encontro Nacional de Engenharia De Produção. Curitiba, PR, Brasil, 23 a 25 de outubro de 2002;

BERZINS, L. J. **Avaliação de Desempenho pelo AHP, através do superdecisions; Caso Inmetro**. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc. Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Faculdades Ibmecc, 2009;

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. Promethee Methods. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. Operations Research Management Science*. 2005. p. 163-195;

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B.; VINCKE, P. *Promethee: A New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis*. Washington: North-Holland, p. 477-490, 1984;

BRITO, A. J.; ALMEIDA, A. T.; MOTA, C. M. *A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on electre tri integrating utility theory*. European Journal of Operational Research, v. 200, p. 812-821, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor>>. Acessado em: 16/11/2017;

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos de saneamento**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. EESC/USP. São Carlos. 2011;

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais** – São Paulo, 1991.

COSTA, H. G. **Auxílio multicritério à decisão: método AHP**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006;

DECC. *Guidance Notes, Decommissioning of Offshore Oil and Gas Installations and Pipelines under the Petroleum Act*. Departamento of Energy & Climate Change, 1998;

EHRlich, P. J. **Modelos Quantitativos de Apoio às Decisões – II**. ERA – Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.36, n.2, p.44-52, Abr./Maio/Jun. 1996;

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (eds) *Multiple Criteria Decision Analysis – State Of The Art Surveys*. Boston. Springer Science Business Media, Inc. 2005;

FIGUEIRA, J., ET AL. *Electre Tri-C, a multiple criteria decision aiding sorting model applied to assisted reproduction*. International Journal of Medical Informatics, v. 80, n. 4, p. 265-273, 2010;

FORMAN, E. H.; SELLY, M. A., *Decision by Objectives: How to convince others that you are right*. Word Scientific Press, 2005. 402 p. Disponível em: <http://mdm.gwu.edu/forman>. Acessado em: 26/07/2017;

GOMES, L. F. A. M; GOMES; C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada De Decisão Gerencial - Enfoque Multicritério**. 3a. Edição. São Paulo, Editora Atlas, 2009;

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. **Decision Analysis For Management Judgment**. 2a. edição. Nova Iorque, John Miley & Sons, 2000;

GUGLIELMETTI, F. R., ET AL. **Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia De Produção. Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de outubro de 2003;

IHS MARKIT. *Decommissioning of Aging Offshore Oil and Gas Facilities Increasing Significantly, with Annual Spending Rising to \$13 Billion by 2040*, IHS Markit, 2016. Disponível em: <http://www.ihsmarkit.com/>. Acessado em: 25/08/2017;

IOGP. *Overview of International Offshore Decommissioning Regulations. Volume 1 – Facilities*; International Oil & Gas Producers, 2017. Disponível em: <https://www.iogp.org/bookstore/product/overview-of-international-offshore-decommissioning-regulations-volume-1-facilities/>. Acessado em: 28/12/2017;

HUGONNARD, J., ROY, B. *Ranking of suburban line extension projects for the Paris metro system by multicriteria method*. Transportation Research, 16, 301-312, 1984;

LOPES, P. S. P. R. **Avaliação Regional da Susceptibilidade a Deslizamentos no Concelho de Santarém**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2008.

MANAGO, F., WILLIAMSON, B. *Proceedings: public workshop – Decommissioning and removal of oil and gas facilities offshore California: recent experiences and future deepwater challenges*. California: Minerals Management Service (MMS), California State Lands Commission, 1997;

MARINHA DO BRASIL. **Relatório das Plataformas, Navios Sonda, FPSO e FSO**. Marinha do Brasil - Diretoria de Portos e Costas, 2015. Disponível em: [http://www.dcp.mar.mil.br/sites/default/files/ssta/gevi/conformidades/plataformas/Dec\\_conf\\_plat.pdf](http://www.dcp.mar.mil.br/sites/default/files/ssta/gevi/conformidades/plataformas/Dec_conf_plat.pdf) . Acessado em: 01/12/2016.

MARTINS, C. F. **O Descomissionamento de Estruturas de Produção Offshore no Brasil**. Monografia, Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo: Espírito Santo, 2015;

MILLET, I. *The Effectiveness of Alternative Preference Elicitation Methods in the Analytic Hierarchy Process*. In: *Journal Of Multi-Criteria Decision Analysis*, vol. 6, p.41-51, 1997;

MINAYO, M.C.S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Rio de Janeiro, 2001.

MMS. *Brief Overview of Gulf of Mexico OCS Oil and Gas Pipelines: Installation, Potential Impacts, and Mitigation Measures*. Report MMS 2001-067. Minerals Management Service, August 2001. Disponível em: <https://www.boem.gov/BOEM-Newsroom/Library/Publications/2001/2001-067.aspx>. Acessado em: 20/10/2017.

MOREIRA, R. A. **Análise Multicritério Dos Projetos Do Sebrae/Rj Através Do Electre IV**. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração). Ibmecc, Rio de Janeiro, 2007;

OLSON, D.L. *Decision aids for selection problems*. New York: Springer, 1996;

PEREIRA, F. A. P. **Metodologia de análise econômica de projetos de óleo e gás**. Monografia, Engenharia de Produção - Escola de Engenharia, UFRJ: Rio de Janeiro, 2004.

PETROBRAS. **Descomissionamento de Sistemas Offshore de produção de Óleo e Gás: Critérios de Decisão para a Permanência/Remoção de Instalações**. Apresentação PPT, 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=81749>. Acessado em: 15/12/2017;

PETROBRAS. **Descomissionamento de Sistemas de Produção Offshore**. Workshop sobre descomissionamento em plataformas e desmontes de Navios. Apresentação PPT. Seminário IBP, Rio de Janeiro, 2017;

PROSERV OFFSHORE. *Review of the State of the Art for Removal of GOM US OCS Oil & Gas Facilities in Greater than 400' Water Depth M09PC00004*. Estudo para o Bureau of Safety and Environmental Enforcement – BSEE, Houston, Texas, 2009. Disponível em: <https://www.bsee.gov/sites/bsee.gov/files/tap-technical-assessment-program//639aa.pdf> , Acessado em: 15/12/2017;

ROY, B. *ELECTRE III: un algorithme de methode de classements fonde sur une representation floue des préférences en presence de critères multiples*. Cahieres de CERO, v. 20, n. 1, p. 3-24, 1978;

ROY, B.; BOUYSSOU, D. *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas. Paris: Economica*, 1993;

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. *The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works*. Paris: Université Paris Dauphine, jun. 1995;

RUIVO, F. M. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore. Dissertação Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo**. Campinas: Programa de Pós- Graduação em Ciências e Engenharia de Petróleo, UNICAMP, 2001;

RUIVO, F. M.; MOROOKA, C. K.; GUERRA, S. M. **Descomissionamento de instalações offshore**. In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Uberlândia, 2001;

SAATY, T.L. *The Analytic Hierarqchy Process*. tradução e revisão por Wainer da Silveira e Silva, McGraw-Hill, Makron, São Paulo, SP, Brasil, pp. 278, 1980;

SAATY, T. L. *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research, v. 48, p. 9-26, 1990;

SAATY, T. L. *Theory And Applications Of The Analytic Network Process - Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks*. Pittsburgh, RWS Publications, 2005;

SAATY, T. L. *How to make a decision: The analytic hierarchy process*. *International Journal of Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008;

SHELL. *Brent Spar Dossier* 2008. Disponível em: <http://bit.ly/16XVQsj>. Acessado em: 18/01/2017;

SHELL, *Brent Field Decommissioning Comparative Assessment Procedure*, 2017;

SHELL, *Brent Field Pipelines Decommissioning, Technical Document*, 2017;

SILVA, J. S., FEITOSA, R. G. F. **Fatores que influenciam na velocidade de venda dos imóveis: um estudo de caso usando a metodologia AHP**. In: Revista Tecnologia. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 229-237, dezembro de 2007.

SOUZA M. e CAPRACE J. **Panorama de Descomissionamento de Estruturas Offshore: Análise da Demanda + Estudos de Caso**. 1st Workshop on offshore platform decomissioning and ship recycling, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval – SOBENA, 24 de maio de 2017. Apresentação de PPT;

TEIXEIRA, B. M.; MACHADO, C. J. S. **Marco regulatório brasileiro do processo de descomissionamento ambiental da indústria do petróleo.** Revista de Informação Legislativa - Brasília, a. 49, n. 196, p. 183-203, 2012;

TRANTAPHYLLOU, E., MANN S. H. *Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges.* *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2, N. 1, p. 35-44, 1995. Disponível em: [http://www.csc.lsu.edu/trianta/Journal\\_PAPERS1/AHPapls1.pdf](http://www.csc.lsu.edu/trianta/Journal_PAPERS1/AHPapls1.pdf). Acessado em: 20/08/2017;

TSB OFFSHORE. *Decommissioning Cost Update for Pacific OCS Region Facilities.* Estudo para o Bureau of Safety and Environmental Enforcement – BSEE, 2016. Disponível em: <https://www.bsee.gov/research-record/tap-735-decommissioning-cost-update-pacific-ocs-region-facilities>. Acessado em: 20/08/2017.



# APÊNDICE A

## 1. Matriz de Julgamento dos Especialistas

- Especialista 1 – Área Técnica

DESCOMISSIONAMENTO DO CAMPO ABAIXO							
Critérios	Segurança	Ambiental	Técnico	Econômico	Social	Auto Vetor	Auto Vetor Normalizado
Segurança	1	1	3	5	5	2,37144061	36,01%
Ambiental	1	1	3	5	5	2,37144061	36,01%
Técnico	1/3	1/3	1	3	3	1	15,18%
Econômico	1/5	1/5	1/3	1	1	0,42168461	6,40%
Social	1/5	1/5	1/3	1	1	0,42168461	6,40%
SOMA						6,58625043	100,00%
$\Sigma$	2,7333333	2,7333333	7,666667	15	15		

$\lambda$ -máx	5,0531149
IC	0,0132787
RC	1,20%

- Especialista 2 – Área Econômica

DESCOMISSIONAMENTO DO CAMPO ABAIXO							
Critérios	Segurança	Ambiental	Técnico	Econômico	Social	Auto Vetor	Auto Vetor Normalizado
Segurança	1	1	7	3	7	2,71	36,41%
Ambiental	1	1	9	5	7	3,16	42,41%
Técnico	1/7	1/9	1	1/5	1	0,32	4,25%
Econômico	1/3	1/5	5	1	1	0,80	10,77%
Social	1/7	1/7	1	1	1	0,46	6,16%
SOMA						7,45127573	100,00%
$\Sigma$	2,6190476	2,4539683	23	10,2	17		

$\lambda$ -máx	5,1175557
IC	0,0293889
RC	2,65%

- Especialista 3 – Área Técnica

#### DESCOMISSIONAMENTO DO CAMPO ABAIXO

Critérios	Segurança	Ambiental	Técnico	Econômico	Social	Auto Vetor	Auto Vetor Normalizado
Segurança	1	1/3	2	2	1	1,05922384	19,38%
Ambiental	3	1	4	3	1	2,04767251	37,47%
Técnico	1/2	1/4	1	1/2	2	0,65975396	12,07%
Econômico	1/2	1/3	2	1	1/2	0,69882712	12,79%
Social	1	1	1/2	2	1	1	18,30%
SOMA						5,46547743	100,00%

Σ 6 2,9166667 9,5 8,5 5,5

λ-máx	5,4954786
IC	0,1238697
RC	11,16%

- Especialista 4 – Área SMS

#### DESCOMISSIONAMENTO DO CAMPO ABAIXO

Critérios	Segurança	Ambiental	Técnico	Econômico	Social	Auto Vetor	Auto Vetor Normalizado
Segurança	1	1	1	3	5	1,71877193	29,01%
Ambiental	1	1	1	3	5	1,71877193	29,01%
Técnico	1	1	1	1	5	1,37972966	23,28%
Econômico	1/3	1/3	1	1	3	4/5	13,55%
Social	1/5	1/5	1/5	1/3	1	0,30562843	5,16%
SOMA						5,92564351	100,00%

Σ 3,5333333 3,5333333 4,2 8,3333333 19

λ-máx	5,1365402
IC	0,034135
RC	3,08%

## 2. Média dos Julgamentos dos Especialistas

Foram compilados os dados dos julgamentos acima e feito a média deles.

Descrição / Avaliadores	Área Técnica	Área Econômico	Área Técnica	Área SMS	Média Final
<b>Segurança</b>	36,01%	36,41%	19,38%	29,01%	<b>30,20%</b>
<b>Ambiental</b>	36,01%	42,41%	37,47%	29,01%	<b>36,23%</b>
<b>Técnico</b>	15,18%	4,25%	12,07%	23,28%	<b>13,70%</b>
<b>Econômico</b>	6,40%	10,77%	12,79%	13,55%	<b>10,88%</b>
<b>Social</b>	6,40%	6,16%	18,30%	5,16%	<b>9,01%</b>

## APÊNDICE B

### Dados para Elaboração das Matrizes de Decisões do Sistema submarino do Campo

#### a. Critério Segurança;

Através da análise de risco atribuída para os equipamentos que deveriam ser descomissionados foram atribuídos riscos para os subcritérios de acordo com o tipo de descomissionamento. As pontuações foram estipuladas através da matriz de risco.

Pode-se verificar que quanto mais baixo o risco o valor se torna melhor. Logo, para se estipular a normalização dos pesos deve-se fazer primeiramente uma harmonização. Dessa forma, teremos como maior valor normalizado a alternativa que apresenta o risco mais baixo.

#### ANM-H

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL NO MAR			Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Risco Médio	10	2,3	18,75%
Reutilização	Risco Médio	10	2,3	18,75%
Abandono	Risco Baixo	3	7,666666667	62,50%
SOMA		23	12,26666667	100,00%

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL EM TERRA			Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Baixo risco	6	2,166666667	12,50%
Reutilização	Baixo risco	6	2,166666667	12,50%
Abandono	Baixo risco	1	13	75,00%
SOMA		13	17,33333333	100,00%

#### ALS

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL NO MAR			Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Alto Risco	20	2,9	10,00%
Remoção Parcial	Alto Risco	15	3,866666667	13,33%
Reutilização	Alto Risco	20	2,9	10,00%
Abandono	Baixo risco	3	19,33333333	66,67%
SOMA		58	29	100,00%

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL EM TERRA			Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Médio Risco	8	3,125	9,09%
Remoção Parcial	Médio Risco	8	3,125	9,09%
Reutilização	Médio Risco	8	3,125	9,09%
Abandono	Baixo Risco	1	25	72,73%
SOMA		25	34,375	100,00%

### LINHA SERVIÇO POÇOS – 1, 2 E 3

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL NO MAR					Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		Médio risco	12	5,583333333	10,48%
	S-lay reverso		Médio risco	12	5,583333333	10,48%
	Corte e lçamento	Guilhotina	Alto Risco	22	3,045454545	5,71%
		ROV	Baixo risco	6	11,16666667	20,95%
Remoção Parcial	Trechos Risers		Médio risco	12	5,583333333	10,48%
Abandono	Limpeza		Baixo Risco	3	22,33333333	41,90%
SOMA				67	53,29545455	100,00%

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL EM TERRA				Harmonização	Normalização	
Remoção Completa	Reel		Médio risco	10	5,1	6,67%
	S-lay reverso		Médio Risco	10	5,1	6,67%
	Corte e lçamento	Guilhotina	Médio Risco	10	5,1	6,67%
		ROV	Médio Risco	10	5,1	6,67%
Remoção Parcial	Trechos Risers		Médio risco	10	5,1	6,67%
Abandono	Limpeza		Baixo Risco	1	51	66,67%
SOMA				51	76,5	100,00%

### LINHA PRODUÇÃO POÇOS – 1, 2 E 3

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL NO MAR				Harmonização	Normalização	
Remoção Completa	Reel		Médio risco	12	6	9,48%
	S-lay reverso		Médio risco	12	6	9,48%
	Corte e lçamento	Guilhotina	Alto Risco	22	3,272727273	5,17%
		ROV	Médio risco	12	6	9,48%
Remoção Parcial	Trechos Risers		Médio risco	12	6	9,48%
Abandono	Limpeza		Baixo risco	2	36	56,90%
SOMA				72	63,27272727	100,00%

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL EM TERRA					Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		Médio Risco	8	5,625	7,94%
	S-lay reverso		Médio Risco	8	5,625	7,94%
	Corte e Içamento	Guilhotina	Médio Risco	10	4,5	6,35%
		ROV	Médio Risco	10	4,5	6,35%
Remoção Parcial	Trechos Risers		Médio Risco	8	5,625	7,94%
Abandono	Limpeza		Baixo Risco	1	45	63,49%
SOMA				45	70,875	100,00%

### JUMPER

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL NO MAR				Harmonização	Normalização	
Remoção Completa	Reel		Médio risco	12	4,833333333	10,48%
	S-lay reverso		Médio risco	12	4,833333333	10,48%
	Corte e Içamento	Guilhotina	Alto Risco	22	2,636363636	5,71%
		ROV	Médio risco	12	4,833333333	10,48%
Abandono	Limpeza		Baixo risco	2	29	62,86%
SOMA				58	46,13636364	100,00%

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL EM TERRA				Harmonização	Normalização	
Remoção Completa	Reel		Médio Risco	8	4,5	8,62%
	S-lay reverso		Médio Risco	8	4,5	8,62%
	Corte e Içamento	Guilhotina	Médio Risco	10	3,6	6,90%
		ROV	Médio Risco	10	3,6	6,90%
Abandono	Limpeza		Baixo Risco	1	36	68,97%
SOMA				36	52,2	100,00%

### UMBILICAL POCOS -1, 2 E 3

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL NO MAR				Harmonização	Normalização	
Remoção Completa	Reel		Médio risco	8	6,875	8,09%
	S-lay reverso		Médio risco	8	6,875	8,09%
	Corte e Içamento	Guilhotina	Alto risco	22	2,5	2,94%
		ROV	Médio risco	8	6,875	8,09%
Remoção Parcial	Trechos Risers		Médio risco	8	6,875	8,09%
Abandono	Limpeza		Baixo risco	1	55	64,71%
SOMA				55	85	100,00%

RISCO DE SEGURANÇA P PESSOAL EM TERRA				Harmonização	Normalização	
Remoção Completa	Reel		Médio risco	8	5,125	7,69%
	S-lay reverso		Médio risco	8	5,125	7,69%
	Corte e Içamento	Guilhotina	Médio risco	8	5,125	7,69%
		ROV	Médio risco	8	5,125	7,69%
Remoção Parcial	Trechos Risers		Médio risco	8	5,125	7,69%
Abandono	Limpeza		Baixo risco	1	41	61,54%
SOMA				41	66,625	100,00%

#### b. Critério Meio Ambiente;

De acordo com as análises dos estudos de impactos ambientais e inspeções visuais realizadas no campo foi possível estipular as notas das alternativas e normaliza-las. Essa nota foi maior para os equipamentos que ficassem abandonados no leito marinho. Além disso, foi considerado com notas maiores os equipamentos que tivessem em sua composição polímeros. As notas referentes aos equipamentos se encontram listadas abaixo:

##### ANM-H

Impactos Ambientais		Normalização
Remoção Completa	6	28,57%
Reutilização	7	33,33%
Abandono	8	38,10%
<b>SOMA</b>	21	100,00%

##### ALS

Impacto Ambiental		Normalização
Remoção Completa	6	23,08%
Remoção Parcial	5	19,23%
Reutilização	7	26,92%
Abandono	8	30,77%
<b>SOMA</b>	26	100,00%

**LINHA SERVIÇO E LINHAS DE PRODUÇÃO E UMBILICAIS DOS POÇO**  
**- 1, 2 e 3**

Impacto Ambiental			Normalização	
Remoção Completa	Reel		7	14,29%
	S-lay reverso		7	14,29%
	Corte e içamento	Guilhotina	8	16,33%
		ROV	8	16,33%
Remoção Parcial	Trechos Risers		9	18,37%
Abandono	Limpeza		10	20,41%
SOMA			49	100,00%

**JUMPER**

Impacto Ambiental				Normalização
Remoção Completa	Reel		7	17,50%
	S-lay reverso		7	17,50%
	Corte e içamento	Guilhotina	8	20,00%
		ROV	8	20,00%
Abandono	Limpeza		10	25,00%
SOMA			40	100,00%

De acordo com os pesos dos equipamentos mostrados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** foi possível estipular os pesos das alternativas e normaliza-las. Essa nota foi maior para os equipamentos que ficassem abandonados no leito marinho. Além disso, foi considerado com notas maiores os equipamentos que tivessem em sua composição os materiais abaixo:

Peso em Cobre > Peso em Polímero > Peso em Aço.

**ANM-H**

Legado do Impacto Ambiental (TON)		Normalização
Remoção Completa	28	30,77%
Reutilização	30	32,97%
Abandono	33	36,26%
SOMA	91	100,00%



## ALS

Legado dos Impactos Ambientais (TON)		Normalização
Remoção Completa	55	26,19%
Remoção Parcial	37	17,62%
Reutilização	59	28,10%
Abandono	59	28,10%
<b>SOMA</b>	210	100,00%

## LINHA SERVIÇO POÇO – 1

Legados dos impactos ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		300	17,12%
	S-lay reverso		300	17,12%
	Corte e içamento	Guilhotina	300	17,12%
		ROV	300	17,12%
Remoção Parcial	Trechos Risers		165	9,42%
Abandono	Limpeza		387	22,09%
SOMA			1752	100,00%

## LINHA SERVIÇO POÇO – 2

Legados dos impactos ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		300	17,32%
	S-lay reverso		300	17,32%
	Corte e içamento	Guilhotina	300	17,32%
		ROV	300	17,32%
Remoção Parcial	Trechos Risers		165	9,53%
Abandono	Limpeza		367	21,19%
SOMA			1732	100,00%

## LINHA SERVIÇO POÇO – 3

Legados dos impactos ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		200	16,49%
	S-lay reverso		200	16,49%
	Corte e içamento	Guilhotina	200	16,49%
		ROV	200	16,49%
Remoção Parcial	Trechos Risers		165	13,60%
Abandono	Limpeza		248	20,45%
SOMA			1213	100,00%

### **LINHA PRODUÇÃO POCOS – 1, E 3**

Legados dos Impactos Ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		600	17,59%
	S-lay reverso		600	17,59%
	Corte e Içamento	Guilhotina	600	17,59%
		ROV	600	17,59%
Remoção Parcial	Trechos Risers		381	11,17%
Abandono	Limpeza		630	18,47%
SOMA			3411	100,00%

### **LINHA PRODUÇÃO POÇO – 2**

Legados dos Impactos Ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		600	17,39%
	S-lay reverso		600	17,39%
	Corte e Içamento	Guilhotina	600	17,39%
		ROV	600	17,39%
Remoção Parcial	Trechos Risers		381	11,04%
Abandono	Limpeza		670	19,41%
SOMA			3451	100,00%

### **JUMPER**

Legados dos Impactos Ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		8	18,18%
	S-lay reverso		8	18,18%
	Corte e Içamento	Guilhotina	8	18,18%
		ROV	8	18,18%
Abandono	Limpeza		12	27,27%
SOMA			44	100,00%

### **UMBILICAL POÇO -1**

Legado dos Impactos Ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		800	18,13%
	S-lay reverso		800	18,13%
	Corte e Içamento	Guilhotina	800	18,13%
		ROV	800	18,13%
Remoção Parcial	Trechos Risers		400	9,06%
Abandono	Limpeza		813	18,42%
SOMA			4413	100,00%

### UMBILICAL POÇO -2

Legado dos Impactos Ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		700	17,58%
	S-lay reverso		700	17,58%
	Corte e Içamento	Guilhotina	700	17,58%
		ROV	700	17,58%
Remoção Parcial	Trechos Risers		402	10,10%
Abandono	Limpeza		780	19,59%
SOMA			3982	100,00%

### UMBILICAL POÇO -3

Legado dos Impactos Ambientais				Normalização
Remoção Completa	Reel		500	17,06%
	S-lay reverso		500	17,06%
	Corte e Içamento	Guilhotina	500	17,06%
		ROV	500	17,06%
Remoção Parcial	Trechos Risers		409	13,96%
Abandono	Limpeza		521	17,78%
SOMA			2930	100,00%

Para o cálculo das notas para a energia utilizada foram levados em consideração o consumo de diesel que seria necessário para a retirada do equipamento levando em consideração o tipo de descomissionamento que estava sendo estudado.

### ANM-H

Energia Utilizada (GJ)		Harmonização	Normalização
Remoção Completa	398.818	2,323045269	23,72%
Reutilização	328.245	2,822499996	28,83%
Abandono	199.409	4,646090538	47,45%
SOMA	9E+05	9,791635804	100,00%

### ALS

Energia Utilizada (GJ)		Harmonização	Normalização
Remoção Completa	656.490	2,25	11,11%
Remoção Parcial	328.245	4,5	22,22%
Reutilização	328.245	4,5	22,22%
Abandono	164.123	9	44,44%
SOMA	1.477.103,04	20,25	100,00%

### **LINHA SERVIÇO POÇO – 1**

Energia Utilizada (GJ)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		574.429	4,490859305	9,71%
	S-lay reverso		574.429	4,490859305	9,71%
	Corte e Içamento	Guilhotina	500.000	5,15935928	11,16%
		ROV	500.000	5,15935928	11,16%
Remoção Parcial	Trechos Risers		287.214	8,98171861	19,42%
Abandono	Limpeza		143.607	17,96343722	38,84%
SOMA			2.579.679,64	46,245593	100,00%

### **LINHA SERVIÇO POÇOS – 2 E 3**

Energia Utilizada (GJ)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		533.398	4,624771559	9,87%
	S-lay reverso		533.398	4,624771559	9,87%
	Corte e Içamento	Guilhotina	500.000	4,93369076	10,53%
		ROV	500.000	4,93369076	10,53%
Remoção Parcial	Trechos Risers		266.699	9,249543118	19,74%
Abandono	Limpeza		133.350	18,49908624	39,47%
SOMA			2.466.845,38	46,86555399	100,00%

### **LINHA PRODUÇÃO POÇOS – 1, 2 E 3 E UMBILICAL POÇO - 1**

Energia Utilizada (GJ)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		656.490	4,57790227	9,82%
	S-lay reverso		656.490	4,57790227	9,82%
	Corte e Içamento	Guilhotina	600.000	5,0089136	10,74%
		ROV	600.000	5,0089136	10,74%
Remoção Parcial	Trechos Risers		328.245	9,15580454	19,63%
Abandono	Limpeza		164.123	18,31160908	39,26%
SOMA			3.005.348,16	46,64104536	100,00%

### **JUMPER**

Energia Utilizada (GJ)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		615.460	3,949762421	16,52%
	S-lay reverso		615.460	3,949762421	16,52%
	Corte e Içamento	Guilhotina	600.000	4,051532	16,95%
		ROV	600.000	4,051532	16,95%
Abandono	Limpeza		307.730	7,899524843	33,05%
SOMA			2.430.919,2	23,90211369	100,00%

### UMBILICAL POÇO -2

Energia Utilizada (GJ)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		709.830	4,722303027	9,97%
	S-lay reverso		709.830	4,722303027	9,97%
	Corte e Içamento	Guilhotina	700.000	4,78861814	10,11%
		ROV	700.000	4,78861814	10,11%
Remoção Parcial	Trechos Risers		354.915	9,444606055	19,94%
Abandono	Limpeza		177.458	18,88921211	39,89%
SOMA			3.352.032,698	47,3556605	100,00%

### UMBILICAL POÇO -3

Energia Utilizada (GJ)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		820.613	4,699762421	9,95%
	S-lay reverso		820.613	4,699762421	9,95%
	Corte e Içamento	Guilhotina	800.000	4,8208565	10,21%
		ROV	800.000	4,8208565	10,21%
Remoção Parcial	Trechos Risers		410.306	9,399524843	19,90%
Abandono	Limpeza		205.153	18,79904969	39,79%
SOMA			3.856.685,2	47,23981237	100,00%

Para o cálculo das notas para a emissão de gases foram levados em consideração a equação da combustão total, onde todo o diesel consumido em contato com o oxigênio libera gás carbônico e água. Logo a quantidade de gás emitida nesse trabalho leva em consideração apenas o teor de gás carbônico que foi liberado.

### ANM-H

Emissão de Gases (Ton)			Normalização
Remoção Completa	27		43,55%
Reutilização	30		48,39%
Abandono	5		8,06%
	SOMA	62	100,00%

## ALS

Emissão de Gases (Ton)		Normalização
Remoção Completa	45	36,00%
Remoção Parcial	23	18,40%
Reutilização	48	38,40%
Abandono	9	7,20%
<b>SOMA</b>	125	100,00%

## LINHA SERVIÇO POÇO – 1

Emissão de Gases (Ton)				Normalização
Remoção Completa	Reel		40	20,20%
	S-lay reverso		40	20,20%
	Corte e Içamento	Guilhotina	45	22,73%
		ROV	45	22,73%
Remoção Parcial	Trechos Risers		20	10,10%
Abandono	Limpeza		8	4,04%
SOMA			198	100,00%

## LINHA SERVIÇO POÇOS – 2 E 3

Emissão de Gases (Ton)				Normalização
Remoção Completa	Reel		37	20,56%
	S-lay reverso		37	20,56%
	Corte e Içamento	Guilhotina	40	22,22%
		ROV	40	22,22%
Remoção Parcial	Trechos Risers		19	10,56%
Abandono	Limpeza		7	3,89%
SOMA			180	100,00%

## LINHA PRODUÇÃO POÇOS – 1, 2 E 3 E UMBILICAL POÇO - 1

Emissão de Gases (Ton)				Normalização
Remoção Completa	Reel		45	20,27%
	S-lay reverso		45	20,27%
	Corte e Içamento	Guilhotina	50	22,52%
		ROV	50	22,52%
Remoção Parcial	Trechos Risers		23	10,36%
Abandono	Limpeza		9	4,05%
SOMA			222	100%

### JUMPER

Emissão de Gases (Ton)				Normalização
Remoção Completa	Reel		42	22,83%
	S-lay reverso		42	22,83%
	Corte e Içamento	Guilhotina	46	25,00%
		ROV	46	25,00%
Abandono	Limpeza		8	4,35%
SOMA			184	100,00%

### UMBILICAL POCO -2

Emissão de Gases (Ton)				Normalização	
Remoção Completa	Reel		48	20,34%	
	S-lay reverso		48	20,34%	
	Corte e Içamento	Guilhotina	53	22,46%	
		ROV	53	22,46%	
Remoção Parcial	Trechos Risers		24	10,17%	
Abandono	Limpeza		10	4,24%	
SOMA			236	100.00%	

### UMBILICAL POCO -3

Emissão de Gases (Ton)				Normalização
Remoção Completa	Reel		56	20,36%
	S-lay reverso		56	20,36%
	Corte e Içamento	Guilhotina	62	22,55%
		ROV	62	22,55%
Remoção Parcial	Trechos Risers		28	10,18%
Abandono	Limpeza		11	4,00%
SOMA			275	100,00%

#### c. Critério Técnico;

##### i. Subcritério Planejamento

As notas deste subcritério foram retiradas do relatório de descomissionamento da Shell mostrado na **Tabela 11**. Através de análises, foi-se atribuído pontuações para o tipo de alternativa de descomissionamento para o equipamento.

### ANM-H

Planejamento		Normalização
Remoção Completa	1	25,00%
Reutilização	1	25,00%
Abandono	2	50,00%
SOMA	4	100,00%

### ALS

Planejamento		Normalização
Remoção Completa	1	10,00%
Remoção Parcial	3	30,00%
Reutilização	3	30,00%
Abandono	3	30,00%
SOMA	10	100,00%

### LINHA SERVIÇO, PRODUÇÃO E UMBILICAIS DOS POÇOS – 1, 2 E 3

Planejamento			Normalização	
Remoção Completa	Reel		1	9,09%
	S-lay reverso		1	9,09%
	Corte e içamento	Guilhotina	1	9,09%
		ROV	3	27,27%
Remoção Parcial	Trechos Risers		1	9,09%
Abandono	Limpeza		4	36,36%
SOMA			11	100,00%

### JUMPER

Planejamento				Normalização	
Remoção Completa	Reel		1	10,00%	
	S-lay reverso		1	10,00%	
	Corte e içamento	Guilhotina	1	10,00%	
		ROV	3	30,00%	
Abandono	Limpeza		4	40,00%	
SOMA			10	100,00%	



## ii. Subcritério Execução

As notas deste subcritério foram retiradas do relatório de descomissionamento da Shell mostrado na **Tabela 11**. Através de análises, foi-se atribuído pontuações para o tipo de alternativa de descomissionamento para cada equipamento.

### ANM-H

Complexidade da Opção		Normalização
Remoção Completa	1	20,00%
Reutilização	1	20,00%
Abandono	3	60,00%
SOMA	5	100,00%
Procedimento Novo		Normalização
Remoção Completa	1	33,33%
Reutilização	1	33,33%
Abandono	1	33,33%
SOMA	3	100,00%
Equipamento Novo		Normalização
Remoção Completa	1	33,33%
Reutilização	1	33,33%
Abandono	1	33,33%
SOMA	3	100,00%
Confiabilidade do Equipamento		Normalização
Remoção Completa	4	36,36%
Reutilização	4	36,36%
Abandono	3	27,27%
SOMA	11	100,00%
Vulnerabilidade a problemas climáticos		Normalização
Remoção Completa	5	33,33%
Reutilização	5	33,33%
Abandono	5	33,33%
SOMA	15	100,00%
Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação		Normalização
Remoção Completa	4	30,77%
Reutilização	4	30,77%
Abandono	5	38,46%
SOMA	13	100,00%

Complexidade da Opção		Normalização
Remoção Completa	1	11,11%
Remoção Parcial	2	22,22%
Reutilização	3	33,33%
Abandono	3	33,33%
SOMA	9	100,00%
Procedimento novo		Normalização
Remoção Completa	1	11,11%
Remoção Parcial	2	22,22%
Reutilização	3	33,33%
Abandono	3	33,33%
SOMA	9	100,00%
Equipamento Novo		Normalização
Remoção Completa	1	10,00%
Remoção Parcial	3	30,00%
Reutilização	3	30,00%
Abandono	3	30,00%
SOMA	10	100,00%
Confiabilidade do equipamento		Normalização
Remoção Completa	3	20,00%
Remoção Parcial	4	26,67%
Reutilização	4	26,67%
Abandono	4	26,67%
SOMA	15	100,00%

Vulnerabilidade a problemas climaticos		Normalização
Remoção Completa	1	11,11%
Remoção Parcial	2	22,22%
Reutilização	1	11,11%
Abandono	5	55,56%
SOMA	9	100,00%
Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação		Normalização
Remoção Completa	3	21,43%
Remoção Parcial	3	21,43%
Reutilização	3	21,43%
Abandono	5	35,71%
SOMA	14	100,00%

### **LINHA SERVICO, PRODUÇÃO E UMBILICAIS DOS POÇOS – 1, 2 E 3**

Complexidade da Opção				Normalização
Remoção Completa	Reel		3	20,00%
	S-lay reverso		3	20,00%
	Corte e Içamento	Guilhotina	1	6,67%
		ROV	1	6,67%
Remoção Parcial	Trechos Risers		3	20,00%
Abandono	Limpeza		4	26,67%
SOMA			15	100,00%
Procedimento novo				Normalização
Remoção Completa	Reel		3	17,65%
	S-lay reverso		3	17,65%
	Corte e Içamento	Guilhotina	2	11,76%
		ROV	2	11,76%
Remoção Parcial	Trechos Risers		3	17,65%
Abandono	Limpeza		4	23,53%
SOMA			17	100,00%

Equipamento Novo				Normalização
Remoção Completa	Reel		4	18,18%
	S-lay reverso		4	18,18%
	Corte e içamento	Guilhotina	3	13,64%
		ROV	2	9,09%
Remoção Parcial	Trechos Risers		4	18,18%
Abandono	Limpeza		5	22,73%
SOMA			22	100,00%

Confiabilidade do equipamento				Normalização
Remoção Completa	Reel		4	18,18%
	S-lay reverso		4	18,18%
	Corte e içamento	Guilhotina	3	13,64%
		ROV	3	13,64%
Remoção Parcial	Trechos Risers		4	18,18%
Abandono	Limpeza		4	18,18%
SOMA			22	100,00%

Vulnerabilidade a problemas climaticos				Normalização
Remoção Completa	Reel		1	9,09%
	S-lay reverso		1	9,09%
	Corte e içamento	Guilhotina	1	9,09%
		ROV	2	18,18%
Remoção Parcial	Trechos Risers		1	9,09%
Abandono	Limpeza		5	45,45%
SOMA			11	100,00%

Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação				Normalização
Remoção Completa	Reel		3	16,67%
	S-lay reverso		3	16,67%
	Corte e içamento	Guilhotina	2	11,11%
		ROV	2	11,11%
Remoção Parcial	Trechos Risers		3	16,67%
Abandono	Limpeza		5	27,78%
SOMA			18	100,00%

Complexidade da Opção				Normalização
Remoção Completa	Reel		3	25,00%
	S-lay reverso		3	25,00%
	Corte e içamento	Guilhotina	1	8,33%
		ROV	1	8,33%
Abandono	Limpeza		4	33,33%
SOMA			12	100,00%
Procedimento novo				Normalização
Remoção Completa	Reel		3	21,43%
	S-lay reverso		3	21,43%
	Corte e içamento	Guilhotina	2	14,29%
		ROV	2	14,29%
Abandono	Limpeza		4	28,57%
SOMA			14	100,00%

Equipamento Novo				Normalização	
Remoção Completa	Reel		4	22,22%	
	S-lay reverso		4	22,22%	
	Corte e içamento	Guilhotina	3	16,67%	
		ROV	2	11,11%	
Abandono	Limpeza		5	27,78%	
SOMA			18	100,00%	
Confiabilidade do equipamento				Normalização	
Remoção Completa	Reel		4	22,22%	
	S-lay reverso		4	22,22%	
	Corte e içamento	Guilhotina	3	16,67%	
		ROV	3	16,67%	
Abandono	Limpeza		4	22,22%	
SOMA			18	100,00%	
Vulnerabilidade a problemas climaticos				Normalização	
Remoção Completa	Reel		1	10,00%	
	S-lay reverso		1	10,00%	
	Corte e içamento	Guilhotina	1	10,00%	
		ROV	2	20,00%	
Abandono	Limpeza		5	50,00%	
SOMA			10	100,00%	

Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação				Normalização
Remoção Completa	Reel		3	20,00%
	S-lay reverso		3	20,00%
	Corte e lçamento	Guilhotina	2	13,33%
		ROV	2	13,33%
Abandono	Limpeza		5	33,33%
SOMA			15	100,00%

#### d. Critério Social;

Foi-se estipulado a quantidade de empregos que serão possibilitados para cada alternativa de descomissionamento estudada. Um dos pontos que foram levados em consideração foram o POB dos barcos que são utilizados para esta atividade conforme foi mostrado na **Tabela 12**.

#### ANM

EMPREGO		Normalização
Remoção Completa	194	43,02%
Reutilização	160	35,48%
Abandono	97	21,51%
SOMA	451	100,00%

#### ALS

EMPREGO		Normalização
Remoção Completa	197	29,36%
Remoção Parcial	180	26,83%
Reutilização	197	29,36%
Abandono	97	14,46%
SOMA	671	100,00%

### **LINHA SERVIÇO POÇO – 1**

EMPREGO				Normalização
Remoção Completa	Reel		188	18,40%
	S-lay reverso		188	18,40%
	Corte e içamento	Guilhotina	188	18,40%
		ROV	188	18,40%
Remoção Parcial	Trechos Risers		170	16,63%
Abandono	Limpeza		100	9,78%
SOMA			1022	100,00%

### **LINHA SERVIÇO POÇO – 2**

EMPREGO				Normalização
Remoção Completa	Reel		194	18,42%
	S-lay reverso		194	18,42%
	Corte e içamento	Guilhotina	194	18,42%
		ROV	194	18,42%
Remoção Parcial	Trechos Risers		180	17,09%
Abandono	Limpeza		97	9,21%
SOMA			1053	100,00%

### **LINHA SERVIÇO POÇO – 3**

EMPREGO				Normalização
Remoção Completa	Reel		190	18,54%
	S-lay reverso		190	18,54%
	Corte e içamento	Guilhotina	190	18,54%
		ROV	190	18,54%
Remoção Parcial	Trechos Risers		170	16,59%
Abandono	Limpeza		95	9,27%
SOMA			1025	100,00%

### **LINHA PRODUÇÃO POCOS – 1 E 3**

EMPREGO				Normalização
Remoção Completa	Reel		200	19,05%
	S-lay reverso		200	19,05%
	Corte e Içamento	Guilhotina	200	19,05%
		ROV	200	19,05%
Remoção Parcial	Trechos Risers		150	14,29%
Abandono	Limpeza		100	9,52%
SOMA			1050	100,00%

## **LINHA PRODUÇÃO POÇO – 2**

EMPREGO				Normalização
Remoção Completa	Reel		194	18,42%
	S-lay reverso		194	18,42%
	Corte e içamento	Guilhotina	194	18,42%
		ROV	194	18,42%
Remoção Parcial	Trechos Risers		180	17,09%
Abandono	Limpeza		97	9,21%
SOMA			1053	100,00%

## **JUMPER**

EMPREGO			Normalização	
Remoção Completa	Reel		190	22,62%
	S-lay reverso		190	22,62%
	Corte e içamento	Guilhotina	190	22,62%
		ROV	190	22,62%
Abandono	Limpeza		80	9,52%
SOMA			840	100,00%

## **UMBILICAL POÇO -1**

EMPREGO				Normalização
Remoção Completa	Reel		192	18,39%
	S-lay reverso		192	18,39%
	Corte e içamento	Guilhotina	192	18,39%
		ROV	192	18,39%
Remoção Parcial	Trechos Risers		180	17,24%
Abandono no Fundo	Limpeza		96	9,20%
SOMA			1044	100,00%



## UMBILICAL POÇO - 2

EMPREGO				Normalização
Remoção Completa	Reel		196	18,46%
	S-lay reverso		196	18,46%
	Corte e içamento	Guilhotina	196	18,46%
		ROV	196	18,46%
Remoção Parcial	Trechos Risers		180	16,95%
Abandono no Fundo	Limpeza		98	9,23%
SOMA			1062	100,00%

## UMBILICAL POÇO – 3

EMPREGO				Normalização
Remoção Completa	Reel		194	18,42%
	S-lay reverso		194	18,42%
	Corte e içamento	Guilhotina	194	18,42%
		ROV	194	18,42%
Remoção Parcial	Trechos Risers		180	17,09%
Abandono no Fundo	Limpeza		97	9,21%
SOMA			1053	100,00%

### e. Critério Econômico;

Os custos do descomissionamento dos equipamentos submarinos foram retirados do software *Questor*.

## ANM

Custo (MMUS\$)		Harmonização	Normalização
Remoção Completa	21.697.000	2,675208554	26,82%
Reutilização	24.591.000	2,360375747	23,67%
Abandono	11.756.000	4,937393671	49,51%
<b>SOMA</b>	58.044.000	9,972977973	100,00%

### ALS

Custo (MMUS\$)			Harmonização	Normalização
Remoção Completa	30.187.000		2,819359327	14,38%
Remoção Parcial	15.915.000		5,347659441	27,27%
Reutilização	29.006.000		2,934151555	14,96%
Abandono	10.000.000		8,5108	43,40%
	SOMA	85.108.000	19,61197032	100,00%

### LINHA SERVIÇO POÇO – 1

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		66.956.000	5,166930522	11,03%
	S-lay reverso		66.956.000	5,166930522	11,03%
	Corte e lçamento	Guilhotina	66.956.000	5,166930522	11,03%
		ROV	66.956.000	5,166930522	11,03%
Remoção Parcial	Trechos Risers		61.278.000	5,645696661	12,05%
Abandono	Limpeza		16.855.000	20,52548205	43,82%
SOMA			345.957.000	46,8389008	100,00%

### LINHA SERVIÇO POÇO – 2

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		65.629.000	5,18584772	11,07%
	S-lay reverso		65.629.000	5,18584772	11,07%
	Corte e lçamento	Guilhotina	65.629.000	5,18584772	11,07%
		ROV	65.629.000	5,18584772	11,07%
Remoção Parcial	Trechos Risers		61.278.000	5,55406508	11,85%
Abandono	Limpeza		16.548.000	20,56695673	43,89%
SOMA			340.342.000	46,86441269	100,00%

### LINHA SERVIÇO POÇO – 3

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		63.774.000	5,193652586	10,71%
	S-lay reverso		63.774.000	5,193652586	10,71%
	Corte e lçamento	Guilhotina	63.774.000	5,193652586	10,71%
		ROV	63.774.000	5,193652586	10,71%
Remoção Parcial	Trechos Risers		61.278.000	5,40520252	11,15%
Abandono	Limpeza		14.846.000	22,31038664	46,01%
SOMA			331.220.000	48,4901995	100,00%

### **LINHA PRODUÇÃO POÇOS – 1 E 3**

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		66.068.000	5,21226615	11,20%
	S-lay reverso		66.068.000	5,21226615	11,20%
	Corte e lçamento	Guilhotina	66.068.000	5,21226615	11,20%
		ROV	66.068.000	5,21226615	11,20%
Remoção Parcial	Trechos Risers		63.077.000	5,45942261	11,73%
Abandono	Limpeza		17.015.000	20,23884808	43,48%
SOMA			344.364.000	46,54733529	100,00%

### **LINHA PRODUÇÃO POÇOS – 2**

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		66.421.000	5,209737884	11,24%
	S-lay reverso		66.421.000	5,209737884	11,24%
	Corte e lçamento	Guilhotina	66.421.000	5,209737884	11,24%
		ROV	66.421.000	5,209737884	11,24%
Remoção Parcial	Trechos Risers		63.077.000	5,485929895	11,83%
Abandono	Limpeza		17.275.000	20,0310275	43,21%
SOMA			346.036.000	46,35590893	100,00%

### **JUMPER**

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		28.638.000	4,244465396	12,36%
	S-lay reverso		28.638.000	4,244465396	12,36%
	Corte e lçamento	Guilhotina	28.638.000	4,244465396	12,36%
		ROV	28.638.000	4,244465396	12,36%
Abandono	Limpeza		7.001.000	17,36223397	50,56%
SOMA			121.553.000	34,34009555	100,00%

### **UMBILICAL POÇO -1**

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		49.765.000	5,287651964	12,75%
	S-lay reverso		49.765.000	5,287651964	12,75%
	Corte e lçamento	Guilhotina	49.765.000	5,287651964	12,75%
		ROV	49.765.000	5,287651964	12,75%
Remoção Parcial	Trechos Risers		46.045.000	5,714844174	13,79%
Abandono	Limpeza		18.035.000	14,59051844	35,20%
SOMA			263.140.000	41,45597047	100,00%

### UMBILICAL POÇO -2

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		49.580.000	5,28985478	12,74%
	S-lay reverso		49.580.000	5,28985478	12,74%
	Corte e lçamento	Guilhotina	49.580.000	5,28985478	12,74%
		ROV	49.580.000	5,28985478	12,74%
Remoção Parcial	Trechos Risers		46.085.000	5,691027449	13,70%
Abandono	Limpeza		17.866.000	14,67989477	35,35%
SOMA			262.271.000	41,53034134	100,00%

### UMBILICAL POÇO -3

Custo (MMUS\$)				Harmonização	Normalização
Remoção Completa	Reel		46.921.000	5,333134417	12,67%
	S-lay reverso		46.921.000	5,333134417	12,67%
	Corte e lçamento	Guilhotina	46.921.000	5,333134417	12,67%
		ROV	46.921.000	5,333134417	12,67%
Remoção Parcial	Trechos Risers		46.243.000	5,41132712	12,86%
Abandono	Limpeza		16.309.000	15,34343001	36,46%
SOMA			250.236.000	42,0872948	100,00%

## APÊNDICE C

### INPUTS ANM-H

			Descomissionamento ANM-H				
			Remoção Completa	Reutilização	Abandono	máx. ou min	Unidade
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	10	10	3	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	6	6	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	6	7	8	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	28	30	33	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	398.818	328.245	199.409	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	27	30	5	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	2	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	1	1	3	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	1	1	1	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	1	1	1	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	5	5	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	4	4	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	194	160	97	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	21.697.000	24.591.000	11.756.000	min	MMUS\$

## INPUTS ALS

			Descomissionamento ALS					
			Remoção Completa	Remoção Parcial	Reutilização	Abandono	máx. ou min	Unidade
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	20	15	20	3	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	8	8	8	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	6	5	7	8	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	55	37	59	59	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	656.490	328.245	328.245	164.123	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	45	23	48	9	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	3	3	3	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	1	2	3	3	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	1	2	3	3	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	1	3	3	3	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	3	4	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	197	180	197	97	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	30.187.000	15.915.000	29.006.000	10.000.000	min	MMUS\$

## INPUTS LINHA SERVIÇO POÇO – 1

			Descomissionamento Linha Serviço Poço - 1							
			Remoção Completa				Remoção Parcial	Abandono	máx. ou min	Unidade
			Reel	S-Lay Reverso	Corte e Içamento		Trecho Riser	Limpeza		
				Guilhotina	ROV					
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	12	12	22	6	12	3	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	10	10	10	10	10	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	9	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	300	300	300	300	165	387	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	574.429	574.429	500.000	500.000	287.214	143.607	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	40	40	45	45	20	8	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	4	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	188	188	188	188	170	100	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	66.956.000	66.956.000	66.956.000	66.956.000	61.278.000	16.855.000	min	MMUS\$

## INPUTS LINHA SERVIÇO POÇO – 2

			Descomissionamento Linha Serviço Poço - 2							
			Remoção Completa				Remoção Parcial	Abandono	máx. ou min	Unidade
			Reel	S-Lay Reverso	Corte e Içamento		Trecho Riser	Limpeza		
Guilhotina	ROV									
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	12	12	22	6	12	3	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	10	10	10	10	10	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	9	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	300	300	300	300	165	367	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	533.398	533.398	500.000	500.000	266.699	133.350	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	37	37	40	40	19	7	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	4	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	194	194	194	194	180	97	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	65.629.000	65.629.000	65.629.000	65.629.000	61.278.000	16.548.000	min	MMUS\$



### INPUTS LINHA SERVIÇO POÇO – 3

			Descomissionamento Linha Serviço Poço - 3							
			Remoção Completa				Remoção Parcial	Abandono	máx. ou min	Unidade
			Reel	S-Lay Reverso	Corte e Içamento		Trecho Riser	Limpeza		
Guilhotina	ROV									
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	12	12	22	6	12	3	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	10	10	10	10	10	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	9	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	200	200	200	200	165	248	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	533.398	533.398	500.000	500.000	266.699	133.350	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	37	37	40	40	19	7	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	4	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	190	190	190	190	170	95	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	63.774.000	63.774.000	63.774.000	63.774.000	61.278.000	14.846.000	min	MMUS\$

### INPUTS LINHA PRODUÇÃO POÇOS – 1 E 3

			Descomissionamento Linha Produção Poço – 1 e 3							
			Remoção Completa				Remoção Parcial	Abandono	máx. ou min	Unidade
			Reel	S-Lay Reverso	Corte e Içamento		Trecho Riser	Limpeza		
Guilhotina	ROV									
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	12	12	22	12	12	2	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	8	8	10	10	8	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	9	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	600	600	600	600	381	630	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	656.490	656.490	600.000	600.000	328.245	164.123	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	45	45	50	50	23	9	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	4	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	200	200	200	200	150	100	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	66.068.000	66.068.000	66.068.000	66.068.000	63.077.000	17.015.000	min	MMUS\$

## INPUTS LINHA PRODUÇÃO POÇO – 2

			Descomissionamento Linha Produção Poço – 2							
			Remoção Completa				Remoção Parcial	Abandono	máx. ou min	Unidade
			Reel	S-Lay Reverso	Corte e Içamento		Trecho Riser	Limpeza		
Guilhotina	ROV									
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	12	12	22	12	12	2	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	8	8	10	10	8	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	9	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	600	600	600	600	381	670	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	656.490	656.490	600.000	600.000	328.245	164.123	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	45	45	50	50	23	9	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	4	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	194	194	194	194	180	97	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	66.421.000	66.421.000	66.421.000	66.421.000	63.077.000	17.275.000	min	MMUS\$

## INPUTS JUMPER

			Descomissionamento Jumper						
			Remoção Completa				Abandono	máx. ou min	Unidade
			Guilhotina	ROV					
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	12	12	22	12	2	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	8	8	10	10	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	8	8	8	8	12	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	615.460	615.460	600.000	600.000	307.730	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	42	42	46	46	8	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	190	190	190	190	80	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	28.638.000	28.638.000	28.638.000	28.638.000	7.001.000	min	MMUS\$

## INPUTS UMBILICAL POÇO - 1

			Descomissionamento Umbilical Poço - 1							
			Remoção Completa				Remoção Parcial	Abandono	máx. ou min	Unidade
			Reel	S-Lay Reverso	Corte e Içamento		Trecho Riser	Limpeza		
Guilhotina	ROV									
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	8	8	22	8	8	1	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	8	8	8	8	8	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	9	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	800	800	800	800	400	813	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	656.490	656.490	600.000	600.000	328.245	164.123	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	45	45	50	50	23	9	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	4	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	192	192	192	192	180	96	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	49.765.000	49.765.000	49.765.000	49.765.000	46.045.000	18.035.000	min	MMUS\$

## INPUTS UMBILICAL POÇO - 2

			Descomissionamento Umbilical Poço - 2							
			Remoção Completa				Remoção Parcial	Abandono	máx. ou min	Unidade
			Reel	S-Lay Reverso	Corte e Içamento		Trecho Riser	Limpeza		
Guilhotina	ROV									
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	8	8	22	8	8	1	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	8	8	8	8	8	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	9	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	700	700	700	700	402	780	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	709.830	709.830	700.000	700.000	354.915	177.458	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	48	48	53	53	24	10	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	4	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	196	196	196	196	180	98	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	49.580.000	49.580.000	49.580.000	49.580.000	46.085.000	17.866.000	min	MMUS\$

### INPUTS UMBILICAL POÇO - 3

			Descomissionamento Umbilical Poço - 3							
			Remoção Completa				Remoção Parcial	Abandono	máx. ou min	Unidade
			Reel	S-Lay Reverso	Corte e Içamento		Trecho Riser	Limpeza		
Guilhotina	ROV									
30,20%	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto no mar	8	8	22	8	8	1	min	PLL
	15,10%	Risco de segurança para o pessoal do projeto em terra	8	8	8	8	8	1	min	PLL
36,23%	9,06%	Impactos ambientais operacionais	7	7	8	8	9	10	máx.	Nota
	9,06%	Legados dos impactos ambientais	500	500	500	500	409	521	máx.	Nota
	9,06%	Energia utilizada	820.613	820.613	800.000	800.000	410.306	205.153	min	GJ
	9,06%	Emissão de gases	56	56	62	62	28	11	min	Toneladas
13,70%	6,85%	Planejamento	1	1	1	3	1	4	máx.	Nota
	1,14%	Complexidade da Opção	3	3	1	1	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Procedimento novo	3	3	2	2	3	4	máx.	Nota
	1,14%	Equipamento Novo	4	4	3	2	4	5	máx.	Nota
	1,14%	Confiabilidade do equipamento	4	4	3	3	4	4	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas climáticos	1	1	1	2	1	5	máx.	Nota
	1,14%	Vulnerabilidade a problemas de condição de instalação	3	3	2	2	3	5	máx.	Nota
9,01%	9,01%	Emprego	194	194	194	194	180	97	máx.	Homem ano
10,88%	10,88%	Custo	46.921.000	46.921.000	46.921.000	46.921.000	46.243.000	16.309.000	min	MMUS\$

