



GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH

MITIGAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FALHA TERRA NO ROTOR DAS UG'S DA USINA DE FURNAS

JOSELITO CALIXTO MOREIRA(*) ; LUIZ HENRIQUE ZAPAROLI(1)
FURNAS-CENTRAIS ELETRICAS S.A.(1)

RESUMO

O trabalho apresenta ações para reduzir as paradas de UG's na UHE de Furnas devido à ocorrência de falha para terra no rotor. Esta ocorrência é devida a duas causas principais: Baixa Isolação dos pólos e baixa Isolação da Barra DC de interligação do anel coletor aos pólos. Foi utilizado o tubo termocontrátil de polietileno (BPTM75/30 e 50/20) para tensão até 42 kV. Os esforços mecânicos provenientes do giro a 150 RPM e as vibrações provenientes do movimento do rotor, ocasionam a quebra do isolador e provocam a baixa isolação, com consequente atuação da proteção de falha terra no rotor.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção, Disponibilidade, Falta terra, Confiabilidade, Termo Contrátil.

1.0 INTRODUÇÃO

A indústria de geração e transmissão de energia elétrica exerce papel fundamental para o desenvolvimento da nação, envolvendo os aspectos econômico e social. Neste contexto a manutenção dos sistemas elétricos requer ser tratada com importância para manter a confiabilidade dos equipamentos e reduzir o impacto de sua indisponibilidade para o sistema. A manutenção exerce função primordial, minimizando o impacto das atividades corretivas e priorizando a escolha entre a manutenção preventiva e preditiva. Este trabalho apresenta ações utilizadas objetivando reduzir as paradas de UG's da Usina de Furnas devido à ocorrência de falha para terra no rotor. Analisou-se o histórico de frequência bem como de gravidade destas falhas. O levantamento do quantitativo de alarmes e intervenções identificaram duas causas principais: **Baixa Isolação dos pólos**, em sua grande maioria, decorrente do acúmulo de sujeira; e **baixa Isolação da Barra DC** de interligação do anel coletor aos pólos.

Para minimizar as ocorrências de baixa isolação por incidência de sujeira, foi proposta a substituição da atual forma de isolação por material termo contrátil isolante de média tensão. Foi especificado o modelo BPTM 75/30 e 50/20 que é um tubo termo contrátil de polietileno reticulado na cor vermelha que pode ser utilizado em barramentos de tensão até 42 kV. Os ensaios realizados de fixação e isolação na barra apresentaram resultados considerados satisfatórios. A espessura da camada após a contração foi de aproximadamente 2 mm, o que corresponderia a uma isolação de mais de 25 kV segundo Raychem (2012). Com a instalação do termo contrátil constata-se uma diminuição significativa do tempo de reparo, por ser material de fácil instalação e não demandar tempo de cura. No final da montagem foi realizado ensaio de isolação DC sendo o resultado obtido de fundo de escala para o modelo utilizado, ou seja $> 10 \text{ G}\Omega$ e atendendo aos padrões normatizados.

1.1 - Análise da ocorrência de falha terra no rotor

Para justificar a necessidade de modificação dos projetos visando a redução da ocorrência de um determinado tipo de falha deve-se analisar o histórico de frequência bem como de gravidade destas falhas. A frequência pode ser verificada através do número de ocorrências, enquanto que a gravidade pode ser vinculada ao tempo de indisponibilização da Unidade Geradora. Abaixo, apresentamos o levantamento dos alarmes e intervenções nas UG's da Usina de Furnas em um período de 10 anos (Ver tabela 1). Considerando todas as intervenções mostradas, temos um tempo total de indisponibilidade de UG's por falha terra no rotor conforme a Tabela 2.

TABELA 1: Alarmes e paradas das UG's da Usina de Furnas entre 2001 e 2011 de acordo com Furnas (2012) ^[3]

Unidade Geradora	Ano	Quantitativo de atuação do alarme de Falha Terra no rotor	Intervenções para Manutenção Corretiva
UG 02	2008	2	1
	2009	1	1
UG 03	2011	2	2
UG 04	2003	1	1
UG 05	2001	1	0
	2002	2	1
	2004	1	1
	2005	3	1
	2008	1	1
UG 07	2011	1	0
	2012	1	0
UG 08	2001	1	1
	2002	1	0
	2006	2	0
	2007	5	1
	2008	7	1
	2009	5	2
	2010	4	0
	2011	18	2
TOTAL	2001- 2010	59	16

TABELA 2: Tempo de indisponibilidade das UG's da Usina de Furnas entre 2001 e 2011 de acordo com Furnas (2012) ^[3]

Ano	Tempo de indisponibilidade
2001	53:36:00
2002	215:53:00
2003	458:21:00
2004	748:19:00
2005	359:03:00
2007	167:03:00
2008	343:34:00
2009	458:00:00
2011	368:00:00
Total	3171:49:00

Segundo ANEEL (2003) ^[1] na Resolução 688 de 24 de Dezembro de 2003 a taxa equivalente de indisponibilidade forçada apurada (TEIFa) pode ser calculada utilizando-se a seguinte equação:

$$TEIFa = \frac{HDF + HEDF}{HS + HDF + HRD + HDCE}$$

Sendo:

HDF = Horas de Desligamento Forçado;

HEDF = Horas Equivalentes de Desligamento Forçado - a unidade opera com potência nominal limitada, associada a uma condição forçada;

HS = Horas em Serviço - a unidade opera sincronizada ao sistema;

HRD = Horas de Reserva Desligada - a unidade não está em serviço por interesse sistêmico, apesar de disponível para operação; e

HDCE = Horas Desligadas por Condições Externas - unidade não está em serviço por condições externas às suas instalações.

Se aplicarmos a fórmula da TEIF considerando apenas as paradas para reparo de Falha para terra no rotor teremos o valor de indisponibilidade da Usina de Furnas apenas para este tipo de falha.

$$TEIFa - \text{Falha terra no rotor 2001-2011} = 3171,81/96384,00 = 0,0329$$

Desta forma concluímos que somente os reparos das ocorrências de falha terra no rotor corresponderam a uma perda de disponibilidade média 3,29 % na Usina de Furnas durante o período de 2001 a 2011. A indisponibilidade forçada máxima da Usina de Furnas junto a ANEEL para uma janela de 60 meses é de 2,53 % de acordo com a visualização ANEEL (2003) ^[3] na Resolução 688 de 24 de Dezembro de 2003. Para uma análise comparativa mais correta pode se recalculer o que definimos como TEIFa – Falha terra no rotor, restringindo o espaço amostral a 60 meses, como por exemplo de janeiro de 2007 a dezembro de 2011

$$TEIFa - \text{Falha terra no rotor 2007-2011} = 1336,51/43800 = 0,0305$$

Temos que para a janela de 60 meses de 01/2007 a 12/2011 A TEIfa somente relacionada a paradas para reparo de Falha terra no rotor corresponderam a 3,05%, índice maior que o estipulado para a Usina por resolução normativa da ANEEL. Assim sendo, fica evidente que as repetidas ocorrências de falha terra no rotor vêm influenciando negativamente no cumprimento da disponibilidade da USFU, o que pode acarretar perda de receita através da redução da energia assegurada da Usina. Por outro lado, não é possível calcularmos o ônus exato destas paradas com relação à arrecadação do MW/h gerado uma vez que não se sabe ao certo o despacho de carga durante os períodos de parada.

1.1.1 – Causas de falta terra no rotor da Usina de Furnas

Analisando as paradas de UG's descritas na Tabela 1, foram identificadas as causas principais:

➤ Baixa Isolação dos Pólos.

A Baixa Isolação dos Pólos ocorreu, em sua grande maioria, devido ao acúmulo de sujeira, sendo que não foi observado na análise curto entre espiras ou curto franco (impedância zero). O acúmulo de sujeira deve-se a impregnação de pó de escova proveniente do anel coletor da UG, e de vapor de óleo proveniente do mancal combinado do gerador (Ver Figura 1).

➤ Baixa Isolação da Barra DC de interligação do Anel Coletor aos pólos.

Na baixa isolação da Barra DC, observou-se a falha de isolação do parafuso de fixação da barra (Ver Figura 2).



FIGURA 1: Pólos com acúmulo de sujeira proveniente de pó de escova e óleo



FIGURA 2: Secção Barra DC de interligação do Anel coletor aos pólos

Nestes casos, como a sujeira encontra-se impregnada entre as camadas, a recuperação da isolação se torna ainda mais difícil, uma vez que, apenas a limpeza superficial não eleva o nível de isolação aos padrões desejados. A isolação antiga utilizando-se camadas de material isolante de mica, lã de vidro, resina epóxi-glass 1201, e endurecedor epoxi-glass 1601, apresentou ao longo do tempo deteriorização por ressecamento e desprendimento de camadas, com conseqüente penetração de sujeira e queda brusca dos níveis de isolação. A falha do isolador do parafuso de fixação deve-se à forma construtiva da fixação da barra com a fixação dos parafusos passando por dentro da parte energizada bem como a fragilidade dos isoladores de celoron utilizados.

1.2 – Mitigação das causas de falha terra no rotor

Neste contexto, temos associadas as causas e ações de mitigação propostas (Ver Tabela 3).

TABELA 3: Causa x Ação para mitigação das ocorrências de falha terra no rotor na Usina de Furnas

Causa	Solução Proposta	Ação
Sujeira impregnada nos pólos	Diminuição do quantitativo de pó de escova	4.1 - Retirada da excitatriz rotativa e instalação de excitatriz estática
	Diminuição da quantidade de vapor de óleo	4.2 - Instalação de exaustor para retirada de vapor de óleo no mancal do gerador
	Definição de produto de limpeza mais eficiente	4.3 - Pesquisa de produtos quanto a eficiência de limpeza e efeitos sobre a isolação elétrica
Sujeira impregnada na Barra DC	Diminuição do quantitativo de pó de escova	4.1 - Retirada da excitatriz rotativa e instalação de excitatriz estática
	Diminuição da quantidade de vapor de óleo	4.2 - Instalação de exaustor para retirada de vapor de óleo no mancal do gerador
	Mudança da Isolação da Barra	4.4 - Modificação da isolação da barra DC para termocontrátil
Falha do isolador do parafuso de fixação da DC	Mudança da fixação das barras	4.5 - Mudança do calço e das bases de fixação da barra DC

1.2.1 – Eficiência dos produtos de limpeza e efeitos sobre a isolação elétrica

Para remover a impregnação de sujeira nos pólos é necessário ter-se um procedimento de limpeza e recuperação adequados, pesquisando-se qual produto apresenta melhor eficiência tanto na limpeza em si quanto na melhoria das condições de isolação do pólo. A intenção é definir qual produto será utilizado na limpeza durante as revisões programadas, segundo Manual Técnico de Campo de Fornos e minimizar o tempo de reparo no caso de necessidade de recuperação da isolação de pólos durante manutenção corretiva. O teste realizado consiste em realizar a limpeza de um pólo e monitorar a capacidade de retirada dos resíduos impregnados bem como monitorar a condição da isolação do mesmo (Ver Figuras 3 e 4). Outro aspecto analisado foi a agressividade do produto ao manuseio humano, mesmo que tomadas todas as precauções de segurança determinadas nas normas vigentes. Importante ressaltar que o manuseio dos referidos produtos químicos atendeu aos quesitos de segurança bem como as instruções e recomendações descritas nas respectivas Fichas de Informação do Produto Químico (FISPQ).

Foram testados e analisados os seguintes produtos:

- 1 - Desengraxante Dielétrico Wurth
- 2 - Desengraxante Dielétrico Bomdmann
- 3 - Limpa Peças Bondmann
- 5 - Limpador Desengraxante Industrial Natural Blue Loctite
- 6 - Di cloro Fluoretano (HCFC)
- 7 - Acetona
- 8 - Eco Thiner



FIGURA 3: Sujeira impregnada nas bobinas polares.



FIGURA 4: Ensaio de limpeza dos pólos

Os ensaios foram realizados em vários pólos de diferentes UG's da Usina de Fornos no período de 2010 a 2012. Foram realizados mais de um ensaio por produto, em condições diferenciadas de impregnação de sujeira e isolação. Importante ressaltar que os resultados apresentados não podem ser utilizados de forma a mensurar a qualidade e eficiência dos produtos em âmbito geral, uma vez que a análise foi realizada apenas para uma situação específica.

1.2.2 – Resultados dos ensaios de limpeza dos pólos

A Tabela 4 mostra o resultado dos ensaios de limpeza dos pólos com os produtos descritos.

TABELA 4: Resultado dos ensaios de limpeza dos pólos

Produto	Capacidade de Limpeza	Isolação do Pólo	Agressividade ao manuseio	Observações
1 - Desengraxante Dielétrico Wurth	Ruim	Diminui	Alta	Aspecto Oleoso, Isolação Diminui Gradativamente
2 - Desengraxante Dielétrico Bomdman	Ruim	Aumenta	Média	Apresenta dificuldade para retirada dos resíduos
3 - Limpa Peças Bomdman	Média	Aumenta	Média	Apesar de aumentar a isolação não é fabricado com características dielétricas
5 – Limpador Desengraxante Industrial Natural Blue Loctite	Excelente	Diminui ou Aumenta	Média	Só aumenta a isolação em quantidades controladas, limiar de aumento ou diminuição brusca da isolação de difícil controle
6 – Di cloro Fluoretano (HCFC)	Boa	Aumenta	Alta	Altamente agressivo ao manuseio
7 – Acetona	Boa	Aumenta	Média	Restrições legais para compra
8- Eco Thiner	Boa	Aumenta	Baixa	Facilidade de compra, foi o que apresentou menor agressividade ao manuseio

Nas Tabelas 5 e 6, temos o detalhamento de resultados de dois ensaios realizados e que servem para justificar os comentários apresentados nos itens 1 e 5 da Tabela 4.

TABELA 5: Ensaio de limpeza de pólo com Desengraxante Dielétrico WURTH

TESTES DE RESULTADO EM COMPONENTES DE LIMPEZA EM POLOS		
Isolação Inicial 5,0 G Ω - Produto Aplicado Desengraxante Dielétrico Wurth		
Polo 02 - UG 07	25/01/2012 às 15:00h	7,5 G Ω na temperatura de 30° C
	26/01/2012 às 08:00h	6,0 G Ω na temperatura de 27° C
	27/01/2012 às 08:00h	320,0 M Ω na temperatura de 25,5° C
	27/01/2012 às 13:20h	16,0 M Ω na temperatura de 26° C
	27/01/2012 às 15:25h	10,5 M Ω na temperatura de 28° C

TABELA 6: Ensaio de limpeza de pólo com Natural Blue Loctite

TESTES DE RESULTADO EM COMPONENTES DE LIMPEZA EM POLOS				
POLOS E UG	VALOR ISOLAÇÃO INICIAL	PRODUTO APLICADO	VALOR APÓS APLICAÇÃO E LIMPEZA	OBSERVAÇÕES
POLO 32 – UG 01	> 5.000 M Ω	5 – Limpador Desengraxante Industrial Natural Blue Loctite	> 5.000 M Ω	Produto aplicado superficialmente com pano e escovado com bucha áspera, sem excesso.
POLO 32 – UG 01	> 5.000 M Ω	5 – Limpador Desengraxante Industrial Natural Blue Loctite	0 M Ω	Produto aplicado com pano e escovado com bucha áspera, em maior quantidade, caracterizando limpeza profunda.

A partir dos resultados obtidos, verifica-se que o produto mais adequado entre os utilizados na pesquisa é o Eco Thinner, por apresentar boa capacidade de limpeza e menor agressividade ao manuseio. Além disso, apresenta facilidade de aquisição, aumenta a isolação quando da limpeza e não precisa de controle da quantidade aplicada no que se refere a isolação. Conforme verificado, a aplicação do Natural Blue implica no risco de redução brusca da isolação. Nos casos onde a isolação dos pólos já se apresenta em zero ohms e o tempo para recuperação é significativo, recomenda-se efetuar a limpeza com o Natural Blue, seguida de secagem em estufa e posterior recuperação da isolação com Eco Thinner.

1.3 – Modificação da isolação da barra DC para Termocontrátil

Conforme mencionado, a forma construtiva da isolação da barra DC utilizando-se camadas de material isolante de mica, lã de vidro, resina epóxi-glass 1201, e endurecedor epoxi-glass 1601, permite a penetração de sujeira entre as

camadas de isolante, quando da deteriorização do material o que implica em queda brusca da isolação. Tal condição faz com que a recuperação desta isolação seja trabalhosa e demande alto valor de Homem Hora, para as repetidas ações de limpeza da barra. Em alguns casos mais graves faz se necessária a re-isolação de alguns trechos (Ver Figura 5). O processo de re-isolação é realizado aproximadamente num período de 8 horas.



FIGURA 5: Re-isolação da Barra DC

Com o objetivo de minimizar as ocorrências de baixa isolação por incidência de sujeira, foi proposta a substituição da atual forma de isolação por termocontrátil isolante de média tensão (Ver Figura 6). As características do termocontrátil utilizado, segundo Raychem (2012) ^[7]:

Fácil Instalação; Não libera gases tóxicos e corrosivos; utilização em ambientes agressivos, Baixo teor de halogêneos; Composição: * Polietileno Reticulado; Tensão: Isolação até 42 kV; Temperaturas de Operação: Regime Permanente 1050 C; Regime de Sobrecarga 1300 C; Regime de Curto Circuito 2500 C; Temperatura de estocagem: 600 C; Índice de Contração 2,5:1; Resistência a agentes químicos diversos, a abrasão, a radiação U.V. e a erosão; Alta Resistência ao trilhamento (tracking). Espessuras isolantes recomendadas nas diversas classes de tensão: 10 kV - 1,10 mm (min.); 15 kV - 1,40 mm (min.); 25 kV - 1,70 mm (min.); 35 kV - 2,40 mm (min.). Para esta aplicação foi especificado o modelo BPTM que é um tubo termocontrátil de polietileno reticulado na cor vermelha que pode ser utilizado em barramentos redondos ou chatos de alumínio ou cobre, de tensão até 42 kV, resistindo a intempéries e agentes químicos diversos (Ver Figura 6).

Guia de seleção				
Produto BPTM	Faixas de Diâmetro Equivalentes (mm)			
	10 kV	15 kV	25 kV	35 kV
30/12	13 - 24	13 - 21	13 - 16	(**)
50/20	22 - 40	22 - 35	22 - 31	(**)
75/30	33 - 60	33 - 51	33 - 45	(**)
100/40	44 - 80	44 - 68	44 - 55	(**)
120/50	55 - 96	55 - 95	55 - 85	(**)
175/70	77 - 140	77 - 140	77 - 118	(**)

FIGURA 6: Guia de Seleção do modelo BPTM RAYCHEM ^[6]

1.3.1 – Instalação do Termocontrátil

Os ensaios de instalação do termocontrátil foram considerados satisfatórios tanto no que se refere a fixação bem como a isolação. A espessura observada da camada após a contração foi de aproximadamente 2 mm, o que corresponderia a uma isolação de mais de 25 kV segundo Raychem (2012) ^[7]. A isolação com termocontrátil foi instalada em regime de teste na UG01 de Furnas. A intenção com esta modificação é minimizar a ocorrência de falha terra no rotor. Contudo, a instalação do termocontrátil diminui significativamente o tempo de reparo, por ser material de fácil instalação e não demandar tempo de cura. (Ver Figura 7).



FIGURA 7: Ensaio de instalação do termocontrátil

1.3.2 – Modificação do calço e bases da isolamento e montagem da barra DC

Para sanar a falha no isolador do parafuso de fixação, foi realizada a substituição do calço e das bases da referida barra. A fixação da barra pelo projeto original é realizada por parafusos que passam por orifício da barra e são fixados nos calços e celeron e bases soldadas a carcaça do rotor (ver Figuras 8 e 9). A isolamento destes parafusos para a barra DC é realizada apenas por isolador de celeron em forma cilíndrica. Com a UG em operação, os esforços mecânicos provenientes do giro da mesma (neste caso em 150 RPM) bem como das vibrações provenientes do movimento do rotor, acabam ocasionando a quebra do isolador e provocando a baixa isolamento com conseqüente atuação da proteção de falha terra no rotor.



FIGURA 8: Fixação das Barras DC com parafuso no orifício da barra DC



FIGURA 9: Fixação das Barras DC com parafuso no orifício da barra DC (Sem Isolador).

A solução encontrada foi o projeto de novos calços, refazendo-se a alocação da nova base, onde os parafusos de fixação se localizassem fora das barras. As figuras 10 e 11 mostram o projeto do novo calço desenvolvido pelo Departamento de Equipamentos Rotativos de Furnas. Após a confecção destes calços foram realizados ensaios para verificação do posicionamento dos mesmos junto as novas bases no rotor e ensaio de fixação a Barra DC após instalação dos termocontráteis.



FIGURA 10: Novo calço de fixação da barra DC



FIGURA 11: Ensaio de posicionamento dos novos calços de fixação da barra DC

Na figura 12, é apresentada a visualização da barra DC após instalação do termocontrátil. Ao final da montagem foi realizado ensaio de isolamento DC sendo o resultado obtido de fundo de escala para o modelo utilizado, ou seja $> 10 \text{ G}\Omega$.



FIGURA 12: Montagem completa da barra DC

1.5 – Custos envolvidos

Foram consideradas para efeito do cálculo, apenas o Homem-Hora (HH) utilizado na montagem e ensaios, sendo desconsiderados o HH utilizados pela engenharia de manutenção no projeto dos calços. Os custos das modificações com Homem-hora totalizaram R\$48.398,82 e os custos envolvendo materiais são da ordem de R\$24.690,22; perfazendo um valor total investido nas modificações de **R\$ 77.458,64** por unidade geradora.

Este valor de investimento corresponde a arrecadação por MW/h gerado em 54h de unidade geradora em operação com carga nominal (já considerando valores de 2013 após redução da tarifa), isto sem contar os impactos nos índices de disponibilidades previamente informados. Todos os dados de homem hora e custos de materiais foram obtidos no System Analysis and Program –SAP/ERP FURNAS ^[5]

2.0 CONCLUSÕES

A necessidade deste trabalho originou-se da observação dos agentes de manutenção na observação do problema, da sua repetição, bem como na proposição das soluções. Todas as modificações implementadas estão em fase insipiente e mesmo com todos os ensaios e testes realizados, dependem de análise qualitativa para comprovação de sua eficácia. A análise e verificação da eficiência destas pode ser objeto de estudos posteriores.

Todas as ações executadas têm o intuito de diminuir a ocorrência do defeito, mas também visam a diminuição do tempo de reparo no caso através da utilização de técnicas e materiais que não existiam quando da construção da Usina. É importante ressaltar que mesmo com a Usina de Furnas em processo de Modernização, tais modificações não constavam no escopo da obra contratada. Neste caso, verifica-se que a pesquisa do histórico de defeitos das UG's pode melhorar o processo de modernização das instalações, através da inclusão no escopo da obra de itens que geram interrupções e/ou restrições aos equipamentos.

Observa-se que as modificações implementadas representaram um baixo investimento, sendo que desta forma, caso as mesmas se apresentem eficazes devem ser estendidas para as demais UG's além de que as ações aqui demonstradas podem servir de parâmetro para solução de problemas semelhantes em outras usinas do mesmo porte. Por último, cabe ressaltar que as funções dos agentes de manutenção devem ser não apenas as manutenções preventivas, corretivas e preditivas. Os agentes de manutenção devem ser parte ativa no processo de melhoria das instalações e mitigação da causa dos defeitos em parceria com a Engenharia de Manutenção.

3.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2003). *Resolução ANEEL Nº 688 de 24 de dezembro de 2003*
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Referências bibliográficas - NBR 6023. Brasil.
- (3) FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS SA (2012) *Relatório diário de operação – Usina de Furnas*
- (4) FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS SA (2012) *Relatório DER.O 013.2012 – Sistema de Exaustão de Vapor de óleo do MCG na USMM*
- (5) FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS SA (2012) – System Analysis and Program -SAP
- (6) LYRIO, A.T ; PAULINO, M.E.C;. (2000). *Introdução a manutenção de Maquinas Elétricas – Universidade Federal de Itajubá.*
- (7) RAYCHEM (2012). *Catálogo Geral de Produtos Raychem.*
- (8) WURTH (2003). *Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – Desengraxante Dielétrico Wurth.*

DADOS BIOGRÁFICOS



Empregado da Eletrobras Furnas, com atuação nas áreas de Suprimentos, Manutenção e Operação. Possui Mestrado em Engenharia Mecânica (UFMG); Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia de Sistemas (ESAB); Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia de Processos (IETEC/MG), Pós Graduação Lato Sensu em Gestão Estratégica de Negócios (UFMG), Graduação em Engenharia Mecânica e Tecnológica em Gestão da Qualidade Industrial (CEFET/MG). Experiência em Planejamento, Processos de Fabricação Mecânica e Projetos Industriais, Sistemas de Qualidade Industrial e Desenvolvimento de Novos Produtos, Avaliação de Fornecedores e Compras Técnicas envolvendo Equipamentos, Materiais e Licitações de Obras e Serviços de Engenharia.

(1) LUIZ HENRIQUE ZAPAROLI

Engenheiro Eletricista formado pela Universidade Federal de Engenharia de Itajubá - UNIFEI e Engenheiro de Segurança no trabalho pela Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG, com pós graduação em Especialização Manutenção de Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Engenharia de Itajubá - UNIFEI e MBA em Marketing e Gestão de Equipes pela Universidade Cândido Mendes. Funcionário da Empresa Eletrobrás Furnas desde dezembro de 2004, atua nos setores de geração e transmissão de energia elétrica desde julho de 2001 e como desenvolvedor de software e soluções integradas para segurança no trabalho desde 2018.