

## DEFINIÇÃO DE PLANOS DE MANUTENÇÃO PARA UNIDADES GERADORAS CENTRADOS NA CONFIABILIDADE

Renan FdS<sup>1</sup>, Arthur HdAM<sup>1</sup>, Miguel AdCM<sup>1</sup>, Gilberto FGdS<sup>1</sup>, Silvio IN<sup>2</sup> e Fernando HH<sup>3</sup>

### RESUMO

A manutenção é um dos principais processos que impactam os resultados operacionais dos negócios. Nas indústrias de infraestrutura, a exemplo do setor elétrico, o uso intensivo dos ativos físicos implica em uma dependência ainda maior do gerenciamento efetivo da manutenção. Evitar a ocorrência de falhas de equipamentos e, conseqüentemente, dos efeitos associados às vidas humanas, ao meio ambiente e ao negócio são desafios para o planejamento das atividades de manutenção. Neste contexto, este artigo propõe um método para definição dos planos de manutenção baseando na Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). O método proposto engloba cinco etapas: Análise de Modo e Efeitos de Falha (FMEA); Categorização da Consequência de Falha (CCF); Avaliação da Aplicabilidade e Efetividades (AAE); Seleção de atividades para plano de manutenção; e Definição da periodicidade de manutenção. A estrutura foi validada com a aplicação em um estudo de caso de uma usina hidrelétrica. A aplicação priorizou os equipamentos e sistemas de maior criticidade da planta devido a extensão de sua estrutura hierárquica. As etapas CCF e AAE auxiliaram na definição do tipo de manutenção mais recomendável para cada modo de falha, ponderando custo-benefício, aplicabilidade técnica e efetividade. Por fim, as periodicidades foram discutidas considerando os contextos operacionais das unidades geradoras.

### 1. INTRODUÇÃO

A manutenção é um departamento de destaque para o alcance dos objetivos organizacionais das companhias. Nas indústrias, o departamento representa uma grande porcentagem dos custos operacionais e enfrentam desafios para aprimorar seus processos a fim de obter uma maior disponibilidade dos equipamentos. Ademais, evidências mostram que uma manutenção deficiente pode resultar em falhas nos processos, que colocam as pessoas em risco, geram perda de receita e inviabilizam as operações [1].

A Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) avalia a situação da manutenção no contexto brasileiro por meio de uma pesquisa bianual com representantes de cada setor. No Documento Nacional de 2017 apresenta os números globais da manutenção em território nacional. A relação média do custo total de manutenção por faturamento bruto corresponde a cerca 4% nas empresas pesquisadas. A indisponibilidade operacional média das empresas pesquisadas atingiu 13% (8% devido a manutenção e 5% por outros motivos). Por fim, a aplicação de recursos nas atividades de manutenção corretiva representou cerca de 38% das horas totais [2].

Além disso, há uma baixa aderência a ferramentas e filosofias que apoiam a melhoria de resultado da manutenção; apenas cerca de 20% dos participantes afirmaram aplicar conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), programa 5S, Análise de Modo e Efeitos de Falha (FMEA) ou análise de causa raiz; a Manutenção Produtiva Total (TPM) e 6 sigma são aplicadas a cerca de apenas 10% das companhias [3]. Esses indicadores do Documento Nacional da ABRAMAN corroboram com a necessidade do departamento de manutenção nas empresas brasileiras se modernizarem para ter melhores resultados.

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é propor e aplicar um método para a definição dos planos de manutenção baseado nos conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). A identificação antecipada dos modos de falhas de equipamentos e sistemas possibilita às empresas planejar a manutenção de modo a prevenir ou mitigar seus efeitos decorrentes e a metodologia MCC produz um

1 Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes, 2231, São Paulo, SP, 05508-030, Brasil.

2 Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Luciano Gualberto, Travessa 3, 158, São Paulo, SP, 05508-010, Brasil.

3 EDP Brasil, R. Gomes de Carvalho, 1996, Vila Olímpia, São Paulo - SP, 04547-006, Brasil.

E-mails: renanfavarao@usp.br, melani@usp.br, michalski@usp.br, gfmsoouza@usp.br, nabeta@pea.usp.br e fernando.hamaji@edpbr.com.br

conjunto de atividades aplicáveis e efetivas, que são apropriadas para prevenir ou reduzir as consequências de falhas funcionais [4].

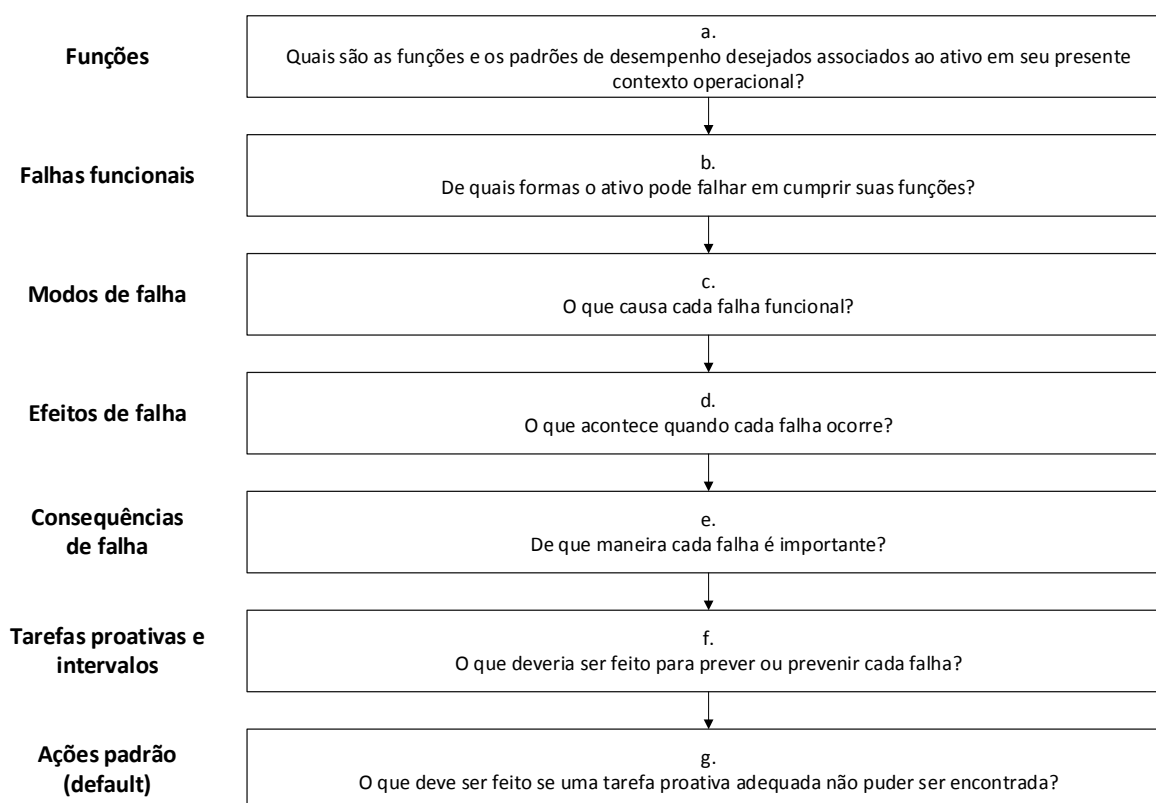
Para explorar de maneira mais eficaz o tema, o trabalho está estruturado em cinco seções. Nesta primeira seção, a introdução da temática e objetivo do trabalho foram expostos. As seções seguintes são destinadas a revisão da MCC no referencial teórico, apresentação do método proposto, aplicação e discussão de resultados e, por fim, a conclusão, seguida das referências.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) foi inicialmente desenvolvida pela indústria de aviação comercial a fim de melhorar a segurança e confiabilidade dos equipamentos, sendo pela primeira vez documentada por F. S. Nowlan e H. F. Heap e publicada pelo Departamento de Defesa Americano em 1978. Desde então, a metodologia tem sido usada para ajudar a formular estratégias de gerenciamento de ativos físicos em quase todas as áreas [5]. A norma SAE JA1011, por exemplo, é uma resposta a demanda crescente de padronização internacional com um conjunto de requisitos que uma aplicação precisa ter para ser reconhecida como MCC.

Segundo a definição da norma SAE JA1011 [5], a MCC é um processo específico usado para identificar políticas que devem ser implementadas para gerenciar os modos de falhas que podem causar a falha funcional de um ativo físico dentro de um contexto operacional. Em outras palavras, a MCC é um método estruturado para selecionar as atividades de manutenção para qualquer processo produtivo [4].

Qualquer processo de MCC devem garantir que sejam respondidas sete perguntas de forma satisfatória [5] e na sequência em que estão apresentadas na Fig. 1.



**Fig. 1 – Questões fundamentais a serem respondidas pelo MCC**

Segundo Siqueira [4], para responder cada questão, a MCC utiliza muitos métodos e ferramentas de um conjunto aberto de soluções, algumas tradicionais, outras mais recentes e modernas, seguindo uma sequência estruturada e bem documentada, possível de ser auditada. O próprio autor estrutura uma metodologia em sete etapas: Seleção do sistema e coleta de informações, Análise de modos de falha e

efeitos, Seleção de funções significantes, Seleção de atividades aplicáveis, Avaliação da efetividade das atividades, Seleção das atividades aplicáveis e efetivas e Definição da periodicidade das atividades.

A norma SAE J1011 [5] requisita que desenvolva uma sequência de conceitos para viabilizar a aplicação da MCC na medida que responde as sete perguntas anteriores. Esses conceitos foram ordenados e definidos conforme SAE J1011 na Tab. 1.

**Tab. 1** – Sequência de conceitos para aplicação da MCC

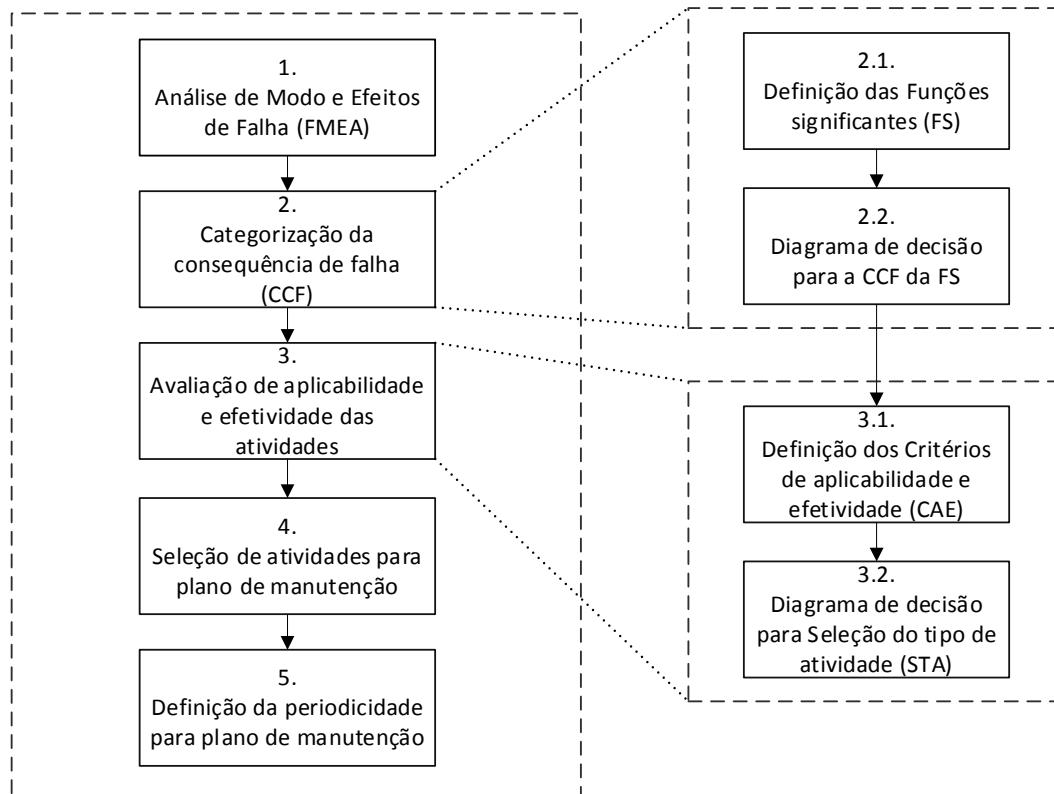
No.	Conceito	Definição
1	Função	O que o proprietário ou usuário de um ativo ou sistema físico deseja que ele faça
2	Falha funcional	Um estado em que um ativo ou sistema físico é incapaz de executar uma função específica para um nível de desempenho desejado
3	Modo de falha	Um único evento, que causa uma falha funcional
4	Efeitos de falha	O que acontece quando ocorre um modo de falha
5	Categoria da consequência de falha	Classificação, em categorias, das maneiras pela qual os efeitos de um modo de falha ou falha múltipla são importantes (evidência de falha, impacto na segurança, meio ambiente, capacidade operacional, custos diretos e indiretos de reparo).
6	Política de gerenciamento de falhas	Diretriz para a atividades manutenção. Entre exemplos, tem-se tarefas baseadas na condição, restaurações planejadas no tempo, substituições planejadas, entre outras.

### 3. O MÉTODO PROPOSTO

Este artigo propõe um método para a determinação dos planos de manutenção baseado nos conceitos da MCC. O desenvolvimento baseou-se nos conceitos e perguntas da norma SAE JA1011 e nas diretrizes complementares da SAE JA1012 [6]. A estrutura proposta é composta por cinco etapas:

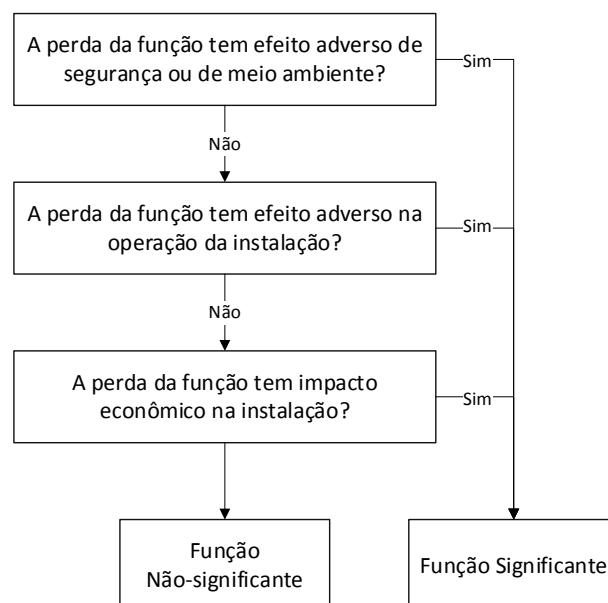
1. Análise de Modo e Efeitos de Falha (FMEA);
2. Categorização da Consequência de Falha (CCF);
3. Avaliação de aplicabilidade e efetividade das atividades;
4. Seleção de atividades para plano de manutenção;
5. Definição da periodicidade para plano de manutenção.

Esse método foi representado na Fig. 2, detalhando as divisões das etapas 2 e 3 em duas subetapas cada. O método inicia-se com a identificação dos modos de falhas a serem prevenidos por meio de ações de manutenção para os equipamentos e sistemas em análise. Pela estrutura proposta, utiliza-se da FMEA para desenvolver essa etapa 1. Recomenda-se seguir orientações de normas técnicas específicas para esse processo tal como a SAE J1739. A escolha dos equipamentos e sistemas para iniciar a revisão dos planos de manutenção pode ser feita por meio de uma caracterização da criticidade desses por meio de uma análise de criticidade, conforme conduzido em [7].

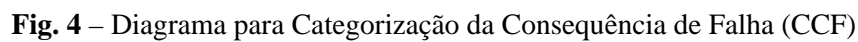


**Fig. 2** – Método proposto para definição dos planos de manutenção

Dependendo da instalação, uma falha pode gerar desde consequências insignificantes ou desprezíveis, ou até mesmo afetar sistemas vitais para o empreendimento, a sociedade ou a segurança dos seres humanos [4]. Desta forma, na sequência, avança-se para a Categorização da consequência de falha, que se estrutura em duas partes: Definição das Funções Significantes (FS) e Categorização das Consequências de Falhas (CCF). Essas subetapas utilizaram diagramas adaptados de [4,6], respectivamente, conforme Fig. 3 e Fig. 4.



**Fig. 3** – Diagrama de definição de funções significantes



O diagrama de fluxo classifica as consequências de segurança e ambiental (ESA, EO, ENO, ONO, OO, OSA) com base em critérios de viabilidade técnica e programação de tarefas. O processo começa com a verificação da viabilidade técnica e aplicabilidade de uma tarefa programada sob condição. Se não for viável, verifica-se se uma tarefa de restauração ou descarte é tecnicamente viável e aplicável. Se não for, verifica-se se uma combinação de tarefa é tecnicamente viável e aplicável. Se nenhuma das opções for viável, o projeto é considerado indesejável ou, no caso da OSA, compulsório. Se alguma tarefa for viável, verifica-se se é uma atividade programada sob condição (On-condition task). Se não for, verifica-se se é uma atividade programada de descarte ou restauração. Se não for, verifica-se se é uma atividade programada de detecção de falha (Finding failure). Se nenhuma das opções for viável, o projeto é considerado indesejável ou, no caso da OSA, compulsório. Se alguma tarefa for viável, o projeto é considerado desejável.

```

graph TD
    subgraph Coluna1 [Consequências evidentes de segurança e ambiental (ESA)]
        Q1[Uma tarefa programada sob condição é tecnicamente viável, aplicável e efetiva?]
        Q2[Uma tarefa programada de restauração ou de descarte é tecnicamente viável, aplicável e efetiva?]
        Q3[Uma combinação de tarefa é tecnicamente viável, aplicável e efetiva?]
        R1[Sem atividade de manutenção programada ou Reprojeto pode ser desejável]
    end

    subgraph Coluna2 [Consequências evidentes operacionais (EO)]
        Q1
        Q2
        R2[Sem atividade de manutenção programada ou Reprojeto pode ser desejável]
    end

    subgraph Coluna3 [Consequências evidentes não operacionais (ENO)]
        Q1
        Q2
        R3[Sem atividade de manutenção programada ou Reprojeto pode ser desejável]
    end

    subgraph Coluna4 [Consequências ocultas não operacionais (ONO)]
        Q1
        Q2
        Q4[Uma tarefa programada que detecte a falha é tecnicamente viável, aplicável e efetiva?]
        R4[Sem atividade de manutenção programada ou Reprojeto pode ser desejável]
    end

    subgraph Coluna5 [Consequências ocultas operacionais (OO)]
        Q1
        Q2
        Q4
        R5[Atividade programada de detecção Finding failure]
    end

    subgraph Coluna6 [Consequências ocultas de segurança e ambiental (OSA)]
        Q1
        Q2
        Q4
        R6[Reprojeto compulsório]
    end

    Q1 -- Não --> Q2
    Q1 -- Sim --> R1
    Q2 -- Não --> Q3
    Q2 -- Sim --> R2
    Q3 -- Não --> R1
    Q3 -- Sim --> R3
    Q4 -- Não --> R4
    Q4 -- Sim --> R5
    R5 -- Não --> R6
    R5 -- Sim --> R5

```

**Fig. 5** – Diagrama para Seleção do tipo de atividade (STA) de manutenção

Na etapa 4, Seleção de atividade para plano de manutenção, a equipe de definição dos planos de manutenção determina as atividades específicas para os modos de falhas dos equipamentos e sistemas em análise embasadas nas orientações do tipo de atividade mais adequado para aquela CCF. Dessa forma, é necessária uma avaliação de conhecimento técnico para sugerir a atividade manutenção que atenda o tipo de atividade sugerido. A etapa final de seleção das atividades de manutenção para um determinado modo de falha obedece a um processo estruturado que leva em conta não só a aplicabilidade e efetividade de cada tarefa possível, como também um conjunto de regras lógicas de priorização das opções disponíveis [4].

Por fim, a etapa 5, Definição da periodicidade para o plano de manutenção, encerra o processo de definição de planos de manutenção. A norma SAE JA1011 requisita que a matemática e estatística envolvida no processo deva ser robusta e aprovada pelos responsáveis pelo ativo físico, uma vez que a definição da periodicidade de manutenção é de suma importância para os planos de manutenção [5]. No entanto, para tal, é fundamental que esteja disponível um histórico de falhas por meio de registros dos equipamentos e sistemas em análise. Quando isso não é possível, pode-se definir a periodicidade por meios alternativos, tal como consensos e entrevistas com especialistas. Essa pode ser uma medida provisória nas organizações até que os dados sejam suficientes para análises estatísticas e levantamento de curvas de distribuição de falhas.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste artigo, a estrutura proposta foi aplicada a uma usina hidrelétrica de aproximadamente 200 MW de capacidade de geração composta por 4 unidades geradoras com turbinas Kaplan. Usinas hidrelétricas são de grande importância no Brasil, uma vez que mais de 65% de sua eletricidade é gerada por esse tipo de fonte de energia [8]. A planta analisada neste trabalho está passando por estudos e sugestões para melhorias no gerenciamento de ativos estão sendo propostas. Seu gerenciamento de manutenção é centralizado e atende toda as unidades de geração e a subestação.

A aplicação utilizou uma análise de criticidade previamente realizada para identificar os equipamentos e sistemas mais críticos para a manutenção [7]. Dado que os recursos são limitados, orienta-se revisar ou elaborar os planos de manutenção a partir dos equipamentos e sistemas mais críticos ao contexto operacional. Nessa aplicação não foi diferente, sendo selecionado um subsistema que apresentou alta criticidade. Para o estudo de caso foram considerados os estatores das unidades geradoras, conforme Tab. 2 e Tab. 3.

Observa-se que a Tab. 2 apresenta os conceitos da MCC desenvolvidos para o estator, ou seja, funções primárias e secundárias, falhas funcionais, modos de falha e efeitos das falhas. Essas quatro colunas da tabela equivalem a primeira etapa proposta no método e foram alimentadas a partir de informações de FMEAs da companhia. Na sequência, a etapa 2 propõe avaliar se as funções são significantes (FS) e qual a categoria da consequência da falha. Isso pode ser observado pelas duas colunas sequenciais ao efeito de falha. As categorias de consequências criadas, baseadas na SAE JA1011 foram: consequências Evidentes de Segurança ou Ambiental (ESA), Evidentes Operacionais (EO), Evidentes Não Operacionais (ENO), Ocultas Não Operacionais (ONO), Ocultas Operacionais (OO) e Ocultas de Segurança ou Ambiental (OSA).

Ainda pela Tab. 2, é possível verificar a decisão sobre o tipo de atividade de manutenção mais pertinente, conforme proposto na etapa (3). O resultado dessa etapa, para cada modo de falha, é possível ser visto na coluna subsequente à de CCF. As opções de políticas de manutenção se basearam na SAE JA1011 e dividiram-se em dois grupos: atividades programáveis e não programáveis [3].

No primeiro grupo, englobou-se as atividades de manutenção Baseada em condição (APSC) (*On-condition task*), Descarte/Substituição programado (APDc) (*Scheduled discard*); Restauração programada (APR) (*Scheduled restoration*), Detecção programada (APDt) (*Finding failure*). Já as não programáveis, encontram-se as atividades de Reprojetado (RE) (*One-time changes*) e a opção de Operação sem manutenção (SAMP) (*run-to-failure*).

Os resultados das etapas 4 e 5 do método proposto estão expostos na Tab. 3. Observa-se que as atividades propostas para a manutenção visam tratar cada um dos modos de falhas identificados e avaliados. Ou seja, conforme a teoria da MCC reforça, as atividades de manutenção não objetivam preservar os equipamentos e sistemas em si, mas sim suas funções.



**Tab. 2** – Etapas (1), (2) e (3) do método para definição de planos de manutenção

Equip./sistema	Funções	Falha funcional	Modo de falha	Efeitos de falha	FS	CCF	STA
Estator	[1] Induzir tensão no enrolamento e gerar energia elétrica para o sistema	Não induzir tensão e não gerar energia	Curto circuito nos terminais	Não há geração de tensão e produção de potência	SIM	OO	APDt
			Circuito aberto no enrolamento	Não há geração de tensão e produção de potência		OO	APDt
		Induzir tensão insuficiente ou desequilibrada entre fases	Curto circuito entre espiras	Tensão gerada desequilibrada - Aquecimento excessivo da bobina		OO	APDt
			Curto circuito entre fases	Tensão gerada desequilibrada - Aquecimento excessivo do enrolamento		OO	APSC
		Geração de energia inferior à nominal	Fluxo magnético insuficiente no estator	Redução da tensão induzida e da potência produzida		OO	APSC
	[2] Confinar o fluxo magnético criado pelo rotor	Confinamento inadequado do fluxo	Afrouxamento do núcleo magnético	Ruído magnético, abrasão da isolamento das lâminas do núcleo, aumento das perdas no núcleo	SIM	OO	APDt
	[2] Travar e reter as bobinas no interior do núcleo magnético	Retenção inadequada das bobinas em suas ranhuras	Soltura e movimentação das bobinas	Abrasão do isolamento com potencial curto circuito à terra	SIM	OO	APDt
	[2] Monitorar e mapear as temperaturas do enrolamento	Monitoramento inexistente ou inadequado	Curto circuito ou abertura do circuito na fiação dos sensores	Indicação ausente ou errônea das temperaturas do enrolamento	SIM	OO	APSC
	[2] Monitorar e mapear as temperaturas do núcleo	Monitoramento inexistente ou inadequado	Curto circuito ou abertura do circuito na fiação dos sensores	Indicação ausente ou errônea das temperaturas do núcleo	SIM	OO	APSC
	[2] Garantir o afastamento dos condutores entre si com a isolamento	Perda da rigidez dielétrica entre espiras ou fases	Curto circuito entre espiras ou entre fases	Tensão gerada desequilibrada e aquecimento do enrolamento	SIM	OO	APDt
		Perda da rigidez dielétrica contra a terra	Fuga à terra	Parada da unidade geradora	SIM	OO	APDt

**Tab. 3** – Etapas (4) e (5) do método para definição de planos de manutenção

Equip./sistema	Funções	Modo de falha	CCF	STA	Atividade de manutenção	Periodicidade
Estator	[1] Induzir tensão no enrolamento e gerar energia elétrica para o sistema	Curto circuito nos terminais	OO	APDt	Medição de resistência ôhmica dos enrolamentos	Plano de parada da máquina
		Circuito aberto no enrolamento	OO	APDt	Medição de resistência ôhmica dos enrolamentos	Plano de parada da máquina
		Curto circuito entre espiras	OO	APDt	Inspeccionar e testar a resistência de aquecimento	Plano de testes elétricos
		Curto circuito entre fases	OO	APSC	Monitorar tensão gerada e temperatura do enrolamento	Continua
		Fluxo magnético insuficiente no estator	OO	APSC	Monitorar tensão gerada e potência produzida	Continua
	[2] Confinar o fluxo magnético criado pelo rotor	Afrouxamento do núcleo magnético	OO	APDt	Monitorar temperatura do núcleo - Verificar ruídos anômalos	Continua
	[2] Travar e reter as bobinas no interior do núcleo magnético	Soltura e movimentação das bobinas	OO	APDt	Verificar travamento e solidez das cunhas	Plano de parada da máquina
	[2] Monitorar e mapear as temperaturas do enrolamento	Curto circuito ou abertura do circuito na fiação dos sensores	OO	APSC	Monitorar temperatura do enrolamento	Continua
	[2] Monitorar e mapear as temperaturas do núcleo	Curto circuito ou abertura do circuito na fiação dos sensores	OO	APSC	Monitorar temperatura do núcleos	Continua
	[2] Garantir o afastamento dos condutores entre si com a isolamento	Curto circuito entre espiras ou entre fases	OO	APDt	Medição da resistência ôhmica das bobinas	Plano de parada da máquina
		Fuga à terra	OO	APDt	Medição da resistência de isolamento à terra	Plano de parada da máquina

Cabe ressaltar que os dados disponíveis da unidade não eram suficientes para se definir a periodicidade por meio de análises estatísticas. Dessa forma, ao longo da proposição das atividades de manutenção, priorizou-se as atividades baseada na condição (APSC), de monitoramento contínuo. Nos demais casos em que essa técnica não era viável ou aplicável, optou-se por alinhar a periodicidade com o plano de parada da unidade geradora.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo a proposição e aplicação de um método para a definição dos planos de manutenção baseado na Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Para tal, a metodologia foi estruturada em cinco etapas, baseadas nas normas SAE JA1011 e SAE JA1012 [5,6].

A estrutura proposta possibilita o desenvolvimento de planos de manutenção, de forma sistemática, partindo-se de um estudo de modos de falhas dos equipamentos e sistemas. Como resultado, é possível evidenciar a correlação das ações propostas de manutenção com os modos de falha potenciais dos equipamentos e sistemas. Isso é fundamental para um comparativo do que há atualmente implantado em termos de rotinas de manutenção, o que essas atividades cobrem e o que precisa ser adicionado para prevenir ou mitigar os efeitos de determinados modos de falhas.

A aplicação do estudo de caso viabilizou a demonstração do método e apresentou resultados consistentes com a teoria da MCC. As atividades de manutenção propostas foram específicas para cada modo de falha identificado e variaram o tipo de política para cada caso, a fim de atender a critérios de aplicabilidade e efetividade. Por fim, espera-se que os resultados deste trabalho impulsionem o setor elétrico no Brasil na medida que difunda práticas para o fortalecimento do planejamento de manutenção.

## 6. REFERÊNCIAS:

- [1] IHMEGBULEM, I.; BAGLEE, D. ISO55000 Standard as a driver for effective maintenance budgeting. In: International Conference on Maintenance Engineering. Manchester (2017).
- [2] ABRAMAN. Documento Nacional 2017. Curitiba. In: Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos, 32. (2017).
- [3] ABRAMAN. Documento Nacional 2013. Salvador. In: Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos, 28. (2013).
- [4] SIQUEIRA, I. P. Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora (2014).
- [5] THE ENGINEERING SOCIETY FOR ADVANCED MOBILITY LAND SEA AIR AND SPACE (SAE INTERNATIONAL). SAE JA1011 – Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Surface Vehicle/Aerospace Standard (2009).
- [6] THE ENGINEERING SOCIETY FOR ADVANCED MOBILITY LAND SEA AIR AND SPACE (SAE INTERNATIONAL). SAE JA1012 – A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. Surface Vehicle/Aerospace Standard (2011).
- [7] SILVA, R. F.; MELANI, A. H. A.; MICHALSKI, M. A. C.; SOUZA, G. F. M.; NABETA, S. I. Defining maintenance significant items based on ISO 55000 and AHP: A hydropower plant case study. Proceedings of 29th European Safety and Reliability Conference, 3437-3445 (2019).
- [8] BRASIL. Balanço Energético Nacional 2018. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. (2018).