

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Antonio Rodrigues da Silva Neto

PRIORIZAÇÃO DE PLATAFORMA OFFSHORE PARA MANUTENÇÃO
PREVENTIVA DE TELECOMUNICAÇÕES ATRAVÉS DO MÉTODO
AHP

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
julho de 2015

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Antonio Rodrigues da Silva Neto

PRIORIZAÇÃO DE PLATAFORMA OFFSHORE PARA MANUTENÇÃO
PREVENTIVA DE TELECOMUNICAÇÕES ATRAVÉS DO MÉTODO
AHP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Pesquisa Operacional e
Inteligência Computacional da Universidade
Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção
do grau de MESTRE EM PESQUISA
OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Orientador: Prof. Milton Erthal Junior , D.Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Abril de 2015

ANTONIO RODRIGUES DA SILVA NETO

PRIORIZAÇÃO DE PLATAFORMA OFFSHORE PARA MANUTENÇÃO
PREVENTIVA DE TELECOMUNICAÇÕES ATRAVÉS DO MÉTODO
AHP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Pesquisa Operacional e
Inteligência Computacional da Universidade
Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção
do grau de MESTRE EM PESQUISA
OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Aprovado em ___ / ___ / 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Milton Erthal Júnior, D. Sc.
Universidade Candido Mendes

Prof. Eduardo Shimoda, D. Sc.
Universidade Candido Mendes

Prof^a Denise Cristina de Oliveira Nascimento, D.Sc.
Universidade Candido Mendes

Prof. Helder Gomes Costa, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense - UFF

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
2015

DEDICATÓRIA

In memoriam ao meus pais, Francisco e Inez, pelo muito que me ensinaram, pela educação que me deram e pelos sacrifícios que fizeram para que eu pudesse seguir na minha caminhada.

À minha esposa, Katia, pelo incentivo, pelo companheirismo e pela solidariedade nas longas noites de sono investidas.

Aos meus filhos, Andrey e Andressa e à minha neta Maria Antônia;

Aos meus irmãos Marilene e Francisco Carlos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pai todo poderoso, criador do céu e da terra, ao Divino Espírito Santo e a Jesus Cristo, filho unigênito, por guiarem meus caminhos, me fortalecerem quando enfraqueço, me levantarem quando esmoreço, pela luz e proteção nos momentos difíceis, por todas as graças recebidas e pelos milagres que vivencio à cada dia, sendo este mais um se ergue diante de meus olhos.

Aos meus pais Francisco e Inez; e que estejam na Santa Paz de Deus.

À minha esposa, meus filhos e minha neta, sempre presentes comigo, mesmo quando distante, dentro ou fora de casa.

Ao meu orientador, Professor Milton Erthal Junior, Dsc, pela compreensão, pelo incentivo, pela paciência, pela dedicação, pela habilidade e pelos valiosos ensinamentos nas horas de orientação.

Ao professor Shimoda, Dsc, pela solidariedade sob a forma de ensino e colaboração.

À Universidade Cândido Mendes de Campos dos Goytacazes, por concretizar este espaço para pesquisa e desenvolvimento de saberes,

Aos funcionários da UCAM-Campos que tanto nos apoiam, em especial à Cida e à Salete, pela dedicação.

Ao Instituto Federal Fluminense por estimular o desenvolvimento de seus profissionais.

Ao professor Hélder Gomes Costa, à Universidade Federal Fluminense e ao CNPq pela utilização do Aplicativo IPE 1.0.

A Petrobrás, por viabilizar o ambiente de estudo necessário, tornando possível a aproximação da academia ao mundo do trabalho.

Aos amigos da luta do dia-a-dia, pelo apoio, pelas contribuições e pelo incentivo, em especial ao Fabricio Jorge, à equipe de gerenciamento da rede da Bacia de Campos e ao pessoal da manutenção de telecomunicações offshore.

Às minhas irmãs e aos meus irmãos em Cristo, pelas palavras de incentivo e pelas orações, que tanto me ampararam e me confortaram

Aos colegas do Mestrado, em especial à Dione e ao Thalison pelo companheirismo nos grupos de trabalho; ao Nilson, ao João, ao Thiago, ao Roberto, à Armênia, à Roberta, à Gisele, à Larissa, ao Flavio e ao Fabio, pela aceitação nas horas de estudo.

Ao Nilson e à Gisele pelo começo desta idéia.

A Dona Marlene pela acolhida.

Ao pessoal do futebol, pela compreensão das ausências deste (quase) craque nas peladas.

Aos amigos Joel e Luiza, pelas horas de compreensão nos feriados e finais de semana.

A todos os professores que me incentivaram ao longo de minha trajetória nos estudos, em especial: às Professoras Vanda e Marlene, às Professoras Márcia e Lorelay, ao Professor Guedes, à Professora Sônia e ao Professor Lobo, por colocarem o coração muito além do ato de ensinar.

Aos meus amigos e mentores no Exército Brasileiro: Altair na ciência, Amauri nas relações com as pessoas e Martins na liderança e determinação.

Só há duas maneiras de viver a vida:
A primeira é vivê-la como se os milagres não existissem.
A segunda é vivê-la como se tudo fosse milagre.
ALBERT EINSTEIN

RESUMO

PRIORIZAÇÃO DE PLATAFORMA OFFSHORE PARA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE TELECOMUNICAÇÕES ATRAVÉS DO MÉTODO AHP

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de Auxílio Multicritério à Decisão para selecionar uma plataforma de produção de petróleo a ser priorizada para receber uma equipe de manutenção preventiva de telecomunicações. Para esta finalidade, foi empregado o método da Análise Hierárquica de Processo (AHP) e utilizado o aplicativo IPE 1.0. O cenário de estudo foi a Bacia de Campos, região offshore situada ao norte do estado do Rio de Janeiro, descrevendo-se a planta de telecomunicações que normalmente integra uma plataforma de produção. Os critérios foram identificados a partir de consultas realizadas junto à literatura e também a especialistas e validados através da aplicação da metodologia de comparação da Razão de Validade de Conteúdo (CVR) com o respectivo CVR crítico, aproveitando-se o percentual de aprovação para atribuição dos pesos. A estrutura hierárquica desenvolvida combinou, sistemas, redes e equipamentos de telecomunicações com outros aspectos como a produção da plataforma, sua condição estratégica e a sua segurança, levando-se em conta a segurança operacional interna à plataforma, a segurança de mar e a segurança de vôo das aeronaves que promovem o embarque e o desembarque de pessoal. De um total de 33 critérios identificados, a estrutura final de análise congregou 4 critérios e 8 subcritérios. Seguindo o modelo de gestão de manutenção de telecomunicações offshore vigente na região de produção, o conjunto de plataformas foi dividido em três grupos, sendo a metodologia aplicada sobre cada um deles. Para cada um dos grupos foram obtidas as prioridades locais de cada critério e subcritério. Também foram calculadas as prioridades globais de cada grupo. Para o grupo 1 foi priorizada a plataforma identificada como PLAT1E, com 24,27%. No grupo 2 a plataforma PLAT2I foi a selecionada com 22,50%. Já no grupo 3, PLAT3H foi priorizada com 20,84%. As Razões de Consistência foram determinadas e os valores obtidos estiveram sempre abaixo do limite de 0,1, conforme preconizado no método AHP. Os resultados da metodologia de priorização foram validados pelos respectivos gestores através da aplicação de um questionário, obtendo-se unanimidade na aprovação. O método de Lawshe mostrou-se útil para seleção de critérios e definição dos respectivos pesos, enquanto que o método AHP apresentou-se como adequado para a seleção da plataforma a ser priorizada.

PALAVRAS-CHAVE: AMD; Manutenção preventiva; Metodologia.

ABSTRACT

OFFSHORE PLATFORM PRIORITIZATION FOR TELECOMMUNICATIONS PREVENTIVE MAINTENANCE THROUGH THE AHP METHOD

The objective of this paper is to present a methodology Aid Multicriteria Decision to select an oil production platform to be prioritized to receive a team of preventive maintenance of telecommunications. For this, we used the method of Analytic Hierarchy Process (AHP) and the IPE 1.0 application. The study setting was the Campos Basin, describing the telecommunications plant that usually includes a production platform. The criteria were identified from consultations with the literature and also the experts and validated by applying the comparison methods of Content Validity Ratio (CVR) for their critical CVR, taking advantage of the percentage of approval for allocation of weights. The developed hierarchical structure combined services, systems, networks and telecommunications equipment with other aspects such as production, its strategic condition and their safety, taking into account the internal operational safety to the platform, sea safety and flight safety of helicopters running embarkation and disembarkation of workers. Of a total of 33 identified criteria, the final structure of congregated analysis 4 and 8 sub criteria. Following the current offshore telecommunications service management model in the production area, the set of platforms were divided into three groups, the method being applied to each. For each group were obtained local priorities for each criterion and sub-criterion. They were also calculated the overall priorities of each group. For group 1 was prioritized the identified platform as PLAT1E, with 24.27%. In group 2 the PLAT2I platform was selected with 22.50%. In group 3, PLAT3H was prioritized with 20.84%. The Consistency reasons were determined and the values obtained were always below the 0.1 threshold, as recommended in the AHP. The results of the prioritization methodology has been validated by their managers by applying a questionnaire to obtain unanimity in the approval. The Lawshe method proved to be useful for selection criteria and definition of weights, while the AHP method was presented as suitable for the selection of the platform to be prioritized.

KEYWORDS: MCDA; Preventive maintenance; Methodology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Unidades de produção para o pré-sal até 2020.....	20
FIGURA 2 - Produção brasileira de petróleo anual de 1994 a 2014.....	26
FIGURA 3 - Áreas de navegação e produção na Bacia de Campos.....	27
FIGURA 4 - Meios de transmissão.....	28
FIGURA 5 - Destaque da torre de comunicação em plataforma de produção semi-submersível.....	29
FIGURA 6- Macrofluxo do processo decisório.....	38
FIGURA 7- Estrutura hierárquica geral do método AHP.	39
FIGURA 8 – Métodos AMD no planejamento e na gestão da indústria de petróleo e gás.....	42
FIGURA 9 - Métodos AMD por situação geográfica.....	43
FIGURA 10- Estação repetidora.....	54
FIGURA 11- Hierarquia para o critério histórico de falhas de segurança.....	66
FIGURA 12- Hierarquia para o critério histórico de falhas de infraestrutura.....	67
FIGURA 13- Estrutura hierárquica para o problema.....	68
FIGURA 14- Matriz de pesos dos critérios à luz do foco principal.....	69
FIGURA 15- Importância dos subcritérios à luz do critério Histórico de falhas de segurança.....	69
FIGURA 16- Importância dos subcritérios à luz do critério Histórico de falhas de infraestrutura.....	70
FIGURA 17- Prioridades dos critérios.....	70
FIGURA 18- Prioridades no critério histórico de falhas de segurança.....	71
FIGURA 19- Prioridades no critério histórico de falhas de infraestrutura.....	71
FIGURA 20- Distribuição dos pesos na estrutura hierárquica para o problema.....	72
FIGURA 21- Níveis de satisfação dos gestores.....	77

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1- Razão de Consistência.....	39
EQUAÇÃO 2- Índice de consistência	53
EQUAÇÃO 3- Razão de Validade de Conteúdo.....	59

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Relação entre os custos de manutenção.....	33
TABELA 2 - Pontuação para importância estratégica	55
TABELA 3 - Critérios primários extraídos das publicações analisadas	60
TABELA 4 - Critérios acrescentados na fase de análise exploratória	61
TABELA 5 - Comparação do quantitativo de citações.....	62
TABELA 6 - Aplicação de lawshe (1975) para seleção dos critérios.....	64
TABELA 7 - Critérios selecionados	65
TABELA 8 - Pontuação do critério Importância estratégica respectivamente para as plataformas dos Grupos 1, 2 e 3.....	73
TABELA 9 – Priorizadades e Razões de Consistência para o Grupo 1	74
TABELA 10 - Priorizadades e razões de consistência para o grupo 2	75
TABELA 11 - Priorizadades e razões de consistência para o grupo 3	76

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ESCALA NUMÉRICA DE SAATY	39
QUADRO 2 - NOMENCLATURA DAS PLATAFORMAS	53
QUADRO 3 - LISTA DE PUBLICAÇÕES ANALISADAS	59

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN	- Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
AFIS	- Aerodorme Flight Information Service
AHP	- Analytic Hierarchy Process
AMD	- Auxilio Multicritério à Decisão
ANATEL	- Agência Nacional de Telecomunicações
ANP	- Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis
APP	- Approach control
CATV	- Circuito Aberto de TV
CFTV	- Circuito Fechado de TV
CVR	- Content Validity Ratio
EPIRB	- Emergency Position-Indicating Radio Beacon
EPTA	- Estação Prestadora de Serviços de Telecomunicações e de Tráfego Aéreo
ERP	- Enterprise Resource Planning
GMDSS	- Global Maritime Distress and Safety System
HF	- High frequency
ICA	- Instrução do Comando da Aeronáutica
MF	- Medium frequency
NBR	- Norma brasileira
NORMAM	- Normas da Autoridade Marítima
PG	- Prioridade Global
PML	- Prioridade Média Local
PROCAP	- Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas
RC	- Razão de Consistência
RIC	- Rede Integrada Corporativa
SDH	- Synchronous Digital Hierarchy
SDH-NG	- Synchronous Digital Hierarchy -Next Generation
TVRO	- TV Read Only
TWR	- Tower control
VHF	- Very high frequency
WAN	- Wide Área Network.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	Objetivo geral.....	19
1.1.2	Objetivos específicos.....	19
1.2	JUSTIFICATIVA.....	19
1.3	DELIMITAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	21
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	25
2.1	A PRODUÇÃO OFFSHORE DE PETRÓLEO NO BRASIL.....	25
2.2	TELECOMUNICAÇÕES NA BACIA DE CAMPOS.....	26
2.3	OS MÉTODOS DE MANUTENÇÃO E A MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	31
2.4	DECISÃO E PROCESSO DECISÓRIO.....	36
2.5	O MÉTODO AHP.....	38
2.6	GESTÃO DE PETRÓLEO E GÁS, MANUTENÇÃO E O MÉTODO AHP.....	42
2.7	A SELEÇÃO DE CRITÉRIOS ATRAVÉS DO MÉTODO DE LAWSHE.....	44
3	METODOLOGIA.....	47
3.1	COMPILAÇÃO DE ITENS.....	48
3.1.1	Consulta à literatura.....	48
3.1.2	Consulta aos especialistas.....	49
3.2	SELEÇÃO DOS ITENS.....	50
3.3	IDENTIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES HIERÁRQUICAS.....	51
3.4	ATRIBUIÇÃO DOS PESOS AOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS.....	52
3.5	CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	52
4	RESULTADOS.....	58
4.1	ITENS COMPILADOS.....	59
4.1.1	Itens compilados da literatura.....	59
4.1.2	Itens compilados a partir dos especialistas.....	61
4.1.3	Conjunto de itens compilados.....	62

4.2	ITENS SELECIONADOS	64
4.3	DEFINIÇÃO DA HIERARQUIA	65
4.4	MATRIZES DE IMPORTÂNCIA	69
4.5	CÁLCULO DAS PRIORIDADES DO MÉTODO AHP	70
4.6	RESULTADOS DA APLICAÇÃO NO ESTUDO DE CASO	73
4.6.1	A tabela de importância estratégica	73
4.6.2	Dados dos históricos de falhas	74
4.6.3	Prioridades globais, Prioridades locais e Razões de Consistência	74
4.6.4	A avaliação dos gestores	76
5	DISCUSSÕES	78
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
6.1	CONCLUSÕES.....	84
6.2	TRABALHOS FUTUROS	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	APÊNDICE I – FORMULÁRIO PESQUISA EXPLORATÓRIA.....	98
	APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DOS CRITÉRIOS	99
	APÊNDICE III – CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DAS PLATAFORMAS	100
	APÊNDICE IV – HISTÓRICO DE FALHAS DO GRUPO 1	101
	APÊNDICE V – HISTÓRICO DE FALHAS DO GRUPO 2	102
	APÊNDICE VI – HISTÓRICO DE FALHAS DO GRUPO 3	103
	APÊNDICE VII – ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA PARA O CRITÉRIO HISTÓRICO DE FALHAS DE INFRAESTRUTURA (Hfi)	104
	APÊNDICE VIII – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS GESTORES	105
	ANEXO I – VALORES DE $CVR_{CRÍTICO}$ PARA ATÉ 30 ESPECIALISTAS	106

1 INTRODUÇÃO

Nas atividades industriais, o interesse pelo aperfeiçoamento das práticas de manutenção é uma constante. Quanto mais organizado o processo de manutenção, menor a ocorrência de transtornos advindos de falhas nos equipamentos e maior a otimização dos custos. Particularmente na indústria de petróleo e gás, a questão da manutenção se reveste de crucial importância, em função da natureza especialmente perigosa das atividades e dos graves riscos e prejuízos envolvidos. Conforme afirmado por Dekker (1996), sempre que houver grande quantidade de capital investido em sistemas técnicos, haverá considerável necessidade de manutenção a ser realizada. O próprio autor inclui nesta afirmação a condição das indústrias de petróleo e gás. Os investimentos neste ramo industrial são de valores muito elevados. Suas principais instalações e estruturas são de grande porte, situação em que se enquadram as plataformas de produção de petróleo da Bacia de Campos e a complexa malha de escoamento da produção submarina (SILVA, 2005).

No ambiente de produção offshore de petróleo e gás o interesse pela manutenção vai além das questões de preservação do capital e da lucratividade. O objeto de trabalho é extremamente perigoso, envolvendo substâncias altamente inflamáveis e tóxicas, trafegando ao longo das etapas do processo produtivo, sob condições severas de pressão e temperatura (KHAN e HADDARA, 2004). O aspecto da segurança é então acrescentado ao cenário de produção e dentre os fatores que contribuem para com os requisitos adicionais de segurança de uma plataforma de produção de petróleo está a rede de telecomunicações.

Esta interdependência entre a indústria de petróleo e gás e as redes de telecomunicações é mencionada por Heller (2001) e Duenas (2005) ao abordarem a inter-relação entre os sistemas de infraestrutura, tanto pela crescente influência no controle, na automação, na eficiência e na redução dos custos de operação, como também pela combinação dos fatores de recuperação por ocasiões dos desastres naturais.

Desta forma, a abordagem da manutenção nos sistemas de telecomunicações instalados nas plataformas de produção de petróleo da Bacia de Campos se torna importante, mesmo não se tratando de uma atividade fim do ramo de petróleo e gás. Neste sentido, cabe ressaltar que pela natureza das operações envolvidas, o ideal é que não se aguarde a ocorrência de problemas para se realizar a manutenção (SILVA NETO et al., 2014). A forma mais adequada para tratamento do tema requer ações de prevenção e um dos caminhos a serem trilhados aponta na direção da manutenção preventiva, através da realização ações de detecção e prevenção de falhas, na busca de se manter os itens na condição especificada (WANG, 2002).

Vários são os fatores que podem influenciar na elaboração de um plano de manutenção preventiva, especialmente se considerarmos a diversidade de serviços e as tecnologias de telecomunicações existentes a bordo das plataformas, além das peculiaridades do ambiente offshore. Esta multiplicidade de influências sinaliza para a adoção de técnicas de auxílio multicritério à decisão (AMD). Levando-se em conta a necessidade de se estabelecer prioridades, de forma a se conciliar os fatores influentes, surgem as seguintes questões: como priorizar a plataforma de produção de petróleo a receber uma equipe de manutenção preventiva de telecomunicações? Quais os critérios que influenciariam na priorização? Quais as relações entre eles?

O presente trabalho foi utilizado para responder a estas perguntas, tendo como cenário de estudo a Bacia de Campos, maior região brasileira produtora de petróleo, de onde poderão ser extraídos diversos aprendizados para futuro emprego em outras regiões offshore produtoras de petróleo, inclusive a região do pré-sal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.2 Objetivo Geral

Selecionar uma plataforma de produção de petróleo a ser priorizada para receber uma equipe de manutenção preventiva de telecomunicações, através da aplicação de um método de Auxílio Multicritério à Decisão, considerando-se a diversidade tecnológica do parque de telecomunicações instalado a bordo e as peculiaridades do ambiente offshore de produção de petróleo.

1.1.3 Objetivos Específicos

Com este trabalho, pretende-se:

- Estabelecer uma metodologia para elencar os critérios importantes para o processo de priorização.
- Identificar e selecionar critérios que possam ser empregados na elaboração do planejamento da manutenção preventiva de telecomunicações offshore.
- Identificar a relação entre os critérios selecionados.
- Submeter a metodologia à avaliação dos gestores das equipes de manutenção de telecomunicações offshore.

1.2 JUSTIFICATIVA

Historicamente, a manutenção preventiva dos equipamentos de telecomunicações instalados nas plataformas de produção de petróleo da Bacia de Campos tem sido realizada segundo um cronograma, que é elaborado observando-se as características dos diversos sistemas de telecomunicações existentes a bordo. Desta forma, para cada rede ou sistema, há um cronograma específico

(PETROBRÁS, 2013). Esta sistemática considera de modo implícito a existência de técnico de telecomunicações a bordo da plataforma. O crescimento da quantidade de unidades na região de produção, associado à natural otimização dos custos na logística offshore, poderá dificultar a garantia de que haja sempre disponível um técnico por plataforma. Em consequência, ao longo do tempo haverá tendência dos cronogramas não serem cumpridos progressivamente, provocando o acúmulo de tarefas de manutenção preventiva e o aumento da incidência de falhas. É de conhecimento comum que os efeitos da ação do ambiente salino, associados às ações das intempéries, incidem de forma agressiva sobre os itens da planta de telecomunicações instalados, especialmente naqueles localizados na área externa, como por exemplo, antenas, conectores, cabeamento, cornetas do sistema de intercomunicação, etc. As ações de prevenção até então executadas especificamente sobre cada rede ou sistema, passarão a abranger a mais de uma especialidade, objetivando o melhor aproveitamento da oportunidade de embarque. Para se adequar a este novo cenário, o modelo de planejamento da manutenção preventiva deverá ser revisto.

Além disso, o modelo que vem sendo adotado não utiliza nenhuma método de Auxílio Multicritério à Decisão, portanto, o aprendizado obtido com a adoção desta metodologia na maior região brasileira produtora de petróleo poderá subsidiar decisões a serem tomadas em outras regiões de produção, o que inclui a região do pré-sal. Na época da realização deste estudo, estavam previstas instalações de várias unidades de produção nesta região, algumas delas inclusive já se encontravam em operação. A figura 1 apresenta a previsão da ocasião, considerando o horizonte de 2020.

CIDADE DE S. PAULO						CARCARÁ	
CIDADE DE ITAJAÍ						ES ÁGUAS PROFUNDAS	
CIDADE DE PARATY			CIDADE DE MARICÁ			P-71	
P-43			CIDADE DE SAQUAR.	T. VERDE MESTIÇA		REVITALIZ. MARLIMI	
P-55			P-66	P-69		SE ÁGUAS PROFUNDAS I	
P-58			P-67	P-70		SUL PARQUE BALEIAS	
P-62			CIDADE DE CUARAG.	P-68		MAROMB. I	ESPADARTE III
P-61	CID. ILHA BELA		P-74	P-76		P-72	REVITALIZ. MARLIM II
TAD P. TERRA	CIDADE DE MANGTBA	CIDADE DE ITAGUAÍ	P-75	P-77		P-73	JUPITER
							BUZIOS
							FLORIM
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020

Figura 1: Unidades de produção para o pré-sal até 2020 - Fonte: PETROBRÁS, 2014

Independente das questões econômicas e de seus impactos que possam afetar a evolução do crescimento do quantitativo de plataformas, o desafio de se vencer as distâncias, aliado à concentração gradativa de unidades, poderão motivar a aplicação da metodologia.

No ano de realização deste estudo, a empresa produzia cerca de 2 milhões de barris por dia com aproximadamente 20 mil funcionários próprios envolvidos diretamente nas atividades upstream. As estimativas na ocasião projetavam em seis mil o número de funcionários necessários para o funcionamento da unidade operacional da Bacia de Santos atingir sozinha uma produção total de 2 milhões de barris por dia em 2020 (PETRO&QUÍMICA, 2014).

O estudo se justifica, uma vez que a aplicação da metodologia de AMD no contexto em questão poderá contribuir para a otimização do trabalho de manutenção preventiva de telecomunicações offshore, reduzindo a quantidade de pessoas expostas aos riscos da atividade, o que se reflete também na redução de riscos ao meio ambiente.

1.3 DEMILITAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este estudo se destina a analisar a aplicação de um método de Auxílio Multicritério à Decisão no planejamento da manutenção preventiva das redes e sistemas de telecomunicações instalados nas plataformas de produção de petróleo em operação na Bacia de Campos, considerando

- Os aspectos que influenciam na escolha dos critérios de seleção;
- A identificação dos itens da planta de telecomunicações offshore que possuem maior relevância na tomada de decisão;
- As relações entre os itens da planta e os aspectos considerados;
- A avaliação da metodologia pelos dos gestores das equipes de manutenção, através da aplicação do estudo de caso em uma grande empresa do setor de petróleo e gás.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Objetivando o desenvolvimento de uma metodologia para priorização de plataforma de produção de petróleo para manutenção preventiva de telecomunicações, este trabalho utilizou os seguintes subsídios: consulta à literatura, consulta ao público especializado em manutenção de telecomunicações offshore, dados de uma grande empresa do setor de petróleo e gás e consulta a uma equipe de gestores que atuam no referido processo de manutenção.

O ponto de partida consistiu numa busca à literatura com o intuito de se identificar possíveis critérios a serem utilizados na tomada de decisão. A busca conciliou os temas envolvidos, a saber: telecomunicações, manutenção e petróleo & gás.

Os critérios advindos da consulta à literatura integraram uma pesquisa exploratória sob a forma de questionário fechado, o qual foi levado à equipe de especialistas em telecomunicações, atuantes no gerenciamento das Redes que compõem os sistemas de offshore, escolhendo-se os mais experientes.

Os especialistas acrescentaram novos critérios à lista obtida junto à literatura e o resultado final foi submetido, sob a forma de novo questionário, a um conjunto de técnicos em manutenção de telecomunicações atuante no ambiente offshore.

A seleção de final dos critérios foi obtida comparando-se o Coeficiente de Validade de Conteúdo de cada critério com o respectivo coeficiente crítico (CVRcrítico), com base na metodologia introduzida por Lawshe (1975).

A lista final de critérios foi analisada, procurando-se identificar possíveis relações que pudessem ser associadas, ou não, sob a forma de critérios e subcritérios, com vistas à construção da estrutura hierárquica do problema, permitindo assim a aplicação do método do Processo de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchic Process, AHP).

Aos critérios e subcritérios identificados foram atribuídos pesos, levando-se em conta o percentual de aprovação da condição essencial de cada critério efetuada pelos técnicos offshore, consolidando-se as informações necessárias à aplicação do método AHP.

Uma vez estruturada a aplicação da metodologia, com o auxílio do aplicativo IPE 1.0, procedeu-se ao estudo de caso, utilizando-se os dados reais colhidos das plataformas de produção da Bacia de Campos, agrupando-as segundo o modelo de gestão em vigor na época do desenvolvimento do trabalho. Os resultados foram submetidos à avaliação dos gestores de cada grupo de plataformas sob a forma de questionário.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta Dissertação subdivide-se em 6 capítulos, sendo estruturada em Introdução, Revisão da literatura, Metodologia, Resultados, Discussões e Considerações finais.

O capítulo 1 aborda a importância da manutenção nas atividades industriais, relacionando-a com a indústria de petróleo e gás e destacando seus impactos, uma vez que em geral as instalações são de muito grande porte, os investimentos são muito elevados e o objeto de trabalho é altamente inflamável. A este cenário acrescenta as atividades das plataformas de produção situadas no ambiente offshore, condição agravada pela distância do continente, onde as questões de segurança assumem importância ainda maior. Ao aspecto da segurança é associado o papel dos itens de telecomunicações que compõem a planta, mencionando-se outros benefícios, de forma a caracterizar a importância dos equipamentos e sistemas de telecomunicações offshore. Neste contexto, é introduzida a manutenção preventiva de telecomunicações e a possibilidade de aplicação na exploração da região do pré-sal. O capítulo apresenta ainda os objetivos, a justificativa, a delimitação do trabalho, a metodologia de desenvolvimento e a sua estrutura.

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura iniciando pelo histórico da produção offshore de petróleo, com ênfase na Bacia de Campos. Em seguida denota a necessidade de se vencer distâncias de mais de 100 km da costa para prover operacionalidade, lazer e segurança, contribuições proporcionadas também pelos equipamentos e sistemas que compõem a planta de telecomunicações, efetuando a descrição dos mesmos, bem como o inter-relacionamento normativo com a Marinha e com a Aeronáutica. Descreve sucintamente os métodos de

manutenção, abordando o método então praticado no processo de manutenção preventiva de telecomunicações na Bacia Campos e destacando a necessidade de mudanças para vencer as distâncias ainda maiores na região do pré-sal. O processo decisório também é estudado, enfocando-se os seus principais elementos, com ênfase ao método AHP como ferramenta de Auxílio Multicritério à Decisão, sendo descritas as principais etapas no seu emprego. A associação do método AHP com a manutenção e com o planejamento e a gestão de petróleo de gás é subsequentemente colocada, evidenciando ser o método AHP o mais utilizado neste contexto. A seleção de critérios para utilização do método AHP através de questionários é então destacada e a metodologia do Coeficiente de Validade de Conteúdo é introduzida como uma das técnicas utilizadas neste sentido.

O capítulo 3 descreve toda a sequência metodológica utilizada, começando pela identificação dos elementos do processo decisório existentes neste estudo, assim como as etapas de consulta à literatura, aos especialistas e aos gestores, incluindo os respectivos questionários utilizados. Descreve também todos os passos adotados na elaboração da estrutura hierárquica do problema com base nos critérios selecionados e a atribuição dos pesos aos critérios e subcritérios, detalhando a aplicação do estudo de caso.

No capítulo 4 são apresentados os resultados de todas as etapas, desde à elaboração da relação final de critérios até a aplicação do método AHP no estudo de caso, relacionando-se as matrizes da importância, o cálculo das prioridades e as análises de consistências efetuadas, culminando-se com a avaliação dos gestores.

No capítulo 5 são efetuadas análises, comparações e avaliações com base nos resultados alcançados da aplicação do método AHP ao problema, investigando-se os parâmetros resultantes da aplicação da metodologia, após a introdução dos dados da empresa.

No capítulo final estão colocadas as conclusões sobre o trabalho desenvolvido, as considerações finais com foco principalmente na adoção desta metodologia na prática e as sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A PRODUÇÃO OFFSHORE DE PETRÓLEO NO BRASIL

O Brasil é o segundo maior produtor de petróleo na América do Sul (ANP, 2013). Sua produção de petróleo encontra-se em constante crescimento, partindo de uma produção de 200 mil barris na década de 1970, para cerca de 2 milhões de barris diários em 2009. Este crescimento de produção deveu-se principalmente à descoberta dos gigantescos campos na região da Bacia de Campos no Rio de Janeiro, o que incentivou a busca de acumulações em águas cada vez mais profundas (PORTAL BRASIL, 2011).

O primeiro poço offshore foi descoberto em 1968 em Sergipe, no Campo de Guaricema. Em 1974 aconteceu a primeira perfuração no campo de Garoupa já na Bacia de Campos (RJ). Com o prosseguimento das pesquisas, outros campos foram descobertos, porém as peculiares condições brasileiras não comportavam as tecnologias exigidas para exploração em grandes profundidades marítimas, impossibilitando a continuidade do desenvolvimento (THOMAS et al., 2001). Para superar este desafio foi implantado pela Petrobrás em 1986 o PROCAP, Programa de Capacitação Tecnológica em Águas Profundas, que tinha como objetivo conceber localmente um sistema complexo de inovações que permitisse a exploração do petróleo em alto mar. Este esforço conferiu à instituição o título de líder internacional em tecnologia de exploração de petróleo em águas profundas (NETO e COSTA, 2007).

Em 2008, a descoberta de grande quantidade de petróleo localizada abaixo da camada de sal, região conhecida como pré-sal na bacia de Santos, projetou o Brasil para o mesmo nível de reservas dos maiores produtores mundiais (PORTAL BRASIL, 2011). No mês de junho de 2014, a produção brasileira de petróleo ultrapassou a casa dos 2,2 milhões de barris por dia, vide a figura 2. Segundo o

Boletim da produção de petróleo e gás natural (ANP, 2014) o pré-sal, ainda em sua fase inicial de produção, já contribui com cerca de 500 mil barris diários de petróleo.

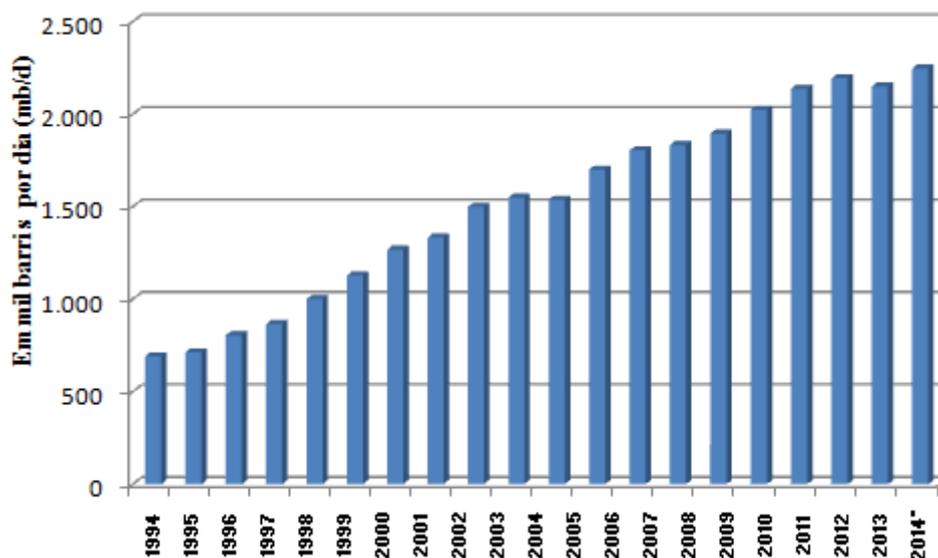


Figura 2: Produção brasileira de petróleo anual de 1994 a 2014 - Fonte: ANP (2014)

2.2 TELECOMUNICAÇÕES NA BACIA DE CAMPOS

A área de exploração da Bacia de Campos possui aproximadamente 115.000 km² (CARMINATTI, WOLFF e GAMBOA, 2008). A região de produção está situada após a área de deslocamento das embarcações, área de navegação, como pode ser visto na Figura 3. É nesta região que se concentra grande parte da infraestrutura submarina, responsável pela produção dos campos de petróleo em operação (FRAGA et al., 2003 e RIBEIRO, 2012). A estes campos estão interligadas as plataformas responsáveis pela produção de petróleo.



Figura 3: Áreas de navegação e produção na Bacia de Campos – Fonte: RIBEIRO (2012)

A plataforma de produção de petróleo offshore consiste num complexo ambiente industrial, onde coexistem diversos sistemas operando sobre condições severas. Na Bacia de Campos, estas condições são agravadas em função da distância ao continente. O emprego da tecnologia vem cada vez mais conciliando produtividade e segurança no meio offshore, uma vez que os sistemas eletrônicos possibilitam a operação e o monitoramento de forma remota, retirando os trabalhadores da proximidade dos locais potencialmente perigosos (VELEZ, 2003). Neste enriquecido cenário tecnológico os sistemas de telecomunicações tem a missão de transportar as informações de interesse do sistema de supervisão, os sinais de controle, de imagens, de sonorização, de telefonia, bem como viabilizar o tráfego de dados, tanto no âmbito da própria plataforma, como na interação com o mundo exterior à mesma (JESUS JUNIOR, 2006).

Para o transporte de informações das plataformas offshore são utilizadas e combinadas diversas técnicas de transmissão, o que vai depender basicamente das distâncias a serem vencidas, da característica da unidade, do tipo e da quantidade de informações a serem transportadas. Os equipamentos que compõem a rede de comunicação são interligados através de cabos metálicos, de cabos de fibra óptica e da propagação de ondas eletromagnéticas por intermédio das antenas (SILVA NETO et al., 2014). A malha de cabos metálicos se restringe ao ambiente interno da plataforma e quando não há necessidade de mobilidade. Quando da necessidade de mobilidade ou de transmissão de maiores volumes de informações, é empregada

a comunicação via rádio. Para cada caso há o tipo de equipamento rádio recomendável. Para vencer as grandes distâncias e trafegar volume de informações ainda maiores, são utilizadas as fibras ópticas.

A figura 4 apresenta as formas de transmissão utilizadas na comunicação da plataforma com o mundo exterior.

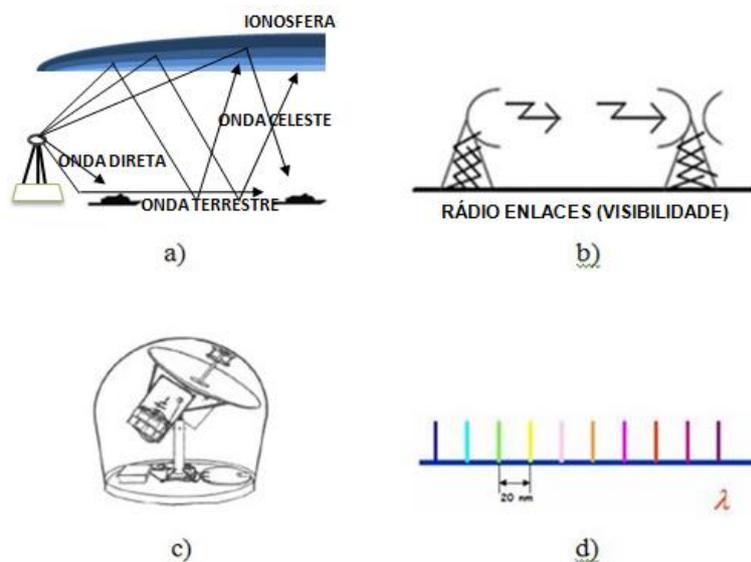


Figura 4: Meios de transmissão a) Rádio comunicação por propagação direta, terrestre e ionosférica; b) Rádio comunicação de alta capacidade com propagação por visibilidade; c) Antena parabólica para comunicação via satélite; d) Comprimentos de ondas luminosas via Fibras ópticas - Fontes: Oliveira Helio (2013), Marinha do Brasil (2011) e Oliveira (2014)

Através da referida figura, observa-se que: (a,b) A comunicação via rádio, que pode ser utilizada através de ondas diretas, ondas terrestres, reflexões ionosféricas (ondas celestes) e enlaces de rádio-visibilidade, (c) links satélites e através do comprimento de ondas luminosas (d) via fibras ópticas acondicionadas no interior de cabos elétricos (cabos eletro-ópticos) ou em cabos dedicados exclusivamente ao transporte de informações (cabos ópticos).

A rede de comunicações ópticas offshore foi implantada em 1998, sendo a primeira do mundo. Apenas na Bacia de Campos percorrem o leito do oceano cerca de 544 km de cabos ópticos submarinos efetuando a interligação das plataformas (PETROBRAS, 2015). A região de produção é por vezes considerada um gigantesco laboratório a céu aberto, onde diversas tecnologias são testadas (PETROBRAS, 2014). A experiência obtida com o emprego da comunicação óptica submarina serviu de subsídio para adoção desta mesma tecnologia na região do pré-sal, onde os benefícios desta modalidade de transporte de informações para a terra são considerados de suma importância para a otimização de custos de produção.

A Rede de Comunicação via Satélite teve sua implantação em 2006 e utilizando um satélite localizado a mais de 36.000 Km da terra vem possibilitando a interligação dos sites da empresa à sua rede interna, conhecida como RIC, Rede Integrada Corporativa (REVISTA PETROBRAS, 2010), mesmo nas regiões mais remotas. Isto tornou possível a comunicação com plataformas onde, por características da região de operação, mobilidade, distância e dispersão geográfica são desafios a serem vencidos para a integração à RIC.

Os enlaces rádio ponto-a-ponto cumprem a função de conexão da comunicação das plataformas nas situações em que as condições geográficas da área de produção são mais favoráveis. Na Bacia de Campos, em geral esta modalidade de tecnologia de transporte de informação acontece em maior quantidade, tendo em vista a relativa proximidade geográfica entre uma plataforma terminal e a sua repetidora. A repetidora é uma plataforma de produção que concentra o lado remoto do link-rádio de diversas plataformas terminais, também chamadas de periféricas. Além do rádio, em ambas as unidades devem ser instaladas antenas e todos os acessórios de interligação, como cabos, conectores e proteções mecânicas. A figura 5 exemplifica o local de instalação das antenas de uma plataforma periférica (SILVA NETO et al., 2015).



Figura 5: Destaque da torre de comunicação em plataforma de produção semi-submersível -
Fonte: Oliveira Mauricio (2013)

Tipicamente, no interior da plataforma offshore de produção de petróleo, além do sistema de transmissão encontram-se instalados os seguintes sistemas: rádio

operacional com repetidor ativo, Intercomunicação industrial (conhecido como Intercom), circuito fechado de tv (CFTV), Multiplex, recepção e distribuição de TV (CATV), telefonia e rede local (PETROBRAS, 2004). Estes sistemas proporcionam serviços de telecomunicações que auxiliam os trabalhadores embarcados a executarem suas atividades operacionais, proporcionam momentos de lazer nos períodos de folga a bordo e contribuem para com os requisitos de segurança necessária, seguindo rígidos padrões internacionais (SILVA NETO et al., 2014).

A importância dos sistemas de comunicação de bordo é traduzida nas ações de salvaguarda e segurança operacional da plataforma. Além de possibilitar o fluxo de informações com a costa, seus sistemas internos de comunicação permitem a veiculação de anúncios, de chamadas de advertência e de emergências, assessoram a movimentação de cargas e viabilizam o contato com as estações costeiras, com outras embarcações e com aeronaves (OLIVEIRA, 2013).

O aspecto da segurança nas operações de produção de petróleo da Bacia de Campos contempla, tanto a segurança de mar, regida pelas Normas da Autoridade Marítima - NORMAM 01- (MARINHA DO BRASIL, 2005), como a segurança de vôo de aeronaves, conforme as Instruções do Comando da Aeronáutica ICA 63-10 - (FOÇA AÉREA BRASILEIRA, 2008), (DANTAS, 2006).

Com relação à segurança marítima, a NORMAM 01 (MARINHA DO BRASIL, 2005), preconiza a conformidade com Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima (GMDSS), sistema internacional que utiliza tanto comunicações terrestres como via satélites. O GMDSS norteia a comunicação a bordo das embarcações, visando garantir alerta rápido e automático nas situações de socorro marítimo e de melhorias em termos de telecomunicações entre a comunidade marítima. Emprega técnicas de automação de sistemas nas faixas de frequências do Serviço Móvel Marítimo em VHF, MF e HF, incorporando também os sistemas Inmarsat e os satélites EPIRB. Desta forma, Obtem-se o aumento da confiabilidade e da efetividade dos sistemas de socorro e segurança em escala global. Este sistema auxilia também na disseminação das informações marítimas de segurança, o que inclui os alertas meteorológicos, alertas de navegação e as previsões do tempo. Sua finalidade básica é unificar as comunicações entre as autoridades de busca e salvamento e as demais embarcações próximas da que está em perigo, quando da ocorrência de um evento indesejável, de modo a permitir operações de busca e salvamento coordenadas (ANATEL, 2014).

Quanto à segurança de vôo, a ICA 63-10 (MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA, 2008) o cenário de comunicação da plataforma é composto basicamente pelos equipamentos de rádio comunicação com aeronaves e pelo Rádio-Farol, que provê o balizamento eletrônico, sendo ativado somente em situações restritas de auxílio à navegação aérea, mediante autorização. Importante destacar que na dinâmica do trabalho offshore, o helicóptero é o principal meio de transporte para os embarques e desembarques de rotina do pessoal, assim como nas situações de emergências médicas (DANTAS, 2006).

Prover e integrar toda esta gama de serviços em instalações localizadas em mar aberto, a distâncias superiores a 100 Km da costa é tarefa complexa. O mau funcionamento dos equipamentos e sistemas que suportam os serviços de telecomunicações da plataforma pode provocar impactos indesejáveis no ambiente de produção de petróleo como um todo (JESUS JUNIOR, 2006). Uma abordagem consistente da manutenção preventiva sobre os equipamentos que compõem os sistemas de telecomunicações instalados a bordo da plataforma de produção de petróleo pode contribuir para o funcionamento harmonioso das atividades operacionais, dos momentos de descanso e lazer, com os requisitos de segurança adequados.

2.3 OS MÉTODOS DE MANUTENÇÃO E A MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Conforme conceituado na norma NBR 5462 (ABNT, 1994), manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Segundo Dekker (1996), ao longo dos anos a importância da função de manutenção vem crescendo. O desenvolvimento da mecanização e da automação reduziu a quantidade de trabalhadores na produção e elevou o volume de capital investido nos equipamentos, tanto na produção, como nas estruturas civis. Em consequência, o número de pessoas atuando na área de manutenção tem se elevado, assim como as despesas de manutenção sobre o montante dos custos operacionais.

Assim como Dekker (1996), outros autores vem abordando o tema manutenção em seus trabalhos, cada qual sob sua ótica específica. Nascif e Dorigo (2014), por exemplo, publicaram um estudo sobre a gestão da manutenção, identificando suas atribuições, a saber, relacionamento, técnica e gerenciamento, bem como apontaram formas de se contornar os principais erros na busca de resultados excelentes nas organizações. Alguns autores focaram suas atenções nos métodos de manutenção, como Wang (2002), que agrupou a manutenção em dois grandes blocos: a manutenção corretiva e a manutenção preventiva, descrevendo-as, e Xenos (2004), que definiu como métodos de manutenção: a manutenção corretiva, a manutenção preventiva, a manutenção preditiva, a melhoria nos equipamentos e a prevenção da manutenção, abordando também o conceito de manutenção produtiva.

A manutenção corretiva acontece após a falha ter ocorrido, ou seja, compreende a todas as ações empreendidas para restabelecer um item ao seu estado normal de funcionamento. A aparentemente economia por não se arcar com os custos de prevenção poderá ser desastrosa ou perigosa em função das conseqüências, sendo extremamente importante evitar que a falha ocorra durante a operação real (WANG, 2002), como é o caso da indústria de petróleo e gás.

Há autores, como Nascif e Dorigo (2014) que classificam como manutenção corretiva não planejada aquela realizada após a ocorrência da falha, classificando como manutenção corretiva planejada a manutenção corretiva fruto do acompanhamento das condições do ativo ou até mesmo por decisão gerencial. Pelo fato de ser planejada, deve levar em conta os custos, os benefícios e as questões de segurança, tolerando-se a operação até ocorra a falha. A manutenção corretiva não planejada predomina nas empresas em que o estágio do processo de manutenção encontra-se mais atrasado.

A manutenção preventiva, por sua vez, objetiva antecipar as ações de manutenção, efetuando paradas programadas, o que evita os problemas advindos das paradas indesejáveis motivadas pela falha nos equipamentos (XENOS, 2004). Wang (2002) destaca ainda que a manutenção preventiva ocorre durante o período em o sistema se encontra em operação, empreendendo-se esforços para que o item permaneça sob boas condições de funcionamento, o que significa dizer a desempenhar as funções para a qual foi planejado. A execução da manutenção

preventiva implica na parada do equipamento, tornando-o indisponível durante todo o tempo em que ocorre a ação de manutenção.

As empresas em geral monitoram o tempo de indisponibilidade dos equipamentos, pois reflete indiretamente no tempo disponível para a produção, não sendo rara a prática de se mascarar o tempo de execução da manutenção preventiva, atribuindo-o como manutenção planejada ou programada, ou seja, uma vez combinado com a produção, o tempo despendido na parada de manutenção não é computado ou considerado (NASCIF; DORIGO, 2014).

Já a manutenção preditiva é considerada uma modalidade mais avançada da manutenção preventiva, valendo-se tanto da substituição de peças e componentes antes da expiração de sua vida útil (XENOS, 2004), como da monitoração de parâmetros indicadores de condição, tais como, temperatura, vibrações, pressão, desgaste, etc, através do emprego de sofisticados dispositivos (CHIOCHETTA, et al., 2004). Esta modalidade de manutenção vem ganhando espaço com o avançar da tecnologia, entretanto, constata-se ainda que em várias empresas recorre-se à manutenção preventiva de maneira exagerada até certo ponto, pois não se considera a possibilidade do uso de técnicas preditivas já disponíveis e a custos relativamente baixos (NASCIF; DORIGO, 2014). Os próprios autores ressaltam que os custos com as manutenções preditiva e corretiva planejada representam metade dos custos estimados com a manutenção corretiva, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação entre os custos de manutenção

Tipo de manutenção	Custo
Corretiva não planejada	2,0
Preventiva	1,5
Preditiva + corretiva planejada	1,0

Fonte: Nascif; Dorigo (2014)

A melhoria nos equipamentos resgata o conceito japonês do kaisen, que significa fazer melhorias, o que no contexto da manutenção se traduz pela busca continuada da melhoria gradativa, para além das especificações originais, investigando-se exaustivamente as causas da falha e não apenas efetuando-se o retorno à operação (XENOS, 2004). Para isto a empresa deve contar com um sistema de gestão da manutenção evoluído, dispondo de ferramentas de software capazes de armazenar histórico de falhas e se possível relacioná-las, além de pessoal qualificado atuando num ambiente de busca da melhoria contínua.

A prevenção da manutenção prega a aproximação da empresa com o fabricante do equipamento e consiste num conjunto de atividades que se iniciam desde a fase de projeto, objetivando a redução dos serviços de manutenção durante a etapa de operação. Este princípio foi defendido por Blanchard (1978), que em seu livro sinaliza que cerca de 95% dos esforços empreendidos pela manutenção durante a etapa de operação dos equipamentos são delineados nas etapas de projeto e desenvolvimento. Numa situação ideal equivaleria ao pessoal de projeto desenvolver os equipamentos com os olhos e os sentimentos do pessoal da operação, entendendo sua realidade e antevendo suas dificuldades.

A manutenção produtiva se apresenta como a aplicação mais adequada de todos os métodos de manutenção, com o intuito de otimizar os fatores econômicos da produção, de forma a garantir a melhor utilização dos equipamentos, maximizando sua produtividade a custos mais baixos (XENOS, 2004).

Há autores que classificam os processos mais evoluídos de manutenção como Engenharia de Manutenção. Nascif e Dorigo (2014), por exemplo, ressaltam a necessidade de uma mudança cultural na empresa para que se obtenha resultados efetivos advindos das atividades das equipes de manutenção. Dentre ações listam:

- Praticar a análise de falhas procurando identificar e corrigir a causa básica.
- Abordar de forma efetiva os aspectos que envolvem materiais e sobressalentes.
- Elaborar e implantar procedimentos de trabalho.
- Efetuar controle, análise e diagnóstico da manutenção preditiva.
- Elaborar planos anuais de manutenção preventiva e preditiva.
- Apoiar as situações especiais no dia-a-dia.
- Acompanhar os grandes projetos conduzidos pela Engenharia.

Retomando-se as questões que norteiam as políticas de manutenção preventiva, Wang (2002) classifica-as em:

a) Dependente da idade do equipamento: a mais comum e popular política de manutenção preventiva. O equipamento é substituído quando atingido o limite teórico de vida útil ou quando acontece uma quantidade de falhas estipuladas, valendo o que ocorrer primeiro. Na realidade, trata-se de uma política que combina a idade do equipamento com o número de reparos que ele sofreu, ou seja, contempla duas abordagens: tempo e quantidade de falhas.

b) Manutenção preventiva periódica: a ação preventiva sobre o equipamento ocorre num intervalo fixo de tempo, independente de seu histórico de falhas. A depender da

política da empresa, pode-se inclusive substituir o equipamento quando atingido um determinado período de tempo de operação.

c) Manutenção preventiva por limite de falhas: as ações de prevenção são aplicadas somente após atingido os limiares de alguns índices de confiabilidade, que se encontram sob algum tipo de monitoramento. Em quanto o equipamento não atinge o limite estipulado de falhas, as intervenções de reparo são aplicadas sempre que necessário.

d) Manutenção preventiva sequencial: ao contrário da Manutenção preventiva periódica, o intervalo de tempo entre as ações de prevenção é mantido propositadamente desigual, diminuído progressivamente, à medida em que o tempo de utilização do equipamento aumenta. Parte do pressuposto de que a frequência das intervenções sobre os equipamentos aumenta com o passar do tempo.

Com base nos dados obtidos no Documento Nacional publicado pela ABRAMAN (2011), Almeida (2014) destaca que no Brasil a manutenção corretiva encontra-se com a tendência de queda, ao mesmo tempo em que as manutenções preventiva e preditiva assumiram o comportamento estável nos últimos anos. Reforça ainda que as empresas brasileiras apresentam distanciamento dos patamares mundiais de manutenção.

Historicamente, a manutenção preventiva dos equipamentos de telecomunicações instalados nas plataformas de produção de petróleo da Bacia de Campos vem sendo realizada segundo um cronograma, que é elaborado observando-se as características dos diversos sistemas de telecomunicações existentes a bordo (PETROBRÁS, 2013), podendo ser classificada como manutenção preventiva periódica. Considera também de forma implícita a pré-existência de técnico especializado embarcado, o que cada vez mais deixa de ser uma realidade. As restrições logísticas do ambiente offshore sinalizam para a otimização de recursos nas grandes distâncias do pré-sal, o que pode inviabilizar a elaboração estática de um cronograma, recaindo-se na análise de vários critérios para escolha da plataforma a receber o tratamento da manutenção preventiva.

2.4 DECISÃO E PROCESSO DECISÓRIO

O processo decisório, mesmo considerando-se tratar-se de algo complexo, consiste numa tarefa constantemente presente na vida das pessoas, que podem realizá-la de forma consciente ou inconsciente (KAHNEMAN; TVERSKY, 2000).

Costa (2005) afirma que o ritmo competitivo de nossa sociedade conduz os gestores organizacionais à utilização de instrumentos decisórios cada vez mais aprimorados. Estes instrumentos, por sua vez, devem ser capazes de tratar problemas complexos de uma forma simples, sem que haja necessidade de elevados investimentos, sejam eles financeiros e de tempo.

O mesmo autor descreve os principais elementos do processo decisório:

Decisor: elemento responsável pelo ato de decidir, podendo ser apenas um indivíduo ou grupo destes;

Analista: elemento especializado, com função consultiva, que apóia o decisor na tomada de decisão;

Alternativa viável: curso de ação, ou encaminhamento, que pode ser adotado pelo decisor;

Critério: aspecto ou propriedade, á luz do qual pode ser avaliada uma alternativa;

Atributo: quantificador do desempenho de uma alternativa, á luz de um determinado critério.

Tabela de pagamentos: tabela que contém os valores a atribuídos às alternativas;

Cenário: contexto projetado para o futuro a ser considerado na tomada da decisão, podendo ser otimista, pessimista ou moderado;

Prosseguindo com a análise da teoria da decisão, Costa (2005) classifica as decisões quanto conhecimento dos cenários;

Decisão sob certeza: quando se tem conhecimento com total convicção dos resultados futuros, conseqüentes da decisão;

Decisão sob incerteza: quando o decisor não conhece a probabilidade de ocorrência dos cenários e, conseqüentemente, não é capaz de avaliar o risco da decisão a ser tomada.

Decisão sob risco: quando o decisor possui insumos para estimar a probabilidade de ocorrência dos cenários e, sendo assim, possui condições de avaliar o risco associado à decisão a ser tomada.

A situação de decisão também pode ser classificada segundo os objetivos da mesma, recaindo-se nas seguintes categorias (COSTA, 2005):

Escolha: seleção de uma alternativa dentre um grupo de alternativas viáveis.

Classificação: possibilita o agrupamento de um conjunto de alternativas em subconjuntos. Por exemplo: os elementos do conjunto de trabalhadores de uma empresa podem ser classificados em técnicos ou administrativos, nível médio ou nível superior, etc..

Ordenação: com base nos elementos de um conjunto de alternativas, ordená-las segundo um critério. Por exemplo: Ordenar os alunos de uma classe, da maior nota para a nota mais baixa.

Classificação ordenada: Classificar um grupo de alternativas em subconjuntos ordenados. Por exemplo: Classificar as instituições de ensino de uma região por nível de ensino (nível básico, nível médio e nível superior).

Priorização: Definidos os elementos de um dado conjunto de alternativas, definir uma ordem de prioridades para esses elementos.

Quanto à quantidade de critérios a serem considerados, as decisões podem ser classificadas como (COSTA, 2005):

Decisões monocritério: Quando a decisão tomada procura maximizar a satisfação do decisor levando-se em consideração apenas um único critério de decisão.

Decisões multicritério: Quando a decisão considera um conjunto de critérios simultaneamente para maximizar a satisfação do decisor.

O autor descreve ainda as etapas do processo decisório, conforme apresentado no macro fluxo da figura 6. Inicialmente, os dados constantes de uma Base de dados são submetidos a um sistema de informações. Estes dados são então processados, passando a configurar um Conjunto de Informações. As informações são em seguida processadas, obtendo-se então a Decisão, isto é, escolhe-se um curso de ação. A tomada de Decisão é aplicada, gerando-se assim os resultados. Estes resultados são injetados na Base de dados, realimentando o processo, possibilitando inclusive o seu aperfeiçoamento.

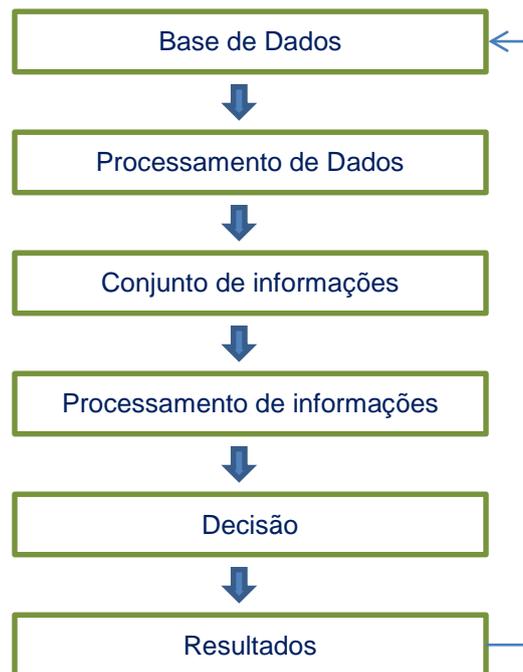


Figura 6: Macrofluxo do processo decisório – Fonte: Costa (2005)

2.5 O MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Em 1970, Thomas L. Saaty desenvolveu o método Analytic Hierarchy Process (AHP) com o objetivo de superar as limitações cognitivas na tomada de decisões. É um método simples e confiável. Permite a utilização de dados qualitativos e/ou quantitativos mensuráveis, sendo estes tangíveis ou intangíveis, na análise de critérios. Tem sido utilizado para auxiliar processos de decisões em diversas áreas por todo o mundo (JORDÃO; PEREIRA, 2006).

O método AHP pode ser aplicado em áreas como:

Economia/ Problemas administrativos

Problemas Tecnológicos

Problemas Ambientais

Problemas Políticos

Problemas Sociais

Problemas Pessoais

Em seu trabalho, Costa (2002) baseou o método em três etapas associadas ao pensamento analítico:

Primeiramente temos a construção de hierarquias, onde o problema é estruturado em níveis hierárquicos, o primeiro nível da hierarquia corresponde ao propósito geral do problema, o segundo corresponde aos critérios e o terceiro as alternativas. A figura 7 apresenta a estrutura hierárquica básica do método AHP.

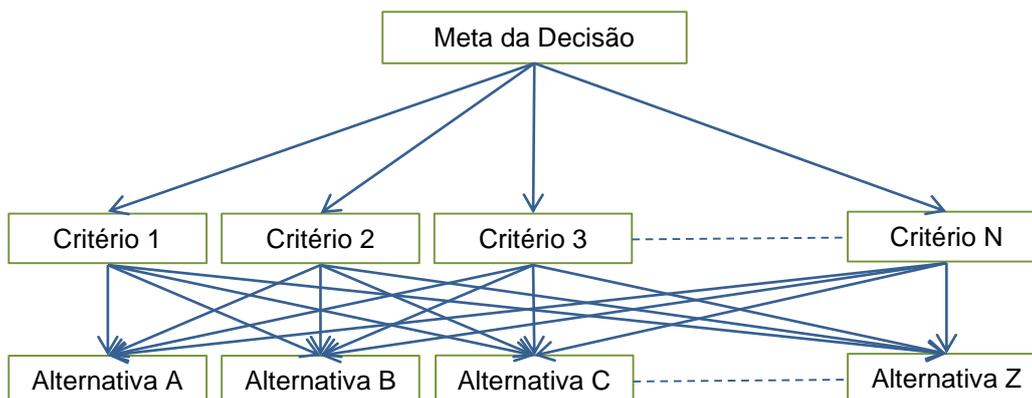


Figura 7 – Estrutura Hierárquica geral do método AHP – Fonte: Gartner (2001)

Em segundo lugar aparece a definição de prioridades, quem tem por objetivo a comparação de pares, à luz de um determinado foco, critério ou julgamento paritário. Baseado neste princípio é necessário cumprir os seguintes passos: Julgamentos paritários, cálculo das prioridades médias locais (PML's) e cálculo das prioridades globais.

Nos julgamentos paritários, realiza-se o julgamento dos elementos par a par de um nível da hierarquia à luz de cada elemento em conexão em um nível superior, para posterior composição das matrizes de julgamento com auxílio dos parâmetros apresentados no Quadro 1:

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos os elementos são de igual importância	Ambos os elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2,4,6,8	Valores intermediários entre as	Usados como valores de

	opiniões adjacentes	consenso entre as opiniões.
Incremento 0,1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0,1	Usados para graduações mais finas de opiniões.

Quadro 1 – Escala numérica de Saaty - Fonte: Marins; Souza; Barros, (2009)

Para a construção de suposta matriz de julgamentos A é necessário uma quantidade de julgamento $n(n-1)/2$, sendo n o número de elementos pertencentes a esta matriz. Os elementos de A são definidos pelas condições:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ & & \dots & \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}, \text{ onde: } \begin{array}{ll} a_{ij} > 0 & \text{positiva} \\ a_{ij} = 1 & \text{então } a_{ji} = 1 \\ a_{ij} = 1/a_{ji} & \text{recíproca} \\ a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} & \text{consistência} \end{array}$$

Os elementos de cada coluna das matrizes são somados para obtenção de quadros normalizados e posterior divisão de cada elemento destas matrizes pelo somatório dos valores da respectiva coluna;

No cálculo das prioridades médias locais (PML's) são realizadas médias das linhas dos quadros normalizados;

Para o cálculo das prioridades globais é efetuada a identificação de um vetor de prioridades global (PG), para armazenar a prioridade, com relação ao foco principal associada à cada alternativa.

Além da Prioridade Global, que determina a seleção da alternativa para o foco do problema, o método AHP possibilita também o cálculo das Prioridades Médias Globais (PML). A PML indica a alternativa prioritária à luz de cada critério ou subcritério. Costa (2002) descreve todo o roteiro de cálculo para determinação das PMLs. Neste trabalho optou-se pelo uso do aplicativo IPE 1.0, do mesmo autor, em função das facilidades inerentes aos sistemas computacionais.

A terceira etapa do trabalho de Costa (2002) aponta para a consistência lógica. O método AHP se propõe a calcular a Razão de Consistência dos julgamentos, denotada por RC, conforme a Equação 1:

$$RC = IC/IR \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo IR o Índice de Consistência Randômico obtido para uma matriz recíproca de ordem n, com elementos não-negativos e selecionados de forma randômica.

O Índice de Consistência (IC) é calculado seguindo-se a Equação 2:

$$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n)/(n - 1) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o maior autovalor da matriz de julgamentos.

Na aplicação do método, a Razão de Consistência (RC) deve assumir um valor menor ou igual a 0,10.

A Razão de consistência fornecida por Saaty (1970) é um parâmetro que permite aos responsáveis pelos julgamentos efetuarem uma reavaliação sobre os valores atribuídos aos pesos, o que possibilita a correção dos rumos na resolução do problema. Desta forma existe a possibilidade de se retornar à análise e efetuar as correções, melhorando a qualidade do resultado (PASSOS; GOMES, 2005).

O conjunto de características do AHP tornou-o muito popular dentre os métodos de AMD. Alguns autores, como por exemplo, Murakami (2003), baseado em Saaty (1991), destacam que através do nosso pensamento, efetuamos a identificação dos objetos, das idéias e também das inter-relações existentes. Na identificação dos objetos e das idéias, realizamos a decomposição da complexidade e na descoberta das relações, efetuamos a síntese. Esta é uma das características e vantagens do método AHP, pois se assemelha ao funcionamento do cérebro humano ao estruturar o raciocínio para a tomada da decisão (TOMAZ, 2006). Entretanto, há também autores que afirmam o método AHP não é capaz de lidar com a subjetividade do julgamento humano (PAN, 2009). Outros questionam a subjetividade da própria escala de SAATY, considerando-a susceptível ao erro humano. (BISCHOFF, 2008).

Ainda assim, a ferramenta possui a propriedade de tornar o processo de seleção ordenado, com seus julgamentos transparentes; é o que afirma Madeira (2013), com base em Carvalho e Sposto (2007). A sua utilização neste estudo resultou do fato de suas características a tornarem adequada ao processo de priorização na análise multicriterial, reportando-se às afirmativas de Costa (2002) de que o método considera critérios diferentes de avaliação na seleção ou escolha de critérios, tendo como uma das etapas a definição de prioridades.

2.6 GESTÃO DE PETRÓLEO E GÁS, MANUTENÇÃO E O MÉTODO AHP

Em recente estudo bibliométrico, Neves, Pereira e Costa (2013), selecionaram e analisaram 48 artigos publicados entre os anos de 1996 e 2012, investigando a aplicação das ferramentas de Auxílio Multicritério à Decisão no planejamento e na gestão da indústria de petróleo e gás. Uma das conclusões revelou que o método AHP é amplamente empregado neste setor. A predominância da aplicação deste método foi altamente expressiva, representando 61% das ocorrências, evidenciando a importância do mesmo no ramo de petróleo e gás, sendo este mais um motivo para sua escolha neste trabalho. O segundo colocado, a Lógica Fuzzy, obteve apenas 6% da preferência dos autores. A figura 8 detalha a distribuição obtida entre os métodos identificados nas publicações analisadas. O autor destaca ainda que a predominância de aplicações do método AHP como ferramenta de apoio multicritério à decisão foi verificada também em outros trabalhos, citando-os.

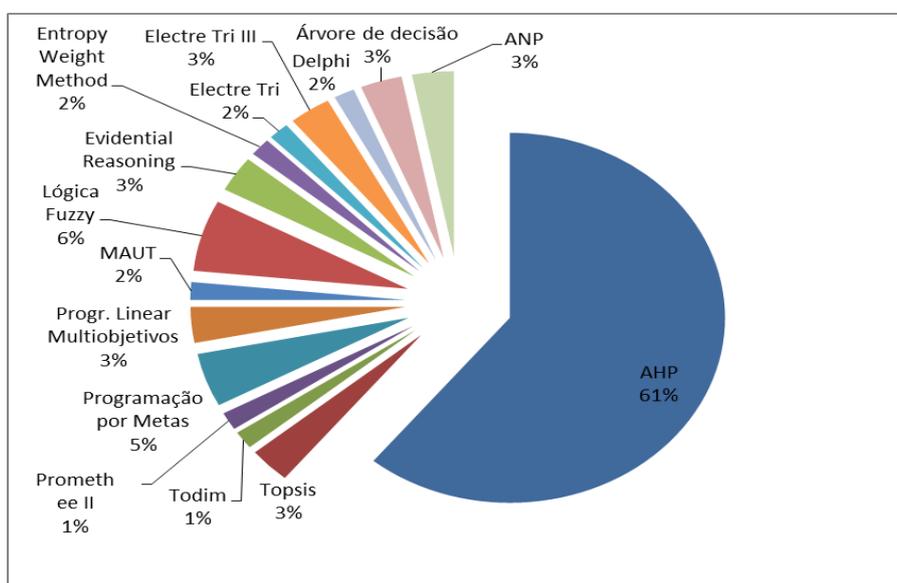


Figura 8 - Métodos AMD no planejamento e na gestão da indústria de petróleo e gás – Fonte: Neves, Pereira e Costa (2013).

O mesmo estudo apresenta outras comparações e uma delas aborda a situação geográfica das publicações, vide a figura 9. Observa-se que praticamente a metade do material analisado concentra suas atenções exclusivamente sobre o

ambiente onshore. Os trabalhos específicos desenvolvidos na região offshore se aproximam de 20%, revelando um potencial ainda a ser explorado.

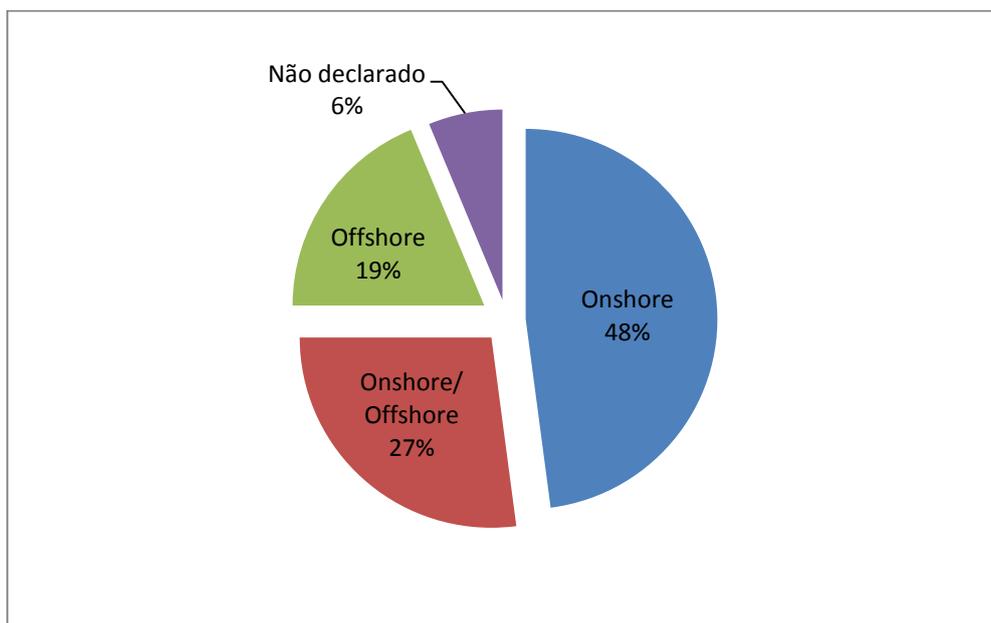


Figura 9 - Métodos AMD por situação geográfica – Fonte: Neves, Pereira e Costa (2013).

Cabe neste ponto destacar que o método AHP foi empregado em todas as publicações que abordaram temas associados à gestão da manutenção. Dey (2001, 2003 e 2004) utilizou o método AHP para identificar aspectos influenciadores nas falhas em segmentos de dutos. Bertolini e Bevilacqua combinou o método AHP à programação por metas para definir estratégias de manutenção em bombas centrífugas. Yu; Tian; Xie (2009) empregaram o método AHP para verificar falhas em redes de dutos. Shafiq e Silvanita (2010) utilizaram o AHP para determinar fatores de risco nas falhas em redes de dutos, tanto em instalações onshore, como offshore. Tan et al. (2011) aplicou o método AHP na seleção de estratégias viáveis para a manutenção de equipamentos.

Além do trabalho de Neves; Pereira; Costa. (2013), outras publicações foram consultados para investigar a associação da manutenção preventiva com a manutenção baseada na condição no âmbito da indústria de petróleo e gás:

Lu et al. (2007) propuseram um sistema de gerenciamento integrado de gestão da manutenção empresarial baseado em condição para os equipamentos de energia utilizados na indústria petroquímica. O sistema de gerenciamento contemplava a manutenção preditiva, a manutenção preventiva, além dos dados de reparação, tudo integrado em uma única base de dados, de forma a prover um consistente suporte ao esquema de manutenção da empresa. O sistema foi aplicado

com sucesso na planta de uma indústria petroquímica, comprovando sua adequabilidade no controle da reparação, no controle do consumo e no planejamento da manutenção, atendendo à necessidade de gestão dos equipamentos distribuídos e melhorando o nível de gestão empresarial no setor petroquímico.

Raleigh (2010) enfatizou a importância da manutenção baseada em condição no contexto do gerenciamento da manutenção, destacando a preferência de clientes do setor de plataformas de produção de petróleo no Mar do Norte por uma abordagem mais integrada, onde os dados de diferentes disciplinas de manutenção por condição são utilizados em conjunto com o sistema de gestão informatizado de manutenção. Destacou que as operadoras estavam investindo em novas tecnologias para avaliar o estado geral de seus equipamentos de uma forma mais eficaz e controlada, com o intuito de maximizar o tempo de atividade, mantendo-se a segurança através da adoção de novas estratégias e tecnologias de manutenção baseada em condição para manter os lucros decorrentes de suas instalações. No trabalho ele relatou a aplicação da metodologia no monitoramento de compressores, que são ativos vitais nas indústrias de petróleo e gás.

Liu et al. (2012) abordaram o uso da manutenção centrada em confiabilidade nas indústrias petroquímicas como uma forma evoluída na gestão da manutenção, diferenciando-a da tradicional manutenção reativa, da manutenção baseada no tempo e da baseada na condição, ajudando a evitar a manutenção insuficiente ou excessiva. Propuseram então um modelo de tomada de decisão inteligente de manutenção centrada na confiabilidade. Os resultados do estudo mostraram que o caminho adotado possui características mais definidas, conferindo às tarefas de manutenção um aspecto mais científico.

2.7 O MÉTODO DE LAWSHE

Lawshe (1975), propôs uma metodologia com objetivo de validar o conteúdo de questionários, listas de verificação e até mesmo entrevistas. O índice de validade de conteúdo proposto por ele, tornou-se um dos mais antigos e conhecidos métodos

de auxílio ao pesquisador para quantificar a validade de conteúdo (WILSON et al., 2012). O trabalho que foi elaborado para fins de utilização no campo da psicologia, culminou com aceitação em diversas áreas do conhecimento humano. Ayre e Scally (2014) referem-se a Frank-Stromberg & Olsen (2004) para afirmar que validação de conteúdo tem por objetivo fornecer a garantia da medição que estes instrumentos se propõem a medir. Através da consulta a especialistas em um determinado assunto, este método tem sido empregado para captar a importância de itens dentro destes instrumentos. Wilson et al. (2012) destacam ainda que dos seis aspectos apontados por Fitzpatrick (1983), quatro deles abordam justamente os itens sob teste relacionando a clareza, a relevância do conteúdo e a adequação da amostragem ao domínio do conteúdo, além da própria qualidade técnica dos itens sob teste.

Domínio de conteúdo e qualidade técnica estão intimamente relacionados ao conhecimento especializado, talvez seja esta a razão, até certo ponto natural e intuitiva, de se recorrer a especialistas através de questionários para fins da seleção de critérios em algumas situações de utilização do método AHP. Conforme afirmado por Costa (2002), para adoção do método AHP há a necessidade da seleção dos critérios que balizarão a tomada de decisão.

Na aplicação do questionário procura-se obter a opinião dos respondentes, oferecendo como alternativa as classificações dos critérios como: “1- não importante”, “2- importante, mas não essencial” e “3- essencial” pontos (LAWSHE, 1975).

Os CVR calculados para cada critério são então comparados com o seu valor crítico (CVR_{crítico}), à luz da tabela de validação de Lawshe (1975), posteriormente corrigida por Wilson (2012), vide Anexo I, selecionando-se os critérios cujo CVR calculado encontram-se acima do respectivo CVR_{crítico}.

Cabe apenas lembrar que a coluna da esquerda refere-se ao número de especialistas que considerarem o critério como essencial, o que nem sempre equivale à quantidade total dos especialistas respondentes.

Na utilização da metodologia de Lawshe (1975) para refinamento da seleção de itens a serem empregados juntamente com técnicas de Saaty podem ser citados alguns autores: Chang et al. (2011b) aplicaram o método da validade de conteúdo para tratamento de respostas de questionários aplicados a especialistas, reduzindo assim a quantidade de subcritérios num estudo que avaliou a defasagem entre agências governamentais em Taiwan quanto ao grau de digitalização, para

subsequente aplicação do método AHP. Keramati e Baboli (2012) trilharam um caminho semelhante, otimizando o quantitativo de subcritérios relevantes num trabalho que teve o método ANP, uma variação do AHP, dentre as suas etapas. O objetivo era identificar os fatores de sucesso para as cooperativas industriais, num estudo envolvendo cooperativas da província central do Irã. Freitas (2013) também utilizou Lawshe (1975) para validar critérios advindos da aplicação de questionários preenchidos por especialistas num trabalho sobre a avaliação do sucesso da implementação de um sistema ERP em empresas brasileiras de grande porte. O estudo contou com a opinião de especialistas, reduzindo a quantidade de critérios e utilizando o método AHP para a definição dos seus pesos, baseado em um trabalho pioneiro realizado por Costa e Correa (2010).

3. METODOLOGIA

O estudo seguiu o encaminhamento descrito por Costa e Moll (1999) baseado em Saaty (1991).

A caracterização do objeto, juntamente com as condições gerais para seleção da plataforma de produção a ser priorizada para receber uma equipe de manutenção preventiva de telecomunicações, teve como cenário a Bacia de Campos, levando-se em conta a atuação do setor de telecomunicações de uma grande empresa do ramo de petróleo e gás, bem como a planta de telecomunicações instalada nas plataformas. Para efeitos de segurança da informação o conjunto de plataformas foi subdividido em três grupos, seguindo o modelo de gestão vigente na época de realização deste trabalho, o qual transcorreu durante cinco semanas entre os meses de outubro e novembro de 2013. Os grupos foram identificados como Grupo 1, Grupo 2 e Grupo 3. As plataformas de cada grupo foram identificadas associando-se as mesmas com o respectivo grupo. Desta forma, por exemplo, PLAT1A e PLAT1B, são respectivamente as plataformas 1 e 2 do Grupo 1, o que as difere de PLAT2A e PLAT2B, que são respectivamente as plataformas 1 e 2 do Grupo 2.

O objetivo era identificar para cada grupo qual a plataforma a ser priorizada para receber uma equipe de manutenção preventiva de telecomunicações .

Para o conjunto de alternativas do processo decisório foram consideradas as plataformas de produção de cada grupo.

Em seguida, procedeu-se à etapa de definição dos critérios.

Para cada um desses grupos foram seguidas todas as etapas da aplicação da metodologia, chegando-se a um resultado de priorização para cada um deles.

3.1. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

3.1.1. Consulta à literatura

Na primeira fase do trabalho foi seguido o roteiro básico definido por Costa (2010), efetuando-se uma consulta à literatura em meados de dezembro de 2013, com objetivo de se identificar publicações que pudessem contribuir com itens relevantes para a definição dos critérios. Para isto foi efetuada uma pesquisa na Base Scopus, escolhida por sua importância no meio científico, procurando-se obter um mínimo de dez artigos.

As palavras chaves, na língua portuguesa, empregadas no filtro de pesquisa foram: *telecomunicações, manutenção, critérios e priorização*, enquanto que na língua inglesa as correspondentes palavras aplicadas foram: *telecommunications, maintenance, criteria e prioritization*. Na elaboração dos filtros foram selecionadas apenas as publicações de artigos e revistas científicas, consultando-se os títulos das publicações, os abstracts e as palavras-chave. A expressão utilizada no campo *Search* foi a seguinte: TITLE-ABS-KEY (*telecommunications AND maintenance AND criteria AND prioritization*) AND DOCTYPE (ar OR re). As palavras em maiúsculas foram acrescentadas pelo mecanismo de busca da própria base de dados científicos, assim como também aquelas em minúsculas após o termo DOCTYPE,

Para se obter um mínimo de 10 publicações, a busca foi estendida até os oito anos anteriores e adicionalmente, como alternativa, foi ampliada aos sítios de universidades e publicações de seminários.

Os trabalhos obtidos na busca foram apreciados na íntegra para o levantamento de possíveis critérios que pudessem ser considerados na resolução do problema proposto.

3.1.2. Consulta aos especialistas

Concluída a etapa inicial, passou-se à fase de pesquisa exploratória com o objetivo de se colher contribuições de especialistas em sistemas de telecomunicações offshore, visando a obtenção de uma lista consolidada de critérios para priorização da manutenção preventiva em plataformas de produção de petróleo. Para isto foi empregado um questionário aberto como instrumento de coleta de dados (Apêndice I). O questionário foi elaborado procurando-se associar os benefícios (serviços) proporcionados pelos sistemas de telecomunicações instalados nas plataformas com a infraestrutura que integra os respectivos sistemas. Os serviços de telecomunicações são entregues por um conjunto de equipamentos e meios de transmissão interligados de modo a suportar a interconexão da comunicação dos diferentes usuários. Estes equipamentos e meios de transmissão configuram um sistema, cuja arquitetura se dá sob a forma de redes, as quais são compostas por equipamentos (PIRES e PICCININI, 1997).

A primeira pergunta do questionário aborda então os serviços oferecidos pelo sistema de telecomunicação. Esta pergunta foi elaborada com o objetivo de conhecer a opinião de especialistas quanto ao que há de mais importante dentre os serviços impactados em caso de falhas na telecomunicação.

Como os serviços de telecomunicações são entregues pelos respectivos sistemas de telecomunicações, a segunda pergunta visa chamar a atenção do especialista para os sistemas que proporcionam a entrega dos serviços.

Na terceira questão buscou-se avaliar o conhecimento do respondente sobre a infraestrutura que compõe os sistemas de telecomunicações, isto é, equipamentos, caixas de passagens, cabeamento, distribuidores, conexões, etc.

Na quarta e última questão solicitou-se ao respondente que ele informasse os critérios que utilizaria para priorizar a manutenção preventiva de telecomunicações numa plataforma de petróleo.

Ao todo, 13 especialistas com mais de 20 anos de experiência colaboraram com o trabalho. Os questionários podiam ser entregues diretamente ou enviados por e-mail. O conjunto de especialistas foi formado por três profissionais da área de interligação de redes de longa distância (WAN), dois da área de segurança de redes, três da área de comunicação de voz, dois especializados em infraestrutura,

transmissão, energia e CFTV, um em comunicação via satélite e dois em serviços de telecomunicações. Todos atuavam fornecendo suporte aos técnicos embarcados, sendo que seis possuíam vivência profissional no ambiente offshore.

3.2. SELEÇÃO DOS ITENS

A lista das novas contribuições sobre critérios, obtida junto aos especialistas, foi adicionada àquela construída durante a etapa de consulta à literatura e enviada para análise, por e-mail, ao corpo técnico dedicado à manutenção dos sistemas de telecomunicações embarcados nas plataformas de produção de petróleo, correspondendo ao Apêndice II.

Para seleção dos itens foi seguido o método de Lawshe (1975), o questionário procurou obter a opinião dos respondentes, oferecendo como alternativa as classificações dos critérios como: “1- não importante”, “2- importante, mas não essencial” e “3- essencial” pontos. Havia também a possibilidade da opção de não se opinar, caso o respondente, por algum motivo, não se sentisse à vontade.

Para aplicação da metodologia foi utilizada a Equação 3:

$$CVR = \frac{n - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

CVR: razão da validade de conteúdo

n: número de respondentes que consideram o critério como “essencial”

N: número total de respondentes

A expressão nos indica que, quanto mais acima da metade dos respondentes percebem o critério como “essencial”, maior o seu grau de validade de conteúdo e o resultado calculado é positivo. Por outro lado, quanto mais abaixo da metade dos respondentes percebem o critério como “essencial”, menor o seu grau de validade de conteúdo e o resultado calculado é negativo. Caso exatamente a metade dos respondentes perceberem o critério como “essencial”, a validade de conteúdo obtém

o valor zero. Se todos os respondentes considerarem o critério como “essencial”, o CVR adquire seu valor máximo =1 e se nenhum dos respondentes considerarem o critério como “essencial”, o CVR adquire seu valor mínimo = -1

O total de respondentes nesta etapa chegou a 23 técnicos dentre os 70 que atuam diretamente no ambiente de plataformas, o que equivale a uma amostra de aproximadamente 32,9% do total de profissionais, sendo o erro em torno de 17%. O período de coleta das respostas foi de quatro semanas.

Para cada critério, a quantidade dos respondentes que o consideraram “essencial” foi computada para cálculo da Razão de Validade de Conteúdo (CVR)

As Razões de Validade de Conteúdo calculados para cada critério foram comparados com seu valor crítico (CVR_{crítico}), à luz da tabela de validação de Lawshe (1975), posteriormente corrigida por Wilson (2012), selecionando-se os critérios cujo CVR calculado estivessem acima do respectivo CVR_{crítico}. A Tabela de Wilson (2012) encontra-se no Anexo I e está limitada a 30, pois atende ao número máximo de respondentes que contribuíram com este estudo.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES HIERÁRQUICAS

Conforme afirmado por Costa (2002), a primeira fase da aplicação do método AHP é a construção da hierarquia. Nesta etapa, o problema é estruturado em níveis hierárquicos.

A estrutura hierárquica foi iniciada utilizando-se o foco do problema, ou seja, seleção da plataforma para manutenção preventiva de telecomunicações. Para composição dos demais níveis da hierarquia foram utilizados os itens selecionados por intermédio da aplicação da metodologia de Lawshe (1975).

Objetivando facilitar a aplicação do método AHP, a lista de itens selecionados foi analisada com o intuito de se identificar a existência ou não de possíveis relações de hierarquia, bem como a possibilidade de agrupamentos. Nas situações em que foram percebidas relações de subordinação e agrupamentos, estabeleceu-se a relação critério-subcritério. Os critérios identificados foram posicionados no segundo nível da hierarquia e os respectivos subcritérios no terceiro nível. Os itens para os

quais não se identificou nenhuma relação de subordinação ou agrupamento foram posicionados no segundo nível da hierarquia, na condição de critérios independentes, isto é, sem subcritérios.

3.4 ATRIBUIÇÃO DOS PESOS AOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS

Conforme afirmado por Azevedo e Costa (2001), um dos fatores que influenciam diretamente na eficácia dos resultados do método AHP é a competência dos avaliadores na emissão de seus julgamentos de valor. Ou seja, é mandatório que os avaliadores possuam elevado conhecimento sobre o que está sob julgamento. Por outro lado, Costa (2002) reporta que na aquisição de dados deve-se buscar o desenvolvimento de mecanismos simples e de fácil entendimento, o que possibilitará ao julgador concentrar suas atenções apenas na emissão dos julgamentos. Considerando-se que foram as opiniões dos especialistas emitidas através de questionários que viabilizaram a seleção dos itens através da aplicação da metodologia de Lawshe (1975) e que esta, de uma certa forma, reflete a importância de um dado item, quando o mesmo é considerado essencial, será utilizada a comparação par-a-par dos valores destes percentuais de avaliação da condição essencial para a obtenção dos pesos dos. A quantificação dos julgamentos expressa através da classificação dos itens essenciais, apresenta-se como uma forma de captação da subjetividade, tal como destacado por Costa (2002), baseado em Saaty (2000).

3.5 CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi aplicado numa grande empresa de petróleo no Brasil, em uma de suas principais bases situada no Norte Fluminense. O cenário de estudo foi a região de produção da Bacia de Campos. Os nomes originais das plataformas de produção de petróleo foram omitidos, por questões de sigilo, adotando-se uma

codificação que possibilitará o acompanhamento da aplicação do método AHP. O levantamento dos dados ocorreu durante 5 semanas, iniciando-se no final de outubro de 2014 e terminando-se em novembro do mesmo ano.

Seguindo o modelo de gestão da equipe de manutenção de telecomunicações offshore por ocasião da época de realização deste estudo, o conjunto de plataformas de produção foi dividido em 3 grupos, identificados como Grupo 1, Grupo 2 e Grupo 3. A nomenclatura das plataformas adotada no estudo pode ser vista no Quadro 2.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
PLAT1A	PLAT2A	PLAT3A
PLAT1B	PLAT2B	PLAT3B
PLAT1C	PLAT2C	PLAT3C
PLAT1D	PLAT2D	PLAT3D
PLAT1E	PLAT2E	PLAT3E
PLAT1F	PLAT2F	PLAT3F
PLAT1G	PLAT2G	PLAT3G
PLAT1H	PLAT2H	PLAT3H
PLAT1I	PLAT2I	PLAT3I
PLAT1J	PLAT2J	PLAT3J
PLAT1K	PLAT2K	PLAT3K
PLAT1L	PLAT2L	PLAT3L
PLAT1M	PLAT2M	PLAT3M
PLAT1N	PLAT2N	PLAT3N
PLAT1O	PLAT2O	PLAT3O
--	--	PLAT3P
--	--	PLAT3Q

Quadro 2 – Nomenclatura das Plataformas - Fonte: elaboração própria

Para o critério Produção foram utilizadas as informações de capacidade das plataformas de produção da Bacia de Campos listadas no Apêndice III.

Já o critério Importância Estratégica reflete um papel adicional representado pela plataforma que vai além da sua produção, sendo definido por três variáveis com características qualitativas:

- Bombeio do petróleo produzido
- Controle de tráfego aéreo
- Repetição dos sinais de telecomunicações

O aspecto qualitativo reside no fato de não ser possível quantificá-las a ponto de se efetuar uma análise comparativa, pois na realidade são condições que a plataforma pode assumir ou não, ou seja, funções que a mesma pode ter ou não, além da sua finalidade básica, que é a sua produção.

O petróleo produzido na Bacia de Campos escoia pela malha de dutos submarinos até o continente, chegando à região de Barra do Furado, seguindo daí

para Cabiúnas (SILVA, 2005). Algumas plataformas de produção atuam nesta malha de escoamento submersa em pontos estratégicos e são responsáveis pelo bombeio para terra. Estas unidades possuem então uma característica de importância adicional à sua função de produção.

Outra função adicional de possível ocorrência para uma plataforma é a de prestar serviços de telecomunicações e de tráfego aéreo, assumindo assim a classificação de EPTA. Conforme definido pela Força Aérea Brasileira (2008), EPTA “são Estações aeronáuticas, pertencentes a pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado, dotadas de pessoal, instalações, equipamentos e materiais suficientes para: prestar, isolada ou cumulativamente, os Serviços de Controle de Tráfego Aéreo (APP e/ou TWR), o Serviço de Informação de Vôo de Aeródromo (AFIS) e de Alerta; apoiar a navegação aérea por meio de auxílios à navegação aérea; apoiar às operações de pouso e decolagem em plataformas marítimas, ou ainda, veicular mensagens de caráter geral entre as entidades autorizadas e suas respectivas aeronaves, em complemento à infraestrutura de navegação aérea operada pelo Comando da Aeronáutica.” Dentre os tipos de EPTA definidos pela Aeronáutica a mais importante para uma plataforma é a Categoria A, classificação atribuída às estações capacitadas a prestar os Serviços de Informação de Vôo e Alertas.

A função de repetição de sinais de telecomunicações para outras plataformas é outra condição diferenciada que uma plataforma pode assumir no contexto da região de produção offshore. Conforme definido pela ANATEL (2010) Estação Repetidora é o “conjunto de equipamentos, incluindo as instalações acessórias, capaz de captar sinais recebidos de um sentido e repeti-los na mesma frequência portadora ou em outra.” A Figura 10 representa graficamente a função de estação repetidora, exercida no caso pela Estação B.

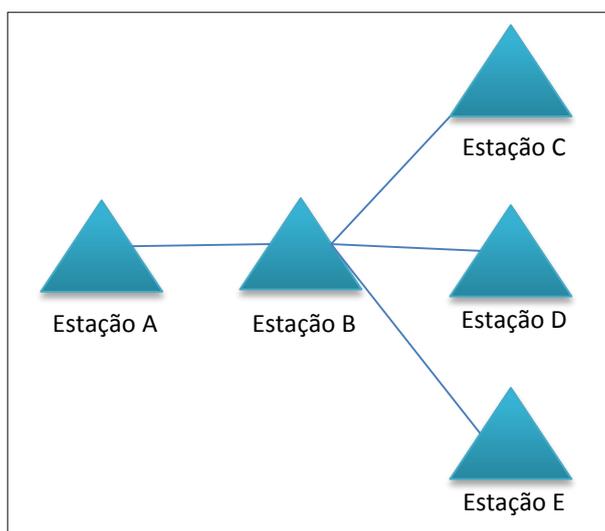


Figura 10 – Estação Repetidora – Fonte: ANATEL (2010)

Ou seja, Repetidora é a estação de telecomunicações que faz a intermediação da comunicação para uma ou mais estações.

No ambiente offshore de produção da Bacia de Campos as plataformas possuem uma estação de telecomunicações e há aquelas que exercem exatamente a função de repetição para outras mais distantes da costa, ou seja, elas possuem uma atribuição adicional como repetidora, desempenhando assim um papel estratégico do ponto de vista de telecomunicações.

No cômputo da Importância estratégica, cada plataforma recebeu uma pontuação igual a 1 para cada função estratégica adicional exercida, isto é, para cada uma das variáveis qualitativas que compõem este critério, quando elas existirem. Desta forma, a título de exemplo, uma plataforma sem função estratégica adquiriu pontuação igual a zero neste critério. Por outro lado, a plataforma que preencheu todos os requisitos estratégicos apontados recebeu a pontuação máxima, isto é, igual a três. A faixa de valores possíveis de pontuação neste critério é apresentada na Tabela 2. Com base nesta tabela, cada plataforma teve sua condição estratégica quantificada, objetivando a utilização na comparação par-a-par para fins de população dos dados no aplicativo IPE 1.0.

Tabela 2 – Pontuação para Importância estratégica

Bombeio	EPTA A	Repetidora	Pontos
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	1
0	0	1	1
1	1	0	2
1	0	1	2
0	1	1	2
1	1	1	3

Fonte: Elaboração própria

Para compor as informações de histórico de falhas dos equipamentos e sistemas foram utilizados os dados extraídos da ferramenta de gerenciamento de ordens de trabalho da empresa no ano de 2014, observando-se o total de falhas durante o período de levantamento de dados. O resultado dos levantamentos efetuados sobre cada subcritério dos critérios histórico de falhas de segurança e histórico de falhas de infraestrutura, para cada grupo de plataformas, compõem os Apêndices IV, V e VI, respectivamente para os Grupos de plataformas 1, 2 e 3.

As informações de capacidade de produção das plataformas compuseram o critério produção e constam no Apêndice III.

Para aplicação do método AHP foram seguidas todas as etapas de modelagem do problema, conforme definido por Costa (2002).

O estudo utilizou os dados das nove plataformas que apresentaram maior incidência de falhas em cada grupo, de forma a otimizar a operação do aplicativo IPE 1.0, uma vez que foram percebidas lentidões devidas ao baixo desempenho do sistema computacional utilizado (COSTA 2004).

Foram calculadas as Prioridades Médias Locais (PML) e a análise de consistência de todos os critérios e subcritérios, conforme preconiza o método AHP, através do próprio aplicativo IPE 1.0. Os cálculos referentes aos autovalores, autovetores, índices de consistência e índices randômicos (COSTA 2006) foram calculados manualmente e apresentados no Apêndice VII, a título de exemplificação da aplicação do método, apenas para o critério histórico de falhas de segurança, já que toda a avaliação do grau de consistência foi obtida diretamente no aplicativo.

O resultado final (prioridade global) foi apresentado aos gestores de cada um dos grupos de Plataformas com o objetivo de se verificar a concordância dos mesmos para com as informações geradas pela aplicação do método. Para isto, foi utilizado o questionário que consta no Apêndice VIII.

Este questionário continha seis questões, sendo três do tipo múltiplas alternativas e três abertas. As questões de múltiplas alternativas foram elaboradas de maneira a captar o grau de satisfação (ou de insatisfação) dos gestores para com os resultados obtidos no estudo de caso. Com base na escala Likert (1932), estas questões eram acompanhadas de cinco alternativas, a saber: muito satisfeito, satisfeito, indiferente, insatisfeito e muito insatisfeito. Para viabilizar a interpretação estatística das respostas, foram atribuídos valores à cada uma das opções, conforme o seguinte critério: para a opção muito satisfeito, nota igual a 5; para satisfeito, nota igual a 4; para indiferente, nota igual a 3; para insatisfeito, nota igual a 2; para muito insatisfeito, nota igual a 1.

As três questões abertas visavam despertar o conhecimento do respondente para a área de Auxílio Multicritério à Decisão. A primeira questão apenas acenava para a simples existência da metodologia. A quinta e a sexta investigavam se

poderia ser ampliada sua aplicação para outros processos de manutenção, seguindo uma abordagem intuitiva do autor.

4. RESULTADOS

De posse das informações que compõem o problema, a metodologia empregada procurou atender a estratificação dos elementos do processo decisório definida por Costa (2005) da seguinte forma:

Decisor: gestor da equipe de manutenção preventiva de telecomunicações que deve decidir para qual plataforma de produção de petróleo deverá enviar a mesma;

Analista: especialistas em sistemas de telecomunicações instalados nas plataformas de produção de petróleo;

Alternativa viável: plataforma de produção de petróleo objeto da decisão de envio da equipe de manutenção preventiva de telecomunicações;

Critério: aspecto inerente às plataformas de produção de petróleo valorado pelos especialistas que devem influenciar no processo de decisão;

Atributo: quantificador do desempenho de uma plataforma de produção de petróleo, á luz de um determinado critério definido pelos especialistas.

Tabela de pagamentos: tabela que contém os valores a atribuídos aos critérios estabelecidos, para cada plataforma de produção de petróleo.

4.1. ITENS COMPILADOS

4.1.1. Itens compilados da literatura

No início do processo de consulta à base de dados científicos verificou-se que a quantidade de publicações que poderiam contribuir para o estudo na busca de critérios se reduzia à cada avanço na combinação dos termos utilizados. A título de exemplos foram encontrados respectivamente um total de 126.851 publicações para *telecommunications* e 323.809 para *maintenance*. Já a combinação de ambos resultou em 2.014 publicações.

Entretanto, ao serem acrescentados à expressão de pesquisa os termos *criteria* e *prioritization*, o resultado obtido forneceu um quantitativo de publicações muito abaixo do mínimo desejado, obtendo-se apenas 3, revelando ser esta área do conhecimento um campo ainda pouco explorado.

A ampliação da área de abrangência da consulta resultou na lista das onze publicações descritas no Quadro 3, ordenadas por ano de publicação, inspirada no trabalho elaborado por Rodriguez, Costa e Carmo (2013). Para facilitar a consolidação dos dados e a compreensão do estudo, as publicações foram indicadas com a letra P, sendo portanto identificados como de P1 até P11.

Apenas Rana (1995), Menezes (1997) e Bezerra et al. (2004) abordaram diretamente a área de telecomunicações. Os demais contribuíram com a abordagem da gestão da manutenção, contemplando a manutenção preventiva, fazendo alusão a critérios associados à área.

Identf	Autor(es)	Título
P1	Rana, V. S. (1995)	Reliability analysis off a National Broadcasting Network (NBN) System
P2	Menezes, H. B. (1997)	Abordagem probabilística na avaliação de desempenho da manutenção, uma experiência em telecomunicações
P3	Wang, H. (2002)	A survey of maintenance policies of deteriorating systems
P4	Morais, V.C; Muhlen, S.C. (2003)	Proposta de Indicadores para Priorização de Equipamentos Médico-Hospitalares em Programas de Manutenção Preventiva
P5	Bezerra, E. K.; Nakamura, E. T.; Lima, M. B.; Ribeiro, S. L. (2004)	Proteção da Infra-estrutura crítica e Telecomunicações análise, metodologia e aplicações

P6	Cunha, A. J. B; Pinto, E. L. F. (2006)	Estudos para a Definição da Priorização da Manutenção
P7	Klein, J.J. (2007)	Desenvolvimento e implantação de um sistema de planejamento e controle da manutenção informatizado em uma instituição de ensino superior
P8	Marcato, A. L. M.; Faria, H. J.; Brandão, L. E. T.; Pimenta A.A.; Senra, P. M. A. Silveira, A. (2008)	Um modelo para priorização da manutenção de unidades geradoras hidrelétricas utilizando a teoria das opções reais.
P9	Souza, R. D. (2008)	Análise da gestão da manutenção focando a manutenção centrada na confiabilidade: estudo de caso da MRS logística
P10	Gifhorn, E.; Ensslin, L.; Ensslin, S. R. ; Vianna, W. B. (2009)	Aperfeiçoamento da gestão organizacional por meio da abordagem multicritério à decisão
P11	Almeida, A. T. (2012)	Multicriteria Model for Selection of Preventive Maintenance Intervals

Quadro 3 – Lista de publicações analisadas – Fonte: elaboração própria baseado em Rodriguez; Costa; Carmo (2013)

A leitura das publicações obtidas no Quadro 3 resultou no conjunto de critérios primários listados em ordem alfabética na Tabela 3. Nesta análise preliminar foram elencados 25 critérios. Nesta Tabela é possível visualizar os critérios e as respectivas publicações onde foram obtidos. Algumas publicações se destacam, pois contribuem com maiores quantidades de critérios, da mesma forma em que se observa que há critérios que aparecem em mais de uma publicação.

Tabela 3 – Critérios primários extraídos das publicações analisadas

Critérios	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	QT
Ausência de Contingência/Confiabilidade	X											1
Caixas de Passagem, Conexão, Distribuição										X		1
Custos			X	X					X		X	4
Dificuldades Logísticas (vôo, vaga, etc)							X	X				2
Enlace rádio					X							1
Facilidade de manutenção				X								1
Facilidade de Operação				X								1
GMDSS					X							1
Histórico de falhas/Disponibilidade	X	X	X	X		X		X	X		X	8
Impacto ao Negócio (produção)				X			X		X		X	4
Importância Estratégica/Repetidora				X								1
Internet					X							1
Proteção elétrica										X		1
Quantidade de clientes						X						1
Rádio Farol					X							1
Radio operacional					X							1
Radio VHF aeronáutico					X							1
Repetidor Ativo					X							1
Segurança				X	X		X					3
Serviço de dados – Rede Integrada Corp.					X							1
Serviço de voz – Rede de Ramais internos					X							1

Sistema de Energia	X		X		X	3
Sistema de recepção Satélite	X		X			2
Sistema Trunking			X			1
Substituição de Equipamentos c/ maior tempo de uso		X				1

Legenda: GMDSS = Global Maritime Distress and Safety System; VHF = Very high frequency

- Fonte: elaboração própria baseado em Méxas (2012)

O critério que se mais se destaca é Histórico de falhas/Disponibilidade, citado por 8 dentre as 11 publicações. Em seguida aparecem empatados, com 4 ocorrências cada um, Custos e Impacto no negócio, o que no caso de uma plataforma de produção de petróleo, corresponde ao impacto na sua própria produção de petróleo. Segurança e Sistema de Energia apresentam 3 citações. Dificuldades logísticas e Sistema de recepção satélite aparecem em 2 publicações. Os demais critérios são citados apenas uma vez.

4.1.2. Itens compilados a partir dos especialistas

Os resultados dos 13 questionários (Apêndice I) aplicados aos especialistas serviram para ampliar a lista de critérios úteis para a seleção de plataformas a serem atendidas pelo suporte de manutenção dos sistemas de telecomunicações. Os critérios obtidos a partir da consulta aos especialistas são apresentados na Tabela 4. A identificação dos respondentes foi propositalmente omitida, atribuindo-se apenas a letra E seguida de um numeral indexador que vai de 1 a 13. Interessante observar que as inclusões contemplam benefícios (ou serviços), como lazer, serviços de intercomunicação industrial e suporte à automação, e também sistemas, como o circuito fechado de TV (CFTV), o sistema SDH, que compõe a infraestrutura da malha óptica offshore, o sistema de telesupervisão e o link satélite com antena estabilizada.

Tabela 4 – Critérios acrescentados na fase de análise exploratória

Item	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	QT
CFTV								X	X	X				3
Lazer		X						X						2
Link satélite c/ antena estabilizada		X		X	X			X	X	X				6
Rede SDH-NG / Backbone óptico	X								X			X	X	4

Sistema Intercom	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13
Sistema de Telessupervisão			X												1
Suporte à Automação	X		X	X		X					X				5
Videocon		X		X											2

Legenda: CFTV = Circuito Fechado de TV; SDH-NG = Synchronous Digital Hierarchy -Next Generation - Fonte: elaboração própria

Observa-se que o critério Sistema Intercom obteve a unanimidade dos especialistas consultados, o que denota a sua importância. Link satélite com antena estabilizada aparece em segundo lugar nas citações dos mesmos, com 6 ocorrências. Em seguida o critério Suporte à Automação com 5. Os demais novos critérios primários tiveram pelo menos 2 citações, à exceção de Sistema de Telessupervisão, que foi citado apenas pelo especialista E3.

4.1.3. Conjunto de itens compilados

O comparativo entre os critérios citados nas publicações com os dos especialistas é mostrado na Tabela 5. Naturalmente, os novos critérios acrescentados pelos 13 profissionais consultados aparecem com quantidade zero na coluna publicações.

Tabela 5 – Comparação do quantitativo de citações

	Critérios	Publicações (%)	Especialistas (%)
C1	Ausência de Link de Contingência	9,1	23,1
C2	CFTV	0,0	23,1
C3	Custos	36,4	7,7
C4	Caixas de Passg, Conexão, Distribuição	9,1	30,8
C5	Dificuldades Logísticas (vôo, vaga, etc)	18,2	7,7
C6	Enlace rádio	9,1	69,2
C7	Equipamentos GMDSS	9,1	53,8
C8	Facilidade de manutenção	9,1	0,0
C9	Facilidade de Operação	9,1	0,0
C10	Histórico de falhas/Disponibilidade	72,7	46,2
C11	Impacto ao Negócio da Empresa	36,4	38,5
C12	Importância Estratégica/Repetidora	9,1	23,1
C13	Internet Cultural	9,1	30,8
C14	Lazer	0,0	15,4
C15	Link Satélite com Antena Estabilizada	0,0	46,2
C16	Proteção elétrica	9,1	7,7
C17	Quantidade de clientes a bordo	9,1	0,0
C18	Rádio Farol	9,1	23,1
C19	Radio operacional	9,1	61,5
C20	Repetidor Ativo	9,1	30,8
C21	Rede SDH-NG / Backbone óptico	0,0	30,8

C22	Segurança	27,3	46,2
C23	Serviços de dados - Rede Integrada Corporativa	9,1	100
C24	Serviços de voz – Rede de Ramais internos	9,1	100
C25	Sistema Intercom	0,0	100
C26	Sistema de Energia	27,3	38,5
C27	Sistema de Telessupervisão	0,0	7,7
C28	Sistema Trunking	9,1	7,7
C29	Substituir Equipamentos c/ maior tempo de uso	9,1	23,1
C30	Suporte à Automação	0,0	38,5
C31	TVRO / CATV (recepção de TV)	18,2	53,8
C32	Radio VHF aeronáutico	9,1	38,5
C33	Videoconferência	0,0	15,4

Legenda: ; CFTV = Circuito Fechado de TV; GMDSS = Global Maritime Distress and Safety System; SDH-NG = Synchronous Digital Hierarchy -Next Generation; TVRO = TV Read Only; CATV = Circuito Aberto de TV; VHF = Very high frequency - Fonte: elaboração própria

Além do novo critério Sistema Intercom (C25), receberam também a unanimidade dos especialistas consultados os critérios Serviços de dados – Rede Integrada Corporativa (C23) e Serviços de voz – Rede de Ramais internos (C24), ambos com pouca expressão na consulta à literatura, com menos de 10% cada um. Isto pode ser explicado pela dificuldade de se obter trabalhos publicados sobre as peculiaridades dos sistemas de telecomunicações existentes nas plataformas de produção de petróleo. O critério Enlace rádio (C6) foi citado por cerca de 70% dos especialistas e em apenas 9,1% das publicações consultadas, o mesmo acontecendo com Rádio operacional (C19), que foi citado por mais de 60% dos profissionais consultados. O critério mais citado pelas publicações, Histórico de falhas/disponibilidade (C10), com 72,7%, foi citado por 46,2% dos especialistas. Em segundo lugar aparecem com 36,4% das citações nas publicações Impacto ao negócio da empresa (C11) e Custos (C3). O primeiro foi apontado por 38,5% dos profissionais, já o segundo por apenas 7,7%, sinalizando que a questão dos custos, embora importante, não se apresenta como prioritária na seleção de critérios de escolha para a manutenção preventiva em questão. O mesmo raciocínio pode ser empregado aos critérios Dificuldades Logísticas (vôo, vaga, acesso, etc) (C5), Proteção elétrica (C16) e Sistema Trunking (C28), que também foram citados por apenas 7,7% dos especialistas. Além disso, alguns critérios citados na literatura consultada foram totalmente descartados pelos especialistas, são eles: Facilidade de Manutenção (C8), Facilidade de Operação (C9) e Quantidade de clientes a bordo (C17), ou seja, houve convergência de opiniões acerca da baixa importância destes critérios na priorização da manutenção preventiva em sistemas de telecomunicações em plataforma de produção de petróleo.

4.2. ITENS SELECIONADOS

Os resultados obtidos através da aplicação do método de Lawshe (1975) são apresentados na Tabela 6, de onde se obtém a decisão sobre a importância ou não de cada critério. A decisão de se manter o critério ocorre quando o valor do CVR calculado está acima do valor do CVR crítico, sendo função do total de avaliadores (respondentes) do critério e da quantidade de avaliações na condição de essencial que o critério recebeu, considerando-se 5% de significância.

Tabela 6 – Aplicação de LAWSHE (1975) para seleção dos critérios

Cód.	Critério	Ne	N	% _{essencial}	CVR _{calc}	CVR _{crit}	Decisão
C1	Ausência de Link de Contingência	14	23	60,9%	0,217	0,409	Excluir
C2	CFTV	7	22	31,8%	-0,364	0,418	Excluir
C3	Custos	6	20	30,0%	-0,400	0,438	Excluir
C4	CXs de Passg, Conexão, Distribuição	9	23	39,1%	-0,217	0,409	Excluir
C5	Dificuldades Logísticas (vôo, vaga, etc)	10	23	43,5%	-0,130	0,409	Excluir
C6	Enlace rádio	21	22	95,5%	0,909	0,418	Manter
C7	Equipamentos GMDSS	18	22	81,8%	0,636	0,418	Manter
C8	Facilidade de manutenção	2	22	9,1%	-0,818	0,418	Excluir
C9	Facilidade de Operação	1	19	5,3%	-0,895	0,450	Excluir
C10	Histórico de falhas/Disponibilidade	16	22	72,7%	0,455	0,418	Manter
C11	Impacto ao Negócio da Empresa	19	23	82,6%	0,652	0,409	Manter
C12	Importância Estratégica	20	23	87,0%	0,739	0,409	Manter
C13	Internet Cultural	1	23	4,3%	-0,913	0,409	Excluir
C14	Lazer	1	23	4,3%	-0,913	0,409	Excluir
C15	Link Satélite com Antena Estabilizada	19	23	82,6%	0,652	0,409	Manter
C16	Proteção elétrica	9	23	39,1%	-0,217	0,409	Excluir
C17	Quantidade de clientes a bordo	4	23	17,4%	-0,652	0,409	Excluir
C18	Rádio Farol	10	22	45,5%	-0,091	0,418	Excluir
C19	Radio operacional	9	22	40,9%	-0,182	0,418	Excluir
C20	Repetidor Ativo	18	21	85,7%	0,714	0,428	Manter
C21	Rede SDH-NG / Backbone óptico	18	22	81,8%	0,636	0,418	Manter
C22	Segurança	20	21	95,2%	0,905	0,428	Manter
C23	Serviços de dados- Rede Integrada Corporativa	15	23	65,2%	0,304	0,409	Excluir
C24	Serviços de voz – Rede de Ramais internos	15	23	65,2%	0,304	0,409	Excluir
C25	Sistema Intercom	23	23	100,0%	1,000	0,409	Manter
C26	Sistema de Energia	22	23	95,7%	0,913	0,409	Manter
C27	Sistema de Telessupervisão	6	23	26,1%	-0,478	0,409	Excluir
C28	Sistema Trunking	9	22	40,9%	-0,182	0,418	Excluir
C29	Substituir Equipamentos por tempo de uso	5	23	21,7%	-0,565	0,409	Excluir
C30	Suporte à Automação	7	23	30,4%	-0,391	0,409	Excluir
C31	TVRO / CATV	1	21	4,8%	-0,905	0,428	Excluir
C32	Radio VHF aeronáutico	19	23	82,6%	0,652	0,409	Manter
C33	Videocon	4	23	17,4%	-0,652	0,409	Excluir

Legenda: CFTV = Circuito Fechado de TV; GMDSS = Global Maritime Distress and Safety System; SDH-NG = Synchronous Digital Hierarchy -Next Generation; TVRO = TV Read Only; CATV = Circuito Aberto de TV; VHF = Very high frequency - Fonte: elaboração própria

Os critérios efetivamente selecionados pela aplicação do método são mostrados em separado na Tabela 7 para fins de melhor visualização dos resultados desta etapa.

Tabela 7 – Critérios selecionados

Cód.	Critério	Ne	N	%essencial	CVR_{calc}	CVR_{crit}	Decisão
C6	Enlace rádio	21	22	95,5%	0,909	0,418	Manter
C7	Equipamentos GMDSS	18	22	81,8%	0,636	0,418	Manter
C10	Histórico de falhas/Disponibilidade	16	22	72,7%	0,455	0,418	Manter
C11	Impacto ao Negócio da Empresa	19	23	82,6%	0,652	0,409	Manter
C12	Importância Estratégica	20	23	87,0%	0,739	0,409	Manter
C15	Link Satélite com Antena Estabilizada	19	23	82,6%	0,652	0,409	Manter
C20	Repetidor Ativo	18	21	85,7%	0,714	0,428	Manter
C21	Rede SDH-NG / Backbone óptico	18	22	81,8%	0,636	0,418	Manter
C22	Segurança	20	21	95,2%	0,905	0,428	Manter
C25	Sistema Intercom	23	23	100,0%	1,000	0,409	Manter
C26	Sistema de Energia	22	23	95,7%	0,913	0,409	Manter
C32	Radio VHF aeronáutico	19	23	82,6%	0,652	0,409	Manter

Legenda: GMDSS = Global Maritime Distress and Safety System; SDH-NG = Synchronous Digital Hierarchy -Next Generation; VHF = Very high frequency - Fonte: elaboração própria

4.3. DEFINIÇÃO DA HIERARQUIA

O objetivo da construção da hierarquia dos critérios foi identificar a existência ou não de possíveis relações entre critérios e subcritérios, bem como a possibilidade de agrupamentos.

A análise mais detalhada da Tabela 7 mostrou que a lista de critérios selecionados é constituída por equipamentos (Enlace rádio, Equipamentos GMDSS, Link Satélite com Antena Estabilizada, Repetidor Ativo e VHF aeronáutico), sistemas (Sistema Intercom e Sistema de Energia), Rede (Rede SDH-NG / Backbone óptico), pelo parâmetro Histórico de falhas/Disponibilidade, por critérios associados ao papel da plataforma na região de produção (Impacto ao Negócio da Empresa e Importância Estratégica/Repetidora) e por um aspecto de elevada relevância no contexto operacional (Segurança).

Esta relação é composta por equipamentos, sistemas, características da plataforma associadas ao negócio (*Produção*) e à condição estratégica na rede de telecomunicações, além de um parâmetro típico da gestão de manutenção, o *Histórico de falhas*, citado por Xenos (2004) como *Número de falhas*.

Não foi identificada nenhuma possibilidade de agrupamento ou de relação critério-subcritério para os critérios *Produção (Impacto ao negócio)* e *Importância estratégica*, em consequência, eles integram a estrutura hierárquica para o problema da figura 13 na condição de critérios independentes de primeiro nível.

Com relação ao critério *Histórico de falhas*, observa-se um relacionamento direto deste com os critérios selecionados sob a forma de equipamentos, redes e sistemas. Visando facilitar a aplicação do método AHP, este critério será utilizado como elemento de agrupamento, de acordo com as afinidades identificadas, de maneira a se obter a relação critério-subcritério onde possível.

A primeira relação critério-subcritério identificada está associada ao aspecto da Segurança. Observa-se que fazem parte da lista de critérios validados na Tabela 7 alguns equipamentos e sistemas introduzidos na planta de telecomunicações da plataforma, justamente para prover a segurança, tanto nas situações normais de operação, como nas situações de emergência. Curiosamente, os três critérios associados à segurança apontados pelos técnicos offshore abordam respectivamente: a segurança de voo (*VHF aeronáutico*), a segurança de mar (*GMDSS*) e a segurança operacional do dia-a-dia da plataforma (*Intercom*). Desta forma, observa-se que existe a relação hierárquica apresentada na figura 11.



Figura 11: Hierarquia para o critério Histórico de falhas de segurança - Fonte: elaboração própria

Conclui-se então que os critérios *Sistema de intercom*, *Equipamentos GMDSS* e *VHF aeronáutico* podem ser considerados subcritérios do critério *Segurança*. A reunião dos históricos de falhas destes critérios é que vai produzir o parâmetro do histórico de falhas de *Segurança*.

Finalmente, os critérios ainda não abordados na lista apresentada na Tabela 7 possuem a característica de permearem a infraestrutura da planta de telecomunicações da plataforma, tanto do ponto de vista da energia que abastece os itens de telecom (*Sistema de energia*), como dos meios de comunicação: via rádio (*Enlace rádio*), via satélite (*Antena estabilizada*), via fibra óptica (*Backbone óptico*) e

na comunicação operacional interna (*Repetidor ativo*). O correspondente arranjo hierárquico aparece na figura 12.



Figura 12: Hierarquia para o critério Histórico de falhas de infraestrutura - Fonte: elaboração própria

A figura 13 apresenta a estrutura hierárquica completa contendo os quatro critérios principais. Os critérios *Importância estratégica* e *produção* (Impacto ao negócio) não possuem subcritérios. Já os critérios Histórico de falhas de segurança, e Histórico de falhas de Infraestrutura, possuem respectivamente 3 e 5 subcritérios. Esta estrutura atende ao limite máximo de 11 critérios para utilização do método de Análise Hierárquica (SAATY, 1991).

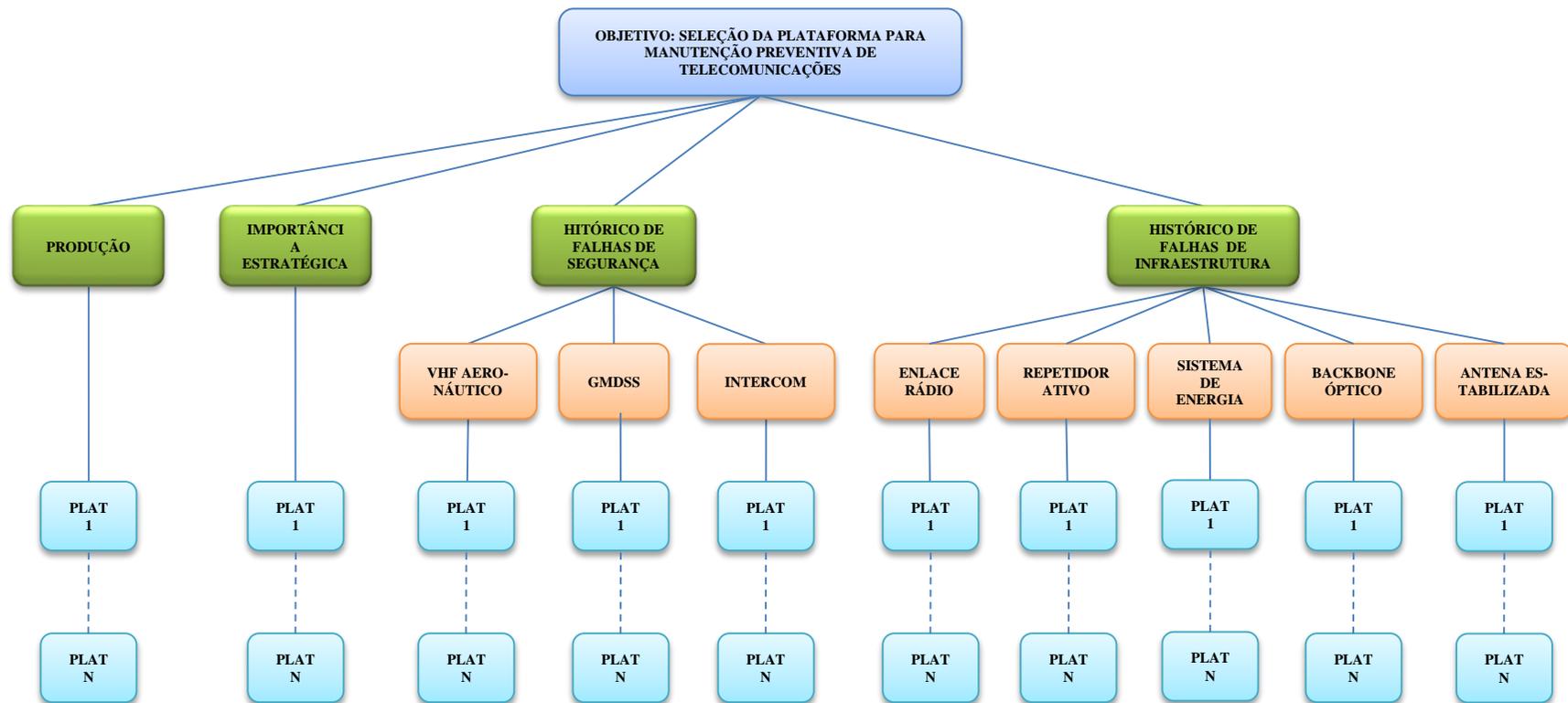


Figura 13: Estrutura hierárquica para o problema – Fonte: elaboração própria

4.4 MATRIZES DE IMPORTÂNCIA

Conforme afirmado por Costa (2005), no método AHP, a matriz de importância contém os valores dos julgamentos e estes são apresentados como elementos de matrizes recíprocas. A matriz de importância dos critérios à luz do foco principal do problema aparece na Figura 14. Ela foi elaborada com base na estrutura hierárquica apresentada na Figura 13, comparando-se os valores dos percentuais considerados como item essencial extraídos da Tabela 7. Para os critérios Produção, Importância estratégica e Histórico de falhas de segurança, utilizou-se os valores obtidos diretamente da referida Tabela. Para o critério Histórico de falhas de infraestrutura foi utilizada a média aritmética dos percentuais considerados como item essencial de seus subcritérios listados na mesma Tabela.

	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/2	1/4	1/3
C2	2	1	1/3	1/2
C3	4	3	1	2
C4	3	2	1/2	1

Figura 14 – Matriz de pesos dos critérios à luz do foco principal - Legenda: C1 = Produção; C2 = Importância estratégica; C3 = Histórico de falhas de segurança; C4 = Histórico de falhas de infraestrutura - Fonte: Elaboração própria

Para o critério Histórico de falhas de segurança a matriz de importância de seus subcritérios é mostrada na Figura 15.

	SC1	SC2	SC3
SC1	1	2	1/4
SC2	1/2	1	1/5
SC3	4	5	1

Figura 15 – Importância dos subcritérios à luz do critério Histórico de falhas de segurança - Legenda: SC1 = VHF Aeronáutico; SC2 = GMDSS; SC3 = Intercom - Fonte: Elaboração própria

Para o critério Histórico de falhas de infraestrutura a matriz de importância de seus subcritérios pode ser vista na Figura 16.

	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8
SC4	1	3	1	4	4
SC5	1/3	1	1/3	2	2
SC6	1	3	1	4	4
SC7	1/4	1/2	1/4	1	1
SC8	1/4	1/2	1/4	1	1

Figura 16 – Importância dos subcritérios à luz do critério Histórico de falhas de infraestrutura -
 Legenda: SC4 = Enlace; Rádio; SC5 = Repetidor ativo; SC6 = Sistema de energia; SC7 = Backbone
 óptico; SC8 = Antena estabilizada - Fonte: Elaboração própria

Os critérios Produção e Importância estratégica não tiveram subcritérios identificados na aplicação da metodologia de Lawshe (1975).

4.5 CÁLCULO DAS PRIORIDADES DO MÉTODO AHP

A introdução dos dados do item anterior no aplicativo IPE resultou na distribuição de prioridades a luz do foco principal mostrada na figura 17. Observa-se que o critério de maior prioridade é o Histórico de falhas de segurança, com 42%, seguido de Histórico de falhas de infraestrutura, com 26%. O critério de prioridade mais baixa é Produção, com 9,6%.

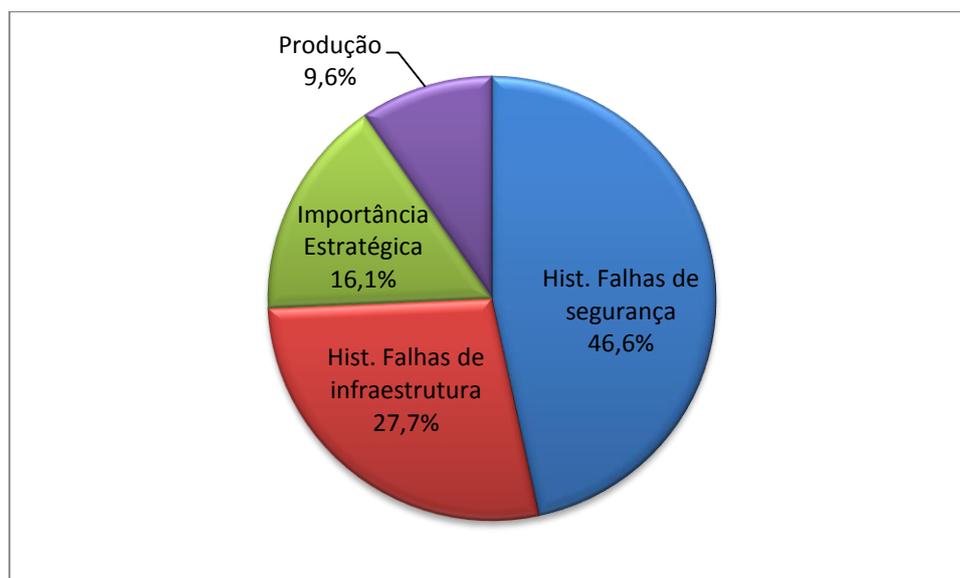


Figura 17 – Prioridades dos critérios – Fonte: Elaboração própria

Para o critério Histórico de falhas de segurança a maior prioridade foi atribuída ao Intercom, com 68%. A figura 18 apresenta as prioridades calculadas pelo aplicativo IPE para os seus subcritérios.

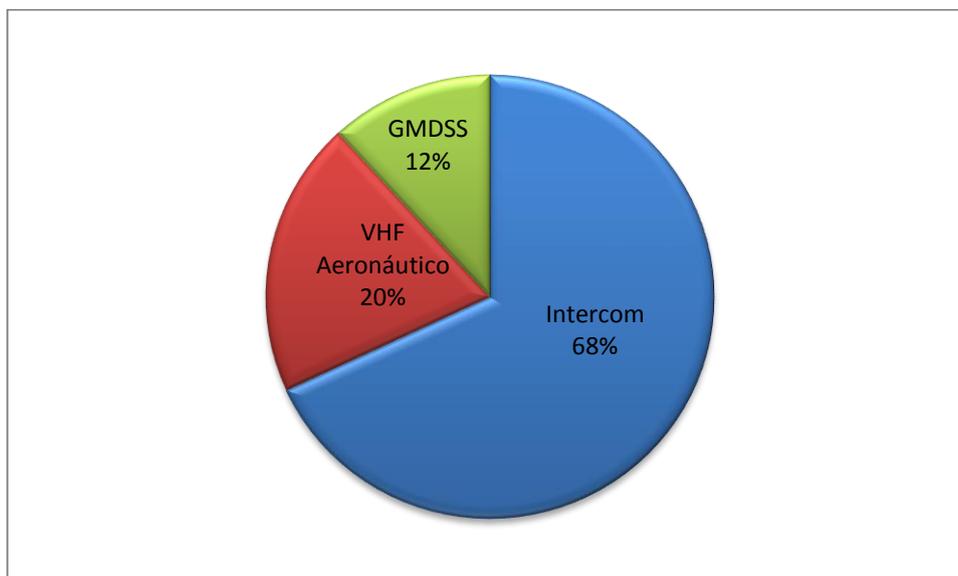


Figura 18 – Prioridades no critério Histórico de falhas de segurança – Fonte: Elaboração própria

As prioridades calculadas para os subcritérios do critério Histórico de falhas de infraestrutura aparecem na figura 19. O Histórico de falhas de energia juntamente com Enlace Rádio são os subcritérios de maior prioridade, com 35%.

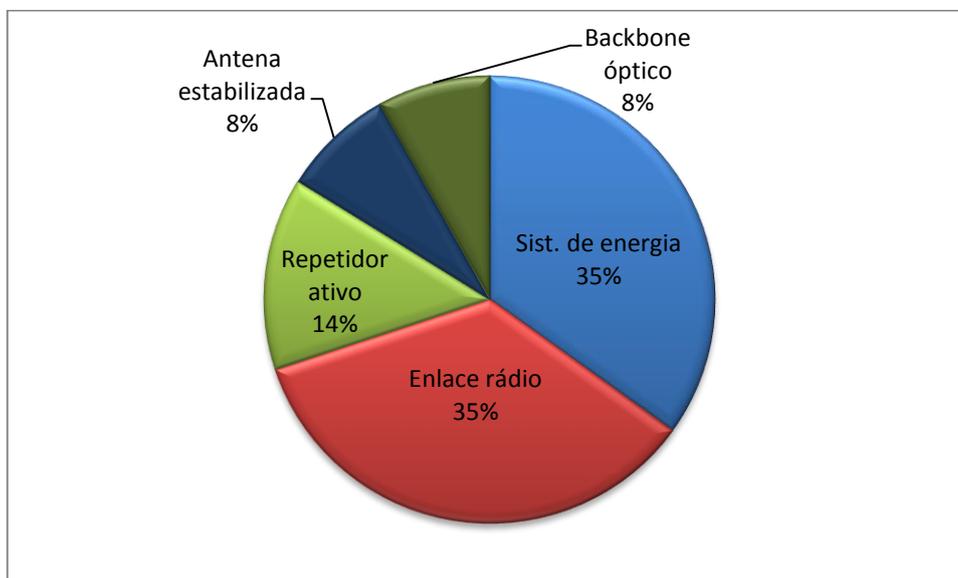


Figura 19 – Prioridades no critério Histórico de falhas de infraestrutura – Fonte: Elaboração própria

Os critérios Produção e Importância estratégica não tiveram subcritérios identificados na aplicação da metodologia de LAWSHE (1975). Suas prioridades serão calculadas na aplicação do estudo de caso diretamente sobre as alternativas.

A Figura 20 apresenta a distribuição final dos pesos.

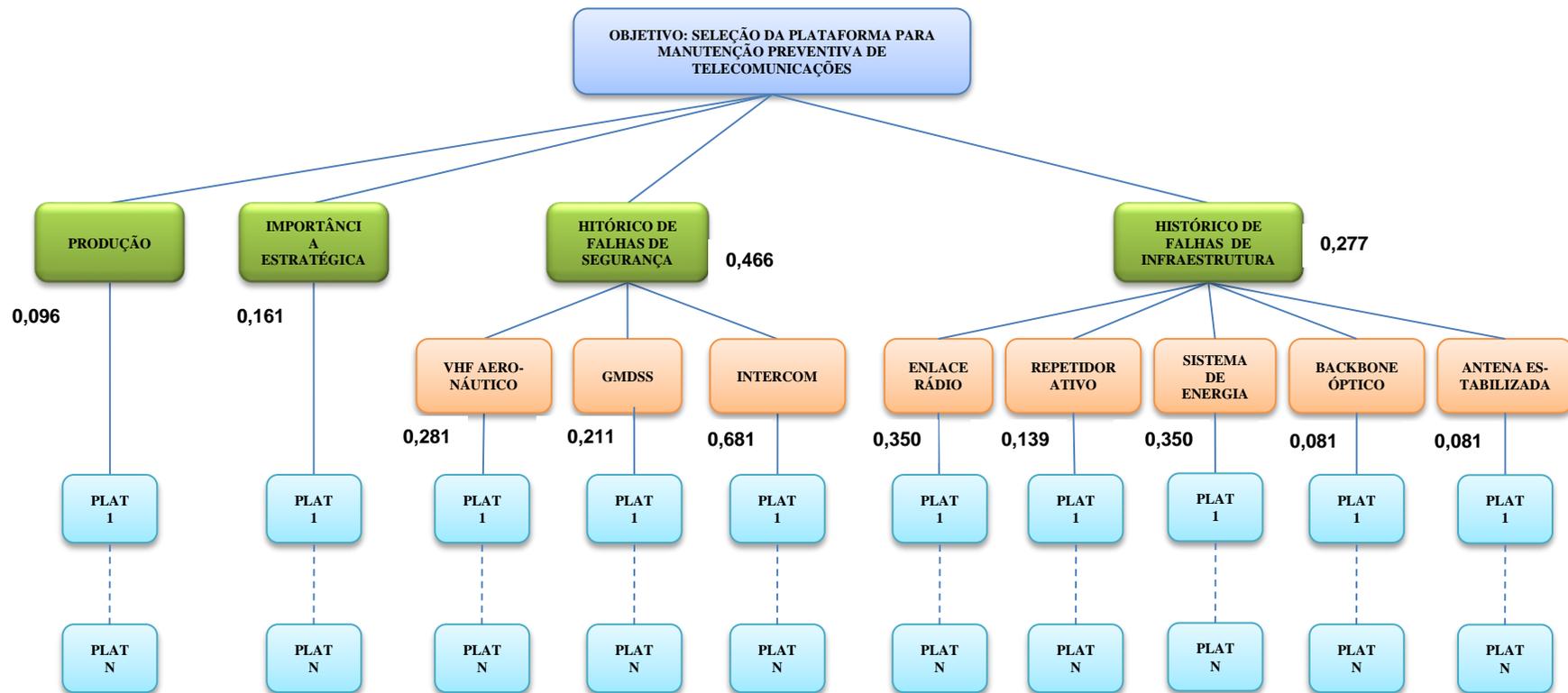


Figura 20: Distribuição dos pesos na estrutura hierárquica para o problema – Fonte: elaboração própria

4.6 RESULTADOS DA APLICAÇÃO NO ESTUDO DE CASO

4.6.1 A tabela de importância estratégica

Para cada grupo de plataformas foi calculada a Importância estratégica com base na Tabela 2. Os resultados aparecem na Tabela 8. Observou-se que nenhuma das plataformas acumulou as três funções estratégicas em nenhum dos grupos, ou seja, nenhuma delas possui cumulativamente as funções de bombeio, prestação de Serviços de Controle de Tráfego Aéreo e de estação repetidora de telecomunicações.

Tabela 8 – Pontuação do critério Importância estratégica respectivamente para as plataformas dos Grupos 1, 2 e 3

Plataforma	Pontuação	Plataforma	Pontuação	Plataforma	Pontuação
PLAT1A	0	PLAT2A	0	PLAT3A	0
PLAT1B	0	PLAT2B	0	PLAT3B	0
PLAT1C	0	PLAT2C	0	PLAT3C	0
PLAT1D	1	PLAT2D	1	PLAT3D	2
PLAT1E	2	PLAT2E	0	PLAT3E	0
PLAT1F	0	PLAT2F	0	PLAT3F	0
PLAT1G	0	PLAT2G	0	PLAT3G	0
PLAT1H	0	PLAT2H	0	PLAT3H	1
PLAT1I	0	PLAT2I	0	PLAT3I	0
PLAT1J	0	PLAT2J	0	PLAT3J	0
PLAT1K	1	PLAT2K	0	PLAT3K	0
PLAT1L	0	PLAT2L	1	PLAT3L	0
PLAT1M	1	PLAT2M	0	PLAT3M	0
PLAT1N	2	PLAT2N	1	PLAT3N	0
PLAT1O	0	PLAT2O	1	PLAT3O	0
--		--		PLAT3P	1
--		--		PLAT3Q	0

Fonte: Elaboração própria

No Grupo 1 as plataformas PLAT1E e PLAT1N acumulam duas funções estratégicas, assim como a plataforma PLAT3D no Grupo 3. No Grupo 2 não há plataformas com mais que uma função estratégica. Também pode ser observado que a maioria das plataformas não apresenta pontuação neste critério, o que reforça o sentido da condição estratégica.

4.6.2 Dados dos históricos de falhas

Os resultados da coleta de dados após a quinta semana estão mostrados nos Apêndices IV, V e VI, respectivamente para os Grupos de plataformas 1, 2 e 3.

Para o Grupo 1 observou-se maior incidência de falhas para o Intercom, subcritério do critério Histórico de falhas de segurança. Outro destaque importante é baixa incidência de falhas para Energia, Backbone óptico e Antena estabilizada, subcritérios do critério Histórico de falhas de Infraestrutura.

No Grupo 2 o comportamento pelo transcorrer das cinco semanas foi quase semelhante, com o Intercom também se destacando e tendo os mesmos subcritérios de Infraestrutura do Grupo 1 com baixa ocorrência de falhas, porém praticamente acompanhados pelo subcritério Repetidor ativo nesta regularidade.

Já o Grupo 3 apresentou comportamento muito semelhante ao do Grupo 2, observando-se maior incidência de falhas também no subcritério Intercom.

4.6.3 Prioridades globais, Prioridades locais e Razões de Consistência

Após a quinta semana de coleta de dados, os resultados dos cálculos das prioridades e das Razões de Consistência para o Grupo 1 são os apresentados na Tabela 9. As plataformas apontadas como prioridades encontram-se destacadas. O valor obtido para as Razões de Consistências também são fornecidos. Deste modo, a primeira linha de valores indica a Prioridade Global do grupo, no caso, PLAT1E com 24,3% de prioridade, sendo a Razão de consistência igual a 0,011. PLAT1E também se destaca como Prioridade local para os critérios Importância estratégica, Histórico de falhas de segurança e Histórico de falhas de Infraestrutura.

Tabela 9 – Prioridades e Razões de Consistência para o Grupo 1

Item	R.Consis- tência	Prioridade das plataformas (%)									
		1C	1D	1E	1F	1G	1H	1I	1K	1M	
Global	0,011	5,9	10,0	24,3	10,4	8,6	10,1	7,9	14,8	8,1	
Critério Produção	0,024	2,5	4,1	12,1	12,1	12,1	34,5	12,1	5,3	5,3	
Critério Importância	0,001	7,1	13,7	23,5	7,1	7,1	7,1	7,1	13,7	13,7	

estratégica											
Critério Histórico de falhas de segurança	0,021	3,9	10,4	31,5	12,0	6,0	6,2	6,4	18,8	4,8	
Critério Histórico de falhas de infraestrutura	0,006	10,0	8,6	18,6	8,6	13,5	9,5	9,4	10,8	10,8	

Fonte: Elaboração própria

Neste grupo, todas as Razões de Consistência atenderam à exigência de serem menores do que 0,1, conforme preconiza o método AHP.

Na Tabela 10 são mostrados os resultados dos cálculos das prioridades e das Razões de Consistência para o Grupo 2. A Prioridade Global deste grupo foi PLAT2I, com 22,5%, sendo a Razão de Consistência global igual 0,011. Esta plataforma também foi a prioridade local do critério Histórico de falhas de segurança.

Tabela 10 – Prioridades e Razões de Consistência para o Grupo 2

Item	R.Consis-tência	Prioridade das plataformas (%)									
		2A	2C	2D	2H	2I	2J	2M	2N	2O	
Global	0,011	8,1	6,7	10,7	15,5	22,5	7,8	8,8	11,3	8,6	
Critério Produção	0,032	2,0	3,9	8,1	18,3	18,3	8,1	2,9	33,1	5,2	
Critério Importância estratégica	< 0,001	8,3	8,3	16,7	8,3	8,3	8,3	8,3	16,7	16,7	
Critério Histórico de falhas de segurança	0,021	9,2	5,3	8,4	12,5	36,2	6,7	10,6	5,2	5,8	
Critério Histórico de falhas de infraestrutura	0,006	8,2	9,2	12,0	23,8	9,2	9,2	8,2	10,7	9,5	

Fonte: Elaboração própria

Destaca-se ainda a plataforma PLAT2H como prioridade local no critério Histórico de falhas de infraestrutura. Também neste grupo, todas as Razões de Consistência atenderam à exigência de serem menores do que 0,1, conforme preconiza o método AHP.

A Tabela 11 apresenta os resultados dos cálculos das prioridades e das Razões de Consistência para o Grupo 3.

Tabela 11 – Prioridades e Razões de Consistência para o Grupo 3

Item	R.Consis-tência	Prioridade das plataformas (%)									
		3D	3E	3F	3G	3H	3J	3N	3P	3Q	
Global	0,011	16,9	10,2	7,7	10,3	20,8	7,7	7,1	12,6	6,6	
Critério Produção	0,026	3,3	12,7	3,3	13,2	13,2	19,3	2,9	30,3	1,8	

Critério Importância estratégica	0,001	24,5	7,6	7,6	7,6	14,8	7,6	7,6	14,8	7,6
Critério Histórico de falhas de segurança	0,021	19,6	8,9	9,4	3,3	32,0	4,2	5,2	10,1	7,2
Critério Histórico de falhas de infraestrutura	0,006	12,7	13,0	6,3	22,6	8,2	9,7	11,6	9,6	6,3

Fonte: Elaboração própria

A plataforma PLAT3H foi a prioridade global deste grupo, com 20,8%, sendo a Razão de Consistência global igual 0,011. A mesma plataforma foi também a prioridade local para o critério Histórico de falhas de segurança. Outro destaque foi a plataforma PLAT3G, prioridade local para o critério Histórico de falhas de infraestrutura. Neste grupo, todas as Razões de Consistência atenderam à exigência de serem menores do que 0,1, conforme preconiza o método AHP.

Os valores das Razões de Consistência segundo o método AHP foram obtidos diretamente do aplicativo IPE 1.0. A título de exemplificação da aplicação do método, seguindo o roteiro descrito por Costa (2006), calculou-se também manualmente a Razão de Consistência para o critério histórico de falhas de segurança, cujos resultados são mostrados no Anexo VII, com base nas informações que se encontram na Figura 14 e na Figura 18.

O referido anexo mostra que a Razão de Consistência calculada manualmente atende ao estabelecido por Saaty, isto é $RC < 0,1$, convergindo com o valor apresentado pelo aplicativo.

4.6.4 A avaliação dos gestores

As respostas dos gestores das equipes de manutenção ao questionário apresentado no Apêndice VIII foram as seguintes:

- Nenhum gestor mostrou conhecimento sobre métodos de Auxílio Multicritério à Decisão.
- Os níveis de satisfação para com os critérios, as decisões de priorização e a aplicabilidade no processo de manutenção preventiva, traduzidos pelas respostas às questões de número 2, 3 e 4 do Apêndice VIII, encontram-se na Figura 21.

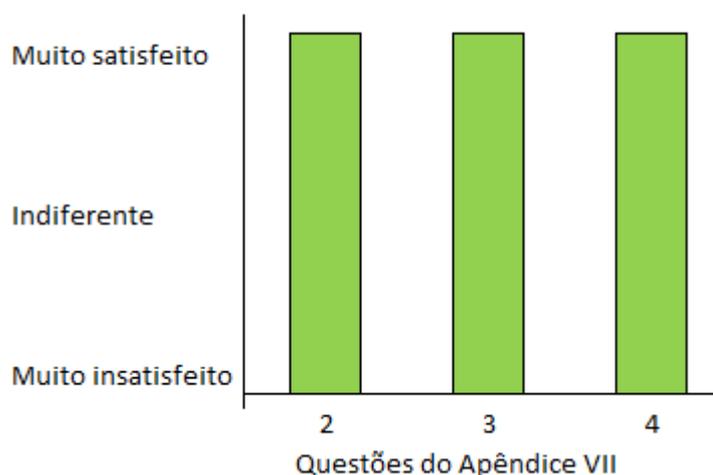


Figura 21 – Níveis de satisfação dos gestores - Fonte: Elaboração própria

Observou-se grande possibilidade de utilização da metodologia, tendo em vista a característica intuitiva que sempre permeou o processo decisório de priorização.

As respostas dos gestores à questão de número dois do Apêndice VIII mostraram que todos se consideraram muito satisfeitos para com os critérios utilizados no estudo de caso.

Também foi unânime a concordância com os resultados da priorização obtidos através da metodologia aplicada, conforme pode ser visto no nível de satisfação da questão de número três do Apêndice VIII.

O mesmo nível de satisfação foi também verificado com a questão de número quatro, que aborda a aplicabilidade da metodologia no processo da manutenção preventiva.

- As duas últimas questões do Apêndice VIII investigavam se haveria aplicabilidade em outros processos e todos os gestores concordaram com possibilidade de uso também no processo na manutenção corretiva, cujo processo decisório possui um contexto muito similar ao aqui estudado, uma vez que a decisão de priorização de plataforma acontece também de forma empírica nos casos de necessidade de recuperação de falhas nas plataformas que não possuem técnicos permanentemente.

5. DISCUSSÕES

É importante destacar que o método AHP deve ser empregado apenas para seleção, conforme Saaty e Vargas (1984) e Costa (2005), ao destacarem uma das “armadilhas” da aplicação equivocada do método AHP identificada como problema de reversão de ordem. Pelo fato do AHP apresentar muita sensibilidade ao conjunto de alternativas, ele não é diretamente indicado para ordenação, mas sim para escolha ou seleção dentro de um determinado contexto, sendo importante sua utilização na alocação de prioridades. Ou seja, efetivamente o resultado para cada grupo é apenas a respectiva plataforma com o maior percentual de prioridade fornecida pelo aplicativo IPE.

A decisão constitui um grande desafio para executivos e líderes, seja no setor público ou privado. Especialmente quando a subjetividade e os julgamentos de valor agregam complexidade ao ambiente desafiador (COSTA, 2006). Na empresa estudada, o desconhecimento dos métodos de AMD tem levado os decisores a tomarem decisões de forma intuitiva, o que às vezes demanda tempo, requer precauções adicionais e está sujeito às pressões da dinâmica do trabalho, podendo ocasionar erros. O estudo de caso demonstrou que as alternativas selecionadas na condição de Prioridade Global para cada grupo através do método AHP obtiveram a aprovação pelos gestores do processo de manutenção de telecomunicações offshore, revelando um campo para aplicação da metodologia.

O grau de satisfação para com os critérios e subcritérios identificados demonstram a sintonia da modelagem para com a solução do problema, o que resulta em análises mais objetivas, frente à complexidade dos equipamentos e sistemas que integram a planta de telecom da plataforma. A predominância dos itens instalados na área externa, como enlaces rádios, equipamentos GMDSS, link

satélite, intercom e partes integrantes da comunicação aeronáutica e do repetidor ativo comprovam a necessidade de maior atenção nas instalações sujeitas à agressividade do ambiente altamente corrosivo pela ação da salinidade.

A validação dos gestores quanto à aplicabilidade da metodologia no processo de manutenção preventiva de telecomunicações offshore reforça a importância deste estudo no âmbito na indústria de petróleo e gás. Prevenir a ocorrência de falhas nos sistemas de telecomunicações, não afeta apenas os aspectos operacionais, os de conforto e os de lazer, mas também a segurança, uma interrelação já apontada por Heller (2001) e Duenas (2005).

Os próprios gestores, mesmo desconhecendo as ferramentas de AMD, identificaram a possibilidade de contribuições do método para o processo de manutenção corretiva. Isto pode ser explicado pela necessidade de tomada de decisão muito semelhante no caso também das manutenções corretivas, onde normalmente há um número maior de plataformas com incidência de problemas de telecomunicações e uma quantidade menor de técnicos disponíveis. Em situações como estas, ocorre também a tomada de decisão da priorização por parte gestor, que a efetua de forma empírica.

O estudo iniciou pela elaboração da lista de critérios primários, onde experimentou-se certa dificuldade na identificação de trabalhos semelhantes publicados na literatura científica. Isto se deve ao fato da pouca exploração do assunto no meio acadêmico. A estratégia de se recorrer a outras fontes mostrou-se eficiente, pois contribuiu com 22 dos 25 critérios iniciais, o que equivale a 88% dos critérios citados pelos especialistas. Apenas os critérios *Facilidade de operação*, *Facilidade de manutenção* e *Quantidade de clientes a bordo* não receberam nenhuma citação dos mesmos.

Os especialistas contribuíram com oito novos critérios para a lista primária, ou seja, acrescentaram cerca de 24,2% dos itens, elevando para 33 a quantidade de critérios válidos na preparação para a consulta aos técnicos embarcados.

Tradicionalmente o método de Lawshe (1975) é empregado na seleção de itens a serem utilizados em questionários como uma das etapas na elaboração de trabalhos de pesquisa. A aplicação desta técnica sobre as respostas da segunda fase da busca por critérios, tal como em Freitas et al. (2015), permitiu a seleção de 36,4% dos 33 critérios. Assim, 12 deles foram considerados essenciais, obtendo o

valor do Coeficiente de Validade de Conteúdo calculado (CVR) acima do respectivo CVR crítico. Pode-se dizer que desta forma obteve-se a melhoria da qualidade da lista final dos itens, o que complementou a baixa contribuição da literatura sobre o assunto, tal como afirmado por Chang et al. (2011a). A adoção da estratégia de busca à literatura, juntamente com a consulta aos especialistas foi de grande importância para se elencar os critérios válidos.

Dentre os critérios validados observa-se a preocupação para com a segurança no trabalho offshore, com destaque para o *sistema de intercom* (segurança industrial), que recebeu unanimidade dentre os 23 técnicos offshore consultados. Este resultado reforça a importância do intercom nas comunicações de emergência, sendo o principal meio de avisos, alertas e alarmes, com cobertura em toda a estrutura da plataforma. O próprio critério *segurança* foi considerado essencial em 95,25% das avaliações. Dois outros critérios relacionados à segurança, *equipamentos GMDSS* (segurança de mar) e *VHF aeronáutico* (segurança de vôo) obtiveram avaliações como essenciais respectivamente de 81,8% e 82,6%.

Outro critério de grande importância identificado foi *sistema de energia*, com 95,7%. Isto mostra a percepção do técnico de que a infraestrutura de energia permeia a todos os equipamentos, o que a torna um ponto crítico no planejamento da manutenção preventiva.

Os critérios associados à transmissão das comunicações também receberam a atenção dos respondentes: *enlace rádio* (95,5%), *repetidor ativo* (85,7%), *Link Satélite com Antena Estabilizada* (82,6%) e *Rede SDH-NG / Backbone óptico* (81,8%), o que destaca a importância dos meios de transmissão. Apenas o *repetidor ativo* se refere à distribuição da comunicação radio operacional interna à plataforma. Os demais atuam no transporte do conjunto de informações entre a plataforma e o mundo exterior.

Dois aspectos associados à situação da plataforma no cenário de produção offshore também foram apontados como critérios válidos: *importância estratégica* (87,0%) e *impacto ao negócio* da empresa (82,6%). O primeiro sinaliza que há outras funções que podem ser exercidas pelas plataformas que vão além da produção de petróleo. Já o segundo critério traduz a importância da plataforma no contexto de sua principal missão, que é exatamente a produção de petróleo.

A efetividade da realização da manutenção preventiva sobre equipamentos torna-se ainda mais evidente, através da validação como essencial do critério *Histórico de falhas/disponibilidade* por 72,7% dos respondentes, induzindo a idéia de que o esforço no sentido da prevenção deve priorizar aqueles equipamentos de maior relevância, mas que vem apresentando mais problemas, ou seja, mais falhas.

O grau de significância adotado foi de 5% e garantiu a precisão da seleção dos itens. No início do trabalho havia sido adotado o valor de 20% e dois itens chegaram a integrar a lista dos selecionados: Serviços de dados - Rede Integrada Corporativa (C23) e Serviços de voz – Rede de Ramais internos (C24). Ambos obtiveram a validade de conteúdo calculada em 0,304, resultado da validação de 15 respondentes, sendo o percentual considerado essencial de 65,2% e o valor do CVR igual a 0,267, conforme o Anexo I. O impacto destes critérios no cômputo das prioridades à luz do foco principal era de 4%. Aplicando-se a significância a 5%, o valor de CVR crítico para ambos passou para 0,304, acima portanto do valor do CVR calculado, o que os retirou da lista de critérios selecionados. A exclusão da lista final de critérios não alterou o resultado de cada grupo, confirmando a metodologia de seleção utilizada.

Retornando-se a lista dos critérios selecionados mostrados na Tabela 7, observa-se que vários dos critérios listados são na verdade equipamentos explicitados de forma direta ou indiretamente em redes e sistemas. Isto denota a existência de relação hierárquica. Esta associação viabiliza o entendimento de que a lista final é composta de critérios e subcritérios. Conforme afirmado por Costa (2002), “a introdução de subcritérios na hierarquia é uma das ações recomendadas, quando houver dificuldade do avaliador julgar o desempenho das alternativas à luz de um determinado critério”.

A utilização do percentual considerado pelos especialistas como essencial através da seleção do método de Lawshe (1975) mostrou-se favorável à condução do trabalho. A opção de se utilizar o quantitativo do percentual considerado como essencial para a formação dos pesos também influenciou positivamente no cálculo das Razões de Consistências, como será visto mais á frente no texto.

As matrizes importância apresentadas nas Figuras 14, 15 e 16 refletem o balanceamento da ponderação dos pesos. Na Figura 14 podemos observar que o principal critério apontado foi o Histórico de falhas de segurança. Este critério

recebeu as maiores ponderações, o que denota a principal preocupação do trabalhador offshore com este fator e o entendimento de que há uma relação intrínseca entre telecomunicações e segurança no trabalho desenvolvido na Bacia de Campos. Outro critério de ponderação relevante foi o Histórico de falhas de Infraestrutura, o que sinaliza o pensamento de que é necessário que a base de funcionamento para todos os itens de telecomunicações esteja em boas condições para que todos os equipamentos, redes e sistemas estejam em perfeita ordem.

Através da Figura 15 pode ser observado que dentro do critério que envolve a segurança, o subcritério de maior relevância foi o Intercom. O Sistema Intercom inclusive recebeu 100% de validação, sendo o único a ser considerado com esta magnitude.

Com relação ao critério histórico de falhas de infraestrutura, Figura 16, observou-se uma ponderação similar entre Sistema de Energia e Enlace rádio e entre Backbone óptico e Antena estabilizada.

A atribuição dos pesos causa reflexos diretamente no cálculo das prioridades do método AHP, em função da comparação par-a-par. Na figura 17 pode ser observado que a maior importância atribuída ao critério Histórico de falhas de segurança resultou em 46,6% de prioridade para o mesmo, o que significa dizer que a alternativa (plataforma) com maior incidência de falhas neste item será forte candidata a ser a Prioridade Global, embora devam ser observados os demais critérios em conjunto através do aplicativo IPE.

Da mesma forma que aconteceu com o seu critério “pai”, A figura 18 destaca que o subcritério Intercom recebeu 68% de prioridade, evidenciando o forte predomínio do histórico de falhas nesse subcritério dentro do critério Histórico de falhas de segurança.

No que tange ao critério Histórico de falhas de infraestrutura, A figura 19 mostra que Sistema de energia e Enlace rádio receberam 35 % prioridade, sendo portanto os de maior relevância neste critério. Já os subcritérios Antena estabilizada e Sistema de energia, também empatados, obtiveram 8% de prioridade, sendo os de menor importância dentro do respectivo critério.

A adoção de pontuações diferenciadas no cômputo do critério Importância estratégica permitiu a distinção entre as plataformas que apenas produzem e aquelas que possuem função extra, o que contribuiu para maior ponderação naquelas

de maior complexidade estratégica, que naturalmente são poucas, caso contrário haveria a banalização do critério, não causando distinção significativa entre elas. A Tabela 6 indica em seus resultados a existência de uma pequena parcela de plataformas na condição de EPTA do tipo A e de estação repetidora, PLAT1E, PLAT1N e PLAT3D, razão pela qual recebem a maior pontuação neste critério.

Os históricos de falhas dos três grupos de plataformas apresentados nos Apêndices IV, V e VI revelaram maior incidência de falhas na rede, que pela sua própria natureza, é distribuída por toda a plataforma, com forte ênfase em sua área externa, a rede de Intercom. De fato, a grande capilaridade e a exposição às ações agressivas do ambiente salino são características predominantes da rede de intercom, o que a sujeita à maior possibilidade de ocorrência de problemas.

Com relação aos subcritérios relativos à infraestrutura de telecomunicações da plataforma, o sistema de energia é o que apresenta a menor incidência de falhas, o que é muito bom, uma vez que problemas neste sistema podem comprometer todos os demais. Já o subcritério enlace rádio é o que se apresenta com maior incidência de falhas, em relação dos demais subcritérios deste critério.

A determinação da Prioridade Média Local à luz de determinado critério ou nós de julgamentos (COSTA 2002), constitui uma etapa importante na aplicação do método AHP, pois possibilita a tomada de decisões em níveis hierárquicos menores na estratificação da árvore de decisão. Como exemplo, no caso dos sistemas de telecomunicações offshore, podem ser citadas situações envolvendo inspeções de entidades reguladoras. Lembrando que as boas condições dos itens que compõem o GMDSS (subcritério do critério Histórico de falhas de segurança), são inspecionadas pela Marinha. Com as informações sobre as PMLs deste subcritério, seria possível elaborar um planejamento em períodos anteriores às inspeções regulamentares, priorizando-se o pior caso de cada grupo.

Através das Tabelas 9, 10 e 11 observou-se que todas as Razões de Consistências calculadas atenderam ao valor definido pelo método AHP, ou seja, RC menor do que 0,1, conferindo robustez aos resultados obtidos. Estes resultados, aliados à provação dos gestores comprovação as seleções realizadas pela aplicação desta metodologia em cada grupo de plataforma, validando a aplicação do método de Lawshe (1975) juntamente com o de Saaty (1991).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

Este trabalho cumpriu a sua finalidade de abordar o planejamento da manutenção preventiva de telecomunicações das plataformas offshore de produção de petróleo de uma forma nova, como alternativa ao enfoque da periodicidade fixa no tempo, o qual não considera as condições da planta de telecomunicações embarcada e nem outros fatores típicos do ambiente de produção da plataforma offshore de petróleo. Durante o seu transcurso, foram respondidas as questões inicialmente levantadas.

A primeira pergunta abordou: como priorizar a plataforma de produção de petróleo a receber uma equipe de manutenção preventiva de telecomunicações? A resposta foi obtida através da aplicação das metodologias de Lawshe (1975) e Saaty (1991).

A consulta à literatura associada à consulta aos especialistas constituíram fases importantes no processo de priorização, apresentando-se como etapas válidas para se responder ao segundo questionamento, o qual tratou da identificação de quais critérios influenciariam na priorização. Foram apontados os critérios e os respectivos subcritérios com maior grau de influência nesta nova visão do planejamento da manutenção preventiva da empresa estudada. A abrangência das respostas a esta pergunta contemplou as características do negócio da plataforma e os itens de maior relevância na composição da sua planta de telecomunicações para o tema manutenção preventiva.

Na terceira pergunta o foco apresentado foi a relação entre estes critérios. A importância relativa entre os critérios, entre critérios e subcritérios e entre os subcritérios foi traduzida através da construção da estrutura hierárquica baseada no método AHP e por intermédio da obtenção dos pesos definidos via aplicação da metodologia de Lawshe (1975).

A aprovação dos resultados por parte dos gestores das equipas de manutenção de telecomunicações offshore mostrou que a utilização da metodologia aqui desenvolvida, dentro do contexto estudado, possui aplicabilidade prática, o que possibilita sua utilização na tomada de decisão no cenário em questão.

Conclui-se, portanto, que os objetivos do trabalho foram atingidos.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

O estabelecimento da prioridade poderá ser adotado em outros processos. A título de trabalhos futuros sugere-se estudar a aplicabilidade da metodologia no processo de manutenção corretiva de telecomunicações, especialmente nas ocasiões em que a quantidade de plataformas com necessidade de ações de correção seja superior ao contingente de técnicos disponíveis na escala de embarque.

A metodologia também poderá ser estudada alterando-se o arranjo do agrupamento de plataformas segundo outras visões, como por exemplo, por área geográfica, por cliente, por complexidade de sistemas, entre outras.

O estudo pode ser estendido a outros tipos de unidades offshore, como por exemplo Sondagens, onde outros fatores como o custo da diária de aluguel poderão vir a serem incluídos, não se aplicando neste caso o parâmetro Produção na constituição do critério Impacto ao negócio.

O mesmo raciocínio se aplica aos Barcos, onde além do aspecto do custo do aluguel, há também a sua finalidade como por exemplo lançamento de linhas, logística, apoio, entre outros.

Sugere-se também a elaboração de um sistema de informações que integre a saída da ferramenta de controle de ordens de trabalho da empresa com a inserção dos dados no aplicativo IPE. Isto poderá agilizar a tomada da decisão de priorização, reduzindo a necessidade de reuniões e longos períodos de estudo, podendo-se chegar à automatização do processo através da criação de aplicativo específico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. T. Multicriteria Model for Selection of Preventive Maintenance Intervals. **Qual. Reliab. Engng. Int.**,[s.l.], p.585-593, maio 2012. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/qre.1415

ALMEIDA, R. C. **Avaliação da gestão de uma empresa através do gerenciamento da manutenção (CMMS) e Auxílio Multicritério.** 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Sistema Global de Socorro e Segurança Marítima GMDSS - Global Maritime Distress and Safety System.** 2014. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. . **Resolução nº 554, de 20 de dezembro de 2010.** 2010. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2010/17-resolucao-554>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário Estatístico 2001:** Panorama Internacional. 2001. Seção I. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico 2004:** Panorama Internacional. 2004. Seção I. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico 2013: Panorama Internacional**. 2013. Seção I. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico 2014: Panorama Internacional**. 2014. Seção I. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. . **Boletim Mensal da Produção de Petróleo e Gás Natural**. 2014. Maio. Disponível em: <Disponível em <http://www.anp.gov.br/?pg=36407>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS (ABRAMAN). **Documento Nacional 2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional/resultado-2011>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. 1994. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

AYRE, C.; SCALLY, A. J. Critical Values for Lawshe's Content Validity Ratio: Revisiting the Original Methods of Calculation. **Measurement And Evaluation In Counseling And Development**, [s.l.], v. 47, n. 1, p.79-86, 13 dez. 2013. SAGE Publications. DOI: 10.1177/0748175613513808.

BERTOLINI, M; BEVILACQUA, M. A combined goal programming—AHP approach to maintenance selection problem. **Reliability Engineering & System Safety**, [s.l.], v. 91, n. 7, p.839-848, jul. 2006. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.ress.2005.08.006. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0951832005001559?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

BEZERRA, E. K. et al. **Proteção da infraestrutura crítica de telecomunicações análise, metodologia e aplicações**. 2004. USP. Disponível em: <<http://linorg.cirp.usp.br>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

BISCHOFF, E. **Estudo de algoritmos genéticos para seleção de redes de acesso**. 2008. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

BLANCHARD, B S. Design and manage to life cycle cost. **Management Accounting Quarterly**, Montvale, NJ, n. 6, p.67-71, fev. 1978.

CARMINATTI, M; WOLFF, B; GAMBOA, L. New exploration frontiers in Brazil. In: WORLD PETROLEUM CONGRESS, 19., 2008, Madri, Espanha. **WPC Proceedings**. Madri: Energy Institute, 2008. p. 1 - 11.

CARVALHO, M T M; SPOSTO, R M. Aplicação de ferramenta processo de análise hierárquica – AHP para determinação de critérios essenciais para projetos sustentáveis de habitações de interesse social – HIS na cidade de Goiânia. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4., 2007, Campo Grande, Go. **Anais do IV ELECS**. Campo Grande, Go: ANTAC, 2007. v. 4, p. 353 - 362

CHANG, S. et al. An ERP system performance assessment model development based on the balance scorecard approach. **Researchgate: Information Systems Frontiers**. San Francisco, Ca, p. 429-450. jan. 2011a. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/220198748>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

CHANG, S. et al. Study of the digital divide evaluation model for government agencies—a Taiwanese local government’s perspective. **Researchgate: Information Systems Frontiers**. San Francisco, Ca, p. 1-17. fev. 2011b. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/226410773>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

CHIOCHETTA, J C; HATAKEYAMA, K; MARÇAL, R F M. Sistema de Gestão da Manutenção para a Pequena e Média Empresa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais do XXIV ENEGEP**. Florianópolis: ABEPRO, 2004. p. 604 - 611.

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**:: análise multicritério no auxílio à decisão. Niteroi: Ao Livro Verde, 2002. 104 p.

COSTA, H. G. **IPÊ 1.0 Guia do usuário**: Relatórios de pesquisa em Engenharia de Produção. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2004. 26 p.

COSTA, H. G. **Estruturas de suporte à decisão**: Métodos discretos tradicionais monocritério e multicritério. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2005. 88 p.

COSTA, H. G. **Auxílio multicritério à decisão**. Rio de Janeiro: Abepro, 2006. 115 p.

COSTA, H. G. Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. **Revista da FAE**, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2010.

COSTA, H. G.; CORREA, P. S. Construction of an AHP-based model to catch criteria weights in post-occupancy evaluation. **International Journal Of The Analytic Hierarchy Process**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.30-43, 15 jul 2010. Creative Decisions Foundation. DOI: 10.13033/ijahp.v2i1.71. Disponível em: <<http://www.ijahp.org/index.php/IJAHP/article/viewFile/71/205>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

COSTA, H. G.; MOLL, R. N. **Emprego do método de análise hierárquica (AHP) na seleção de variedades para o plantio de cana-de-açúcar**. *Gestão & Produção* v.6, n.3, p. 243-256, dez. 1999.

CUNHA, A. J. B; PINTO, E. L. F. Estudos para a Definição da Priorização da Manutenção. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 17., 2006, Belo Horizonte, Mg. **Anais do XVII SENDI**. Belo Horizonte: Aneel, 2006. p. 1 - 8.

DANTAS, L. A. **Modelo de gestão baseado na conformidade legal de plataformas de petróleo operando em águas jurisdicionais brasileiras**. 2005. 101 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Oceânica, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

DEFILIPPO, F B. **Geração automática de modelos de elementos finitos para análise de estruturas reticuladas na exploração de petróleo offshore**. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

DEKKER, R. Applications of maintenance optimization models: a review and analysis. **Reliability Engineering & System Safety: Maintenance optimization models**. Rotterdam, p. 229-240. mar. 1996.

DEY, P. K. A risk-based model for inspection and maintenance of cross-country petroleum pipeline. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v.7, n. 1, 2001.

DEY, P. K. Analytic hierarchy process analyses risk of operating cross-country petroleum pipelines in India. **Natural Hazards Review**; v. 4. n. 4. 2003.

DEY, P. K. **Decision support system for inspection and maintenance: A case study of oil pipelines**. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 51, n. 1. 2004.

DUEÑAS, L. A. O. **Interdependent Response of Networked Systems to Natural Hazards and Intentional Disruptions**. School of Civil and Environmental Engineering. Georgia Institute of Technology. 2005.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). Ministério da Defesa. **ICA-63-10: Estações Prestadoras de Serviços de Telecomunicações e de Tráfego Aéreo – EPTA**. 2008. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br>>. Acesso em: 12 abr. 2014.

FRAGA, C. T. C., BORGES, F. A., BELLOT, C., et al. **Campos Basin – 25 Years of Production and its Contribution to the Oil Industry**. In: Offshore Technology Conference, Houston, Texas, EUA. 2003.

FRANK-STROMBERG, M., Olsen, S. J. **Instruments for clinical health-care research**. London, England: Jones & Bartlett. 2004.

FREITAS, R. J. **Um estudo sobre critérios de avaliação de sucesso na implementação de sistemas ERP**. 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2013.

FREITAS, R., COSTA, H. G., PEREIRA, V. SHIMODA, E. Criteria selection for evaluation of ERP systems implementation in large brazilian companies. **Management Research: The Journal of the Iberoamerican Academy of Management**, Vol. 13 n. 2. p. 160 – 186. Fev 2015.

FITZPATRICK, A. R. The meaning of content validity. **Applied Psychological Measurement**, 7, 3–13. 1983.

GARTNER, I. R. **Avaliação Ambiental de Projetos em Bancos de Desenvolvimento Nacionais e Multilaterais: evidências e propostas**. Brasília: Universa. 2001.

GIFHORN, E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. ; VIANNA, W. B. Aperfeiçoamento da gestão organizacional por meio da abordagem multicritério à decisão. **Revista Gestão Industrial**. UTFPR. Ponta Grossa. PR, 2009.

HELLER, M. **Interdependencies in Civil Infrastructure Systems**. Bridge, National Academy of Engineering. Winter, 2001. Disponível em: <http://www.nae.edu>. Acesso em 19/07/2014.

JESUS JUNIOR, S. F. J. **Utilização de novas tecnologias de telecomunicações em plataformas petrolíferas offshore**. 2006. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rn, 2006.

JORDÃO, B. M. C; PEREIRA, S. R. A **Análise Multicritério na Tomada de Decisão - O Método Analítico Hierárquico de T. L. Saaty**. Instituto Politécnico de Coimbra. 2006.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. **Choice, Values and Frames**. Cambridge, University Press, Cambridge, 2000.

KERAMATI, J.; BABOLI, D. N. **Identifying Criteria and Proposing a Model for Industrial Cooperatives Evaluation Using MADM Methods**. Islamic Azad University. Arak. Iran. 2012.

KHAN, F.I., HADDARA, M. **Risk-Based Maintenance (RBM): A new approach for process plant inspection and maintenance**. Process Safety Progress. 2004.

KLEIN, J. J. **Desenvolvimento e implantação de um sistema de planejamento e controle da manutenção informatizado em uma instituição de ensino superior**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

LAWSHE, C. H. A quantitative approach to content validity. **Personnel Psychology**, 28, 563–575. 1975.

LIKERT, R. A Technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology** No. 140. 1932.

LIU, W.B., WANG, Q.F., GAO, J.J., ZHONG, X., LIANG, G.H. Reliability-centered intelligent maintenance decision-making model. Beijing Gongye Daxue Xuebao /**Journal of Beijing University of Technology** 38 (5) , pp. 672-677. 2012.

LU, S. Z., ZHU, L.C., JIANG, B.H., GONG, J. **Integrated maintenance management system of power equipments for petrochemical industry**. Jisuanji

Jicheng Zhizao Xitong Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS 13 (1) , pp. 132-135+146. 2007.

MARCATO, A. L. M.; FARIA, H. J.; BRANDÃO, L. E. T.; PIMENTA A.A.; SENRA, P. M. A. SILVEIRA, A., **Um modelo para priorização da manutenção de unidades geradoras hidrelétricas utilizando a teoria das opções reais**. UFSC, 2008.

MADEIRA, J. G. F. **Escolha de ferramenta de apoio à tomada de decisão para escolha de sitio para rejeitos de alta atividade**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Nuclear, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

MARIANO, J. B. **Proposta de metodologia de avaliação integrada de riscos e impactos ambientais para estudos de avaliação ambiental estratégica do setor de petróleo e gás natural em áreas offshore**. 2007. 569 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MARINHA DO BRASIL. Ministério da Defesa. **Normas da autoridade marítima 01**. 2005. Disponível em: <<https://www.dpc.mar.mil.br>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

MARINHA DO BRASIL. Ministério da Defesa. **Apostila Curso EROG - Especial de Radioperador**. 2011. Disponível em: <<https://www.dpc.mar.mil.br>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. **Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais – Um Estudo de Caso - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento**. XLI SBPO 2009.

MENEZES, H. B. **Abordagem probabilística na avaliação de desempenho da manutenção, uma experiência em telecomunicações**. ABEPRO. Rio de Janeiro. RJ, 1997.

MÉXAS, M. P.; QUELHAS, O. L. G.; COSTA, H. G. Prioritization of enterprise resource planning systems criteria: Focusing on construction industry. **International Journal Production Economics** 139. Pp 340-350. 2012.

MORAIS, V.C; MUHLEN, S.C. **Proposta de Indicadores para Priorização de Equipamentos Médico-Hospitalares em Programas de Manutenção Preventiva**. UNER. Facultad de Ingeniería de Entre Rios. Entre Rios. Argentina. 2003.

MURAKAMI, M. **Decisão estratégica em TI: Estudo de caso**. 2003. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Feac, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

NASCIF, J.X.; DORIGO, L.C. **A importância da gestão da manutenção ou como evitar as armadilhas na gestão da manutenção**. Disponível em: <http://www.fatec.edu.br>. Acesso em novembro de 2014.

NETO, J. B. O.; COSTA, A. J. D. **A Petrobrás e a exploração de Petróleo Offshore no Brasil: um approach evolucionário**. RBE. 2007.

NEVES, R. B., PEREIRA, V., COSTA, H. G. **Auxílio multicritério à decisão aplicado ao planejamento e gestão na indústria de petróleo e gás**. UFF, Brasil. 2013. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop_0356-12.pdf. Acesso em outubro de 2014.

OLIVEIRA, Helio M. 2013. **Engenharia de Telecomunicações**. 2ª Edição. Recife. PE. 2013.

OLIVEIRA, Mauricio. F. **Metodologia para aplicação de fontes renováveis de energia elétrica em plataformas marítimas de produção de petróleo e gás natural**. 2013. 181 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, P. B. **Fibra Óptica I: Arquitetura PON**. Seção: Tutoriais Redes Ópticas. 2014. Disponível em: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsolfo1/pagina_4.asp. Acesso em 30/07/2014.

PAN, N.F. Selecting an appropriate excavation construction method based on qualitative assessments. **Expert Systems With Applications**. Vol.36(3). pp 5481-5490.2009.

PASSOS, C. P., GOMES. L. F. A. M. Enfoque multicritério à teoria das prospectivas. **Revista de Administração Mackenzie**. Ano 6, no. 1. P 59-77. 2005.

REVISTA PETROBRAS. **Saiba como funciona a Rede de Transmissão Via Satélite da Petrobras e qual a sua importância na companhia**. nº. 156 – 2010 - ano 16.

REVISTA PETRO & QUÍMICA. **Operações integradas. Fibra óptica amplia monitoramento de plataformas.** n° 356 – 2014 – ano 37. Disponível em <http://www.petroequimica.com.br>. Acesso em 03 abril 2015.

PETROBRAS. **Plano de Emergência Individual P-34.** Anexo VII. 2004 Disponível em: <http://licenciamento.ibama.gov.br>. Acesso em 22/06/2014.

PETROBRÁS – **Padrão Gerir Manutenção Preventiva** - PP-4T0-00004-E. 2013.

PETROBRÁS. **Bacia de Campos: Principais Operações.** 2014. Disponível em <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-campos>. Acesso em 28/08/2014.

PETROBRAS. **Conheça a dimensão de nossa rede óptica, a primeira offshore do mundo.** 2015. Disponível em <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/conheca-a-dimensao-de-nossa-rede-optica-a-primeira-offshore-do-mundo.htm>. Acesso em 02 abril de 2015.

PIRES, J. C. L.; PICCININI, M. S. Serviços de Telecomunicações: Aspectos Tecnológicos. **Ensaio BNDES.** Ano 1997.

PORTAL BRASIL. **Petróleo e derivados constituem base da economia produtiva mundial.** 2011. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br>. Acesso em 04/05/2014.

RANA V. S. Reliability analysis off a National Broadcasting Network (NBN) System. **Microeletronics Reliability.** Vol. 35.Pag.303-307. Gran Bretanha. UK. 1995.

RALEIGH, P. All change on the rig. **Process Engineering** (London) 91 (4) , pp. 26. 2010.

RODRIGUEZ, D. S. S.; Costa, H. G.; Carmo, L. F.R. S. Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. **Gestão & Produção.**, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 134-146, 2013

RIBEIRO, F. J. L. **Sistema de Monitoramento Subaquático para Exploração de Petróleo Usando Redes de Sensores Acústicos.** 2012. 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SAATY, T.L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. In: **European Journal of Operational Research**. North-Holland: v. 48, n. 1, p. 9–26, 1991.

SAATY, T.L., **Decision Making for Leaders** , Pittsburg, USA: R WS Publications, 2000.

SAATY, T.L., VARGAS, L.G. **The Legitimacy of Rank Reversal**. Omega v. 12 n° 5, 1984.

SHAFIQ, N., SILVIANITA, S. Prioritizing the pipeline maintenance approach using analytical hierarchical process. **International Review of Mechanical Engineering**. V. 4, n. 3. 2010.

SILVA, J. L. **Modelo de Cálculo do Custo de Escoamento de Óleo da Bacia de Campos – RJ, usando a Técnica de Custo Baseado na Atividade – ABC Costing**. 2005. 118 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005.

SILVA NETO, A. R. et al. Priorização da Manutenção Preventiva em Sistemas de Telecomunicações de Plataformas de Produção de Petróleo utilizando o método AHP. In: CONGRESSO LUSO-MOÇAMBICANO DE ENGENHARIA, 7., 2014, Inhambane, Moçambique. **Proceedings CLME 2014**. Porto, Portugal: Lusoimpress, 2014. p. 451 - 453.

SILVA NETO, A. R. et al. Seleção de critérios para priorização da manutenção preventiva de telecomunicações em plataformas de petróleo. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharia**, [s. L.], v. 5, n. 12, p.33-45, ago. 2015. Disponível em: <http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/article/view/657>. Acesso em: 20 set. 2015.

SOUZA, R. D. **Análise da gestão da manutenção focando a manutenção centrada na confiabilidade: estudo de caso da MRS logística**. UFJF. Juiz de Fora. MG, 2008.

TAN, Z. et al. An evaluation of maintenace strategy using risk based inspection. **Safety Science**, v.9, n. 6. 2011.

THOMAS, J. E. et al. **Fundamentos da Engenharia do Petróleo**. Ed. Interciência Petrobrás, RJ 2001.

THOMAZ, H. J. R. **Seleção de empregados em indústria de petróleo: uma análise pelo método AHP**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais, Rio de Janeiro, 2006.

VELEZ, P. Industry standards result in improved offshore safety. **World Oil.**, Vol. 224 Issue 4, p48. 2003.

WANG H. A survey of maintenance policies of deteriorating systems. **European Journal of Operation Research**. Vol 139.Pag.469 a 489, 2002.

WEI, C., LIOU, T., LEE, K. An ERP performance measurement framework using a fuzzy integral approach. **Journal of Manufacturing Technology Management** v. 19, n. 5.2008.

WILSON, F.R.; PAN, W.; SCHUMSKY, D.A. Recalculation of the Critical Values for Lawshe's Content Validity Ratio. **Measurement and Evaluation in Counseling and Development** .Pag.197 a 210. 2012.

XENOS, H. G. P. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. INDG Tecnologia e Serviços – Nova Lima – MG, 2004.

YU. L. C., TIAN, J. X., XIE, D. L. Hazard resources and their weightings in risk assessment system of the steel gas pipeline corrosion. **Journal of Northeastern University**. v. 30. 2009.

APÊNDICE I – Formulário Pesquisa Exploratória



Questionário sobre priorização da manutenção preventiva em sistemas de telecomunicações de plataformas offshore de produção de petróleo

Objetivo: Identificar critérios e graduar a importância, visando estabelecer prioridades na manutenção preventiva.

Público alvo: Corpo Técnico especializado em Telecomunicações

1) Na sua opinião, quais os serviços de Telecom mais importantes em uma Plataforma ? (cite pelo menos 5 por ordem de importância)

R:

2) Pensando-se agora em **Sistemas** de Telecom quais os mais importantes em uma Plataforma ? (cite pelo menos 5, por ordem de importância)

R:

3) Observando-se os **Equipamentos** de Telecom, quais os mais importantes em uma Plataforma ? (cite pelo menos 5, por ordem de importância)

R:

4) Quais **critérios** que você utilizaria para priorizar a manutenção preventiva nas unidades da BC ? (cite pelo menos 5, por ordem de importância)

R:

Obrigado pela sua contribuição !!!

APÊNDICE II – Questionário para validação dos critérios



Quais os critérios que melhor influenciariam na priorização do envio de uma Equipe de Manutenção Preventiva a uma Plataforma na Bacia de Campos ?

Em cada Linha, assinale um “X” na coluna correspondente ao grau de importância. Observe que a última coluna expressa não possuir opinião sobre a importância.

Item	Não importante	Importante, mas não essencial	Essencial	Não sei, Prefiro não opinar
Ausência de Link de Contingência				
CFTV				
Custos				
CXs de Passg, Conexão, Distribuição				
Dificuldades Logísticas (vôo, vaga, etc)				
Enlace rádio				
Equipamentos GMDSS				
Facilidade de manutenção				
Facilidade de Operação				
Histórico de falhas/Disponibilidade				
Impacto ao Negócio da Empresa				
Importância Estratégica				
Internet Cultural				
Lazer				
Link Satélite com Antena Estabilizada				
Proteção elétrica				
Quantidade de clientes a bordo				
Rádio Farol				
Radio operacional				
Repetidor Ativo				
Rede SDH-NG / Backbone óptico				
Segurança				
Serviço de dados - Rede Integrada Corp.				
Serviço de voz - Rede de Ramais internos				
Sistema Intercom				
Sistema de Energia				
Sistema de Telessupervisão				
Sistema Trunking				
Substituir Equipamentos por tempo de uso				
Suporte à Automação				
TVRO / CATV				
VHF aeronáutico				
Videocon				

Importante: este questionário refere-se apenas a um estudo acadêmico.

Obrigado pela sua colaboração !

APÊNDICE III – CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DAS PLATAFORMAS

PLAT	Barris/dia	PLAT	Barris/dia	PLAT	Barris/dia
PLAT1A	100.000	PLAT2A	12.000	PLAT3A	100.000
PLAT1B	50.000	PLAT2B	100.000	PLAT3B	50.000
PLAT1C	25.000	PLAT2C	50.000	PLAT3C	100.000
PLAT1D	40.000	PLAT2D	100.000	PLAT3D	50.000
PLAT1E	100.000	PLAT2E	100.000	PLAT3E	150.000
PLAT1F	100.000	PLAT2F	100.000	PLAT3F	50.000
PLAT1G	100.000	PLAT2G	150.000	PLAT3G	150.000
PLAT1H	180.000	PLAT2H	150.000	PLAT3H	150.000
PLAT1I	100.000	PLAT2I	150.000	PLAT3I	180.000
PLAT1J	100.000	PLAT2J	100.000	PLAT3J	180.000
PLAT1K	60.000	PLAT2K	180.000	PLAT3K	100.000
PLAT1L	10.000	PLAT2L	44.000	PLAT3L	180.000
PLAT1M	60.000	PLAT2M	40.000	PLAT3M	100.000
PLAT1N	100.000	PLAT2N	190.000	PLAT3N	48.000
PLAT1O	12.000	PLAT2O	80.000	PLAT3O	31.000
----	----	----	----	PLAT3P	200.000
----	----	----	----	PLAT3Q	10.000

Fonte: PETROBRÁS

APÊNDICE IV – HISTÓRICO DE FALHAS DO GRUPO 1

Critério	Segurança			Infraestrutura				
	VHF Aeronáutico	GMDSS	Inter-com	Enlace Rádio	Repetidor Ativo	Energia	Backbone Óptico	Antena Estabilizada
PLAT1A	0	0	0	0	0	0	0	0
PLAT1B	0	0	5	1	0	0	0	0
PLAT1C	0	0	0	2	0	0	0	0
PLAT1D	4	2	1	0	2	0	0	0
PLAT1E	2	0	15	6	0	0	0	0
PLAT1F	0	0	9	0	2	0	0	0
PLAT1G	0	0	3	4	1	0	0	0
PLAT1H	0	1	2	1	2	0	0	0
PLAT1I	2	1	1	2	0	0	0	0
PLAT1J	0	0	0	0	0	0	0	3
PLAT1K	2	4	9	0	0	1	0	0
PLAT1L	0	1	1	0	0	0	0	0
PLAT1M	1	0	1	1	3	0	0	0
PLAT1N	0	0	0	0	0	0	0	0
PLAT1O	0	0	0	0	0	0	0	0
Totais	11	9	47	17	10	1	0	3

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE V - HISTÓRICO DE FALHAS DO GRUPO 2

Critério	Segurança			Infraestrutura				
	VHF Aeronáutico	GMDSS	Inter-com	Enlace Rádio	Repetidor Ativo	Energia	Backbone Óptico	Antena Estabilizada
PLAT2A	1	0	13	0	0	0	0	0
PLAT2B	0	0	0	0	0	0	0	0
PLAT2C	0	0	5	1	0	0	0	0
PLAT2D	2	1	0	2	1	0	0	0
PLAT2E	0	2	0	0	0	0	0	0
PLAT2F	1	1	5	0	0	0	0	0
PLAT2G	0	0	5	0	0	0	0	0
PLAT2H	3	0	13	10	0	0	0	0
PLAT2I	0	0	63	1	0	0	0	0
PLAT2J	0	2	1	1	0	0	0	0
PLAT2K	0	0	0	1	0	0	0	0
PLAT2L	2	1	3	0	0	0	0	2
PLAT2M	0	3	14	0	0	0	0	0
PLAT2N	0	0	2	2	0	0	0	0
PLAT2O	0	1	4	0	1	0	0	0
Totais	9	11	128	18	2	0	0	2

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE VI - HISTÓRICO DE FALHAS DO GRUPO 3

Critério	Segurança			Infraestrutura				
	VHF Aeronáutico	GMDSS	Inter-com	Enlace Rádio	Repetidor Ativo	Energia	Backbone Óptico	Antena Estabilizada
PLAT3A	0	0	0	1	0	0	0	0
PLAT3B	0	0	0	1	0	0	0	0
PLAT3C	0	1	4	1	0	0	0	0
PLAT3D	1	1	31	5	0	0	0	0
PLAT3E	0	6	10	1	0	2	0	0
PLAT3F	0	0	19	0	0	0	0	0
PLAT3G	0	1	2	8	3	0	0	0
PLAT3H	3	5	38	2	0	0	0	0
PLAT3I	0	2	4	0	0	0	0	0
PLAT3J	1	1	4	2	0	0	0	2
PLAT3K	1	0	6	0	0	0	0	0
PLAT3L	1	0	2	0	0	0	0	1
PLAT3M	2	0	1	0	0	0	0	0
PLAT3N	2	0	5	0	3	1	0	0
PLAT3O	1	1	4	0	0	0	0	0
PLAT3P	4	0	10	0	1	1	0	0
PLAT3Q	1	0	14	0	0	0	0	0
Totais	17	18	154	21	7	4	0	3

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE VII – ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA PARA O CRITÉRIO HISTÓRICO DE FALHAS DE SEGURANÇA (Hfseg)

Matriz de pesos do critério Hfseg (Ordem = 3)

Hfseg	VHF Aer.	GMDSS	INTERCOM
VHF Aer.	1	2	1/4
GMDSS	1/2	1	1/5
INTERCOM	4	5	1

Passo 1 - Quadro Auxiliar 1

Hfseg	VHF Aer.	GMDSS	INTERCOM
VHF Aer.	1	2	1/4
GMDSS	1/2	1	1/5
INTERCOM	4	5	1
SOMA	5,50	8,00	1,45

Passo 2 - Quadro Auxiliar 2

Hfseg	VHF Aer.	GMDSS	INTERCOM
VHF Aer.	(1/2)/5,50	2/8,00	(1/4)/1,45
GMDSS	0,50/5,50	1/8,00	(1/5)/1,45
INTERCOM	4/5,50	5/8,00	1/1,45

Passo 3 - Quadro Normalizado

Hfseg	VHF Aer.	GMDSS	INTERCOM
VHF Aer.	0,18	0,25	0,17
GMDSS	0,09	0,13	0,14
INTERCOM	0,73	0,63	0,69

Passo 4 - Cálculo da Priori. Média Local

Hfseg	VHF Aer.	GMDSS	INTERCOM
VHF Aer.	(0,18 + 0,25 + 0,17)/3		
GMDSS	(0,09 + 0,13 + 0,14)/3		
INTERCOM	(0,73 + 0,63 + 0,69)/3		

Hfseg	PML _{Hfseg}
VHF Aer.	(0,60) / 3 = 0,20
GMDSS	(0,35) / 3 = 0,12
INTERCOM	(2,04) / 3 = 0,68

Vetor PML_{Hfseg} = (VHF Aer.; GMDSS; INTERCOM)

Vetor PML_{Hfseg} = (0,20; 0,12; 0,68)

Passo 5 - Matriz Auxiliar A''

$$A'' = \begin{vmatrix} 1 \times 0,20 & 2 \times 0,12 & (1/4) \times 0,68 \\ (1/2) \times 0,20 & 1 \times 0,12 & (1/5) \times 0,68 \\ 4 \times 0,20 & 5 \times 0,12 & 1 \times 0,68 \end{vmatrix}$$

$$A'' = \begin{vmatrix} 0,20 & 0,24 & 0,17 \\ 0,10 & 0,12 & 0,14 \\ 0,81 & 0,59 & 0,68 \end{vmatrix}$$

Passo 6 - Vetor auxiliar P''

$$\begin{vmatrix} 0,20 + 0,24 + 0,17 = 0,61 \\ 0,10 + 0,12 + 0,14 = 0,35 \\ 0,81 + 0,59 + 0,68 = 2,08 \end{vmatrix}$$

$$P'' = (0,61; 0,35, 2,08)$$

Passo 7- Vetor auxiliar P_{aux}

$$P_{aux} = (0,61/0,20; 0,35/0,12; 2,08/0,68)$$

$$P_{aux} = (3,02; 3,01; 3,05)$$

Passo 8 - Autovalor

$$\lambda_{max} = 3,02 + 3,01 + 3,05 = 3,02$$

Passo 9 - Índice de consistência

$$IC = |3,02 - 3| / (3 - 1) = 0,01$$

Passo 10 - Índice randômico para matriz de terceira ordem (SAATY, 1980)

$$IR = 0,58$$

Passo 11 - Razão de Consistência

$$RC = IC / IR = 0,01 / 0,58 = 0,021$$

APÊNDICE VIII – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS GESTORES



1) VOCÊ JÁ TINHA OUVIDO FALAR EM AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO?

R:

2) QUAL O SEU NÍVEL DE SATISFAÇÃO PARA COM OS CRITÉRIOS UTILIZADOS?

- (5) Muito satisfeito
- (4) Satisfeito
- (3) Indiferente
- (2) Insatisfeito
- (1) Muito Insatisfeito

3) QUAL O SEU NÍVEL DE SATISFAÇÃO PARA COM A DECISÃO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO?

- (5) Muito satisfeito
- (4) Satisfeito
- (3) Indiferente
- (2) Insatisfeito
- (1) Muito Insatisfeito

4) QUAL O SEU NÍVEL DE SATISFAÇÃO PARA COM A APLICAÇÃO NA MANUTENÇÃO PREVENTIVA?

- (5) Muito satisfeito
- (4) Satisfeito
- (3) Indiferente
- (2) Insatisfeito
- (1) Muito Insatisfeito

5) VOCÊ VÊ APLICABILIDADE DO MÉTODO EM OUTROS PROCESSOS DE TRABALHO?

R:

6) QUAIS ?

R:

ANEXO I – VALORES DE CVR_{CRÍTICO} PARA ATÉ 30 ESPECIALISTAS

Número de especialistas	Teste de significância unicaudal					
	10%	5%	2,5%	1%	0,5%	0,1%
	Teste de significância bicaudal					
	20%	10%	5%	2%	1%	0,2%
5	0,573	0,736	0,877	0,990	0,990	0,990
6	0,523	0,672	0,800	0,950	0,990	0,990
7	0,484	0,622	0,741	0,879	0,974	0,990
8	0,453	0,582	0,693	0,822	0,911	0,990
9	0,427	0,548	0,653	0,775	0,859	0,990
10	0,405	0,520	0,620	0,736	0,815	0,977
11	0,386	0,496	0,591	0,701	0,777	0,932
12	0,370	0,475	0,566	0,672	0,744	0,892
13	0,355	0,456	0,544	0,645	0,714	0,857
14	0,343	0,440	0,524	0,622	0,688	0,826
15	0,331	0,425	0,506	0,601	0,665	0,798
16	0,320	0,411	0,490	0,582	0,644	0,773
17	0,311	0,399	0,475	0,564	0,625	0,749
18	0,302	0,388	0,462	0,548	0,607	0,728
19	0,294	0,377	0,450	0,534	0,591	0,709
20	0,287	0,368	0,438	0,520	0,576	0,691
21	0,280	0,359	0,428	0,508	0,562	0,674
22	0,273	0,351	0,418	0,496	0,549	0,659
23	0,267	0,343	0,409	0,485	0,537	0,644
24	0,262	0,336	0,400	0,475	0,526	0,631
25	0,256	0,329	0,392	0,465	0,515	0,618
26	0,251	0,323	0,384	0,456	0,505	0,606
27	0,247	0,317	0,377	0,448	0,496	0,595
28	0,242	0,311	0,370	0,440	0,487	0,584
29	0,238	0,305	0,364	0,432	0,478	0,574
30	0,234	0,300	0,358	0,425	0,470	0,564

Fonte: Wilson (2012)