



**XXIII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GGH/04  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO - I**

**GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH**

**PCHs: MODERNIZAR (REVITALIZAR), REPOTENCIAR (AMPLIAR) OU MANTER.**

**PACHECO, S.A.\*; BRAGA, M.S.; CORDEIRO, P.T.R.A.  
Cemig Geração e Transmissão S.A**

**RESUMO**

Esse trabalho procura demonstrar os critérios técnicos e econômicos e a avaliação de riscos para tomada de decisão sobre processos de ampliação, revitalização ou manutenção de PCHs sob concessão da empresa, dentro dos parâmetros de atratividade econômico-financeira requeridos pelo grupo CEMIG, associados aos aspectos socioambientais e regulatórios do setor, com ênfase pela questão da aprovação dos projetos nas várias instâncias institucionais, desde a autorização para elaboração dos estudos até a aprovação de projetos básicos já concluídos e protocolados na ANEEL, no caso de ampliações ou execução dos Projetos e realização das aquisições, no caso de revitalizações.

**PALAVRAS-CHAVE**

Critérios de Avaliação Econômica, Ampliação de Usinas Hidroelétricas, Revitalização de Usinas Hidroelétricas, Impactos da Lei Federal 12.783/2013 em Geração Hidráulica,

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Depois da aprovação da Lei Federal 12.783/2013, a tomada de decisão quanto à melhor alternativa dentre os programas de reforma e modernização (revitalização) e repotenciação (ampliação) das PCHs do grupo CEMIG enfrenta novos desafios.

Os projetos de Ampliação, caracterizados por promoverem incremento da capacidade de geração da usina, requerem atuação multidisciplinar, com uma abordagem técnica da otimização dos ativos buscando uma interferência preponderante no circuito de geração, com a construção de novas estruturas de tomada d'água, condutos forçados e casa de força e mínima nos barramentos e extravasores, evitando modificações nos níveis de água de montante e de jusante dos aproveitamentos hídricos, almejando o menor impacto ambiental, com o aproveitamento das estruturas já existentes ou soluções em túnel, bem como a implantação de sistemas de tele assistência.

Considerando que o Programa de Ampliação de PCHs é uma das melhores formas de incentivo ao crescimento da oferta de energia competitiva, com resultados em curto prazo, períodos inferiores a 3 anos, com baixo impacto ambiental e com efetivos benefícios para o Sistema Elétrico Brasileiro, são buscados os seguintes objetivos:

- Atuar na manutenção dos parques geradores com foco na maximização de potência, energia e faturamento em razão do aumento da capacidade instalada e do melhor aproveitamento do potencial hidráulico;

(\*) Endereço do Autor Responsável: Rua Professor Patrocínio Filho, 496 – Bairro Palmares – CEP 31160-550 - Belo Horizonte – MG – Tel. +55-31-3426-2188 – e-mail: spacheco@cemig.com.br.

- Redução dos custos de O&M em decorrência do emprego de novos equipamentos e da automação das usinas;
- Redução de perdas no sistema elétrico ao atender cargas locais e, consequentemente, melhoria na qualidade da energia em regiões isoladas (controle de tensão e confiabilidade operativa);
- Redução de investimentos nas redes de transmissão e distribuição;
- Atração de investidores de pequeno e médio porte;
- Incentivo à indústria nacional, com a utilização de equipamentos de fabricação integralmente nacional;
- Complementariedade com outras fontes alternativas.

Aquela PCH que não obteve desempenho adequado nos estudos de viabilidade técnica econômica visando sua ampliação é avaliada para inclusão no Projeto de Revitalização das PCHs. A expressão Revitalização diz respeito, aqui, ao conjunto de obras e equipamentos mínimos necessários destinados a prover atualização tecnológica do projeto original, eliminando equipamentos obsoletos e sem alternativas de reposição pelo mercado e/ou executando reformas nestes equipamentos, melhorar o desempenho global da instalação, reverter tendência de crescimento da taxa de falhas, garantir condições operativas seguras, assegurar disponibilidade, atender requisitos estabelecidos pelo Poder Concedente, e ainda, melhorar o desempenho ambiental e assegurar a conservação de ativos, sempre com o horizonte do final da concessão. É um conceito muito semelhante ao conceito Melhorias utilizado pela ANEEL em sua Nota Técnica 031/2014, que visa a emissão de normativo que discipline a realização de investimentos nos ativos de geração alcançados pela Lei 12.783/13. Ou seja, são investimentos básicos que se destinam a manter os processos e rotinas do grupo Cemig e são aqueles considerados prudentes pela Agência Reguladora e cobertos pela tarifa ou receita regulada.

No caso de uma usina não se enquadrar nos requisitos de ampliação ou revitalização, em função principalmente do estado de conservação de seus ativos, confiabilidade operativa e levando-se muito em consideração a proximidade da data do vencimento de sua concessão, a instalação continuará sendo tratada dentro do programa normal de manutenções da Cemig GT.

As PCHs da empresa atingidas pela lei 12783/2013 estão incluídas no programa normal de manutenções do grupo Cemig (ver Figura 1).

A Cemig está avaliando atualmente os impactos da [Lei nº13.097](#) em seu parque gerador, uma vez que esta Lei passa a definir como CGH (Central de Geração Hidráulica) empreendimentos com até 3MW instalados, ao invés de 1 MW conforme legislação anterior.

Na figura 1 temos algumas PCHs do grupo Cemig, sua localização e inserção nos Programas aqui descritos e respectivos anos de vencimento da concessão.

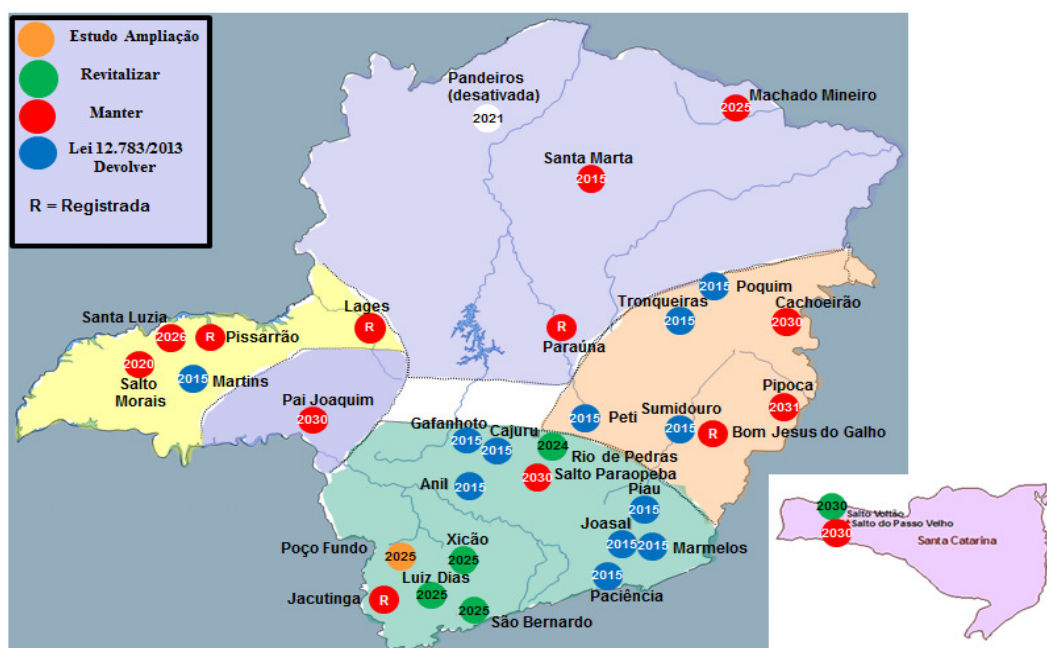


FIGURA 1 – PCHs do grupo Cemig

## 2.0 - ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Para todas as instalações são avaliados e acompanhados alguns indicadores estratégicos das instalações, com destaque para taxa de falha, disponibilidade e o ICOG (Índice de Confiabilidade da Geração), este último indicador desenvolvido internamente na CEMIG GT, com objetivo de retratar a confiabilidade dos ativos de geração, com orientação para o negócio, medido a partir dos conceitos clássicos de confiabilidade e teorias de riscos, visando, dentre outras funções, suportar o planejamento de manutenções e intervenções, ranqueamentos e necessidades futuras.

## 3.0 - DIAGNÓSTICO DA INSTALAÇÃO

Pressupõe inspeção in loco dos equipamentos e sistemas da instalação, entrevistas com pessoal técnico de operação e manutenção, registros fotográficos, levantamento de desenhos, dados técnicos e elaboração de um relatório técnico descritivo de todas as necessidades constatadas pelos especialistas designados para sua elaboração.

## 4.0 - VIABILIDADE TÉCNICA – ECONÔMICA DOS PROJETOS DE AMPLIAÇÃO / REVITALIZAÇÃO DE PCHS

Para a análise econômica de Projetos de Ampliação / Revitalização de PCHs são apresentados pelo Gestor do Projeto para a Alta Direção da empresa Relatório contendo as seguintes informações:

### 4.1 Dados Básicos

- Caracterização do Problema/Oportunidade;
- Justificativa para o Projeto;
- Metodologia de aquisições, geralmente através de contratação do serviço via modalidade “EPC” e fiscalização pela Cemig, modelo já empregado com sucesso na implantação de empreendimentos do grupo CEMIG.
- Escopo do Projeto;
- Identificação de eventual interação (sinergia) com outro(s) projeto(s) em curso ou em fase de implantação na empresa, bem como eventuais benefícios para mais outra empresa ou processo do Grupo Cemig;
- Metas do Projeto, discriminando os desembolsos orçamentários, cronograma de implantação, operação comercial e respectivas expectativas de receitas do projeto. Isto posto como metas para o referido projeto, estão elencados o desembolso do investimento no prazo apresentado, bem como o recebimento da receita na data programada que juntos compõem os resultados de TIR e VPL do Empreendimento.
- Recursos, discriminando os valores de investimentos (Capex) e despesas (Opex) do Projeto. Para o caso de Ampliação, eventuais financiamentos para as obras, com os respectivos riscos cambiais no caso de fontes internacionais de financiamento, bem como formas de mitigar este risco;
- Análise de Riscos (detalhada a seguir)
- Cenários envolvendo orçamentos, valores de energia negociada, isenção tributária, questões sobre energia certificada, sob perspectivas otimistas, básicas e pessimistas;

São consideradas também as seguintes premissas técnica-econômico-regulatórias:

- Curva de Preços de energia da Cemig: Diretoria de Comercialização (volumes não contratados);
- Redução de Custos/Despesas com automação das instalações;
- Possibilidade de Financiamento;
- Possibilidade de Extensão do prazo de Autorização/Concessão;
- Adoção da metodologia de cálculo de usinas novas, com a direta aplicação da fórmula do art. 4º da Portaria MME nº 463 de 2009;

- Nova garantia física correspondente ao mínimo entre a garantia física resultante da simulação dos parâmetros do Projeto Básico e a garantia física decorrente da simulação dos parâmetros padronizados pela Aneel;
- Mínimo impacto ambiental: sem alteração de reservatório e soluções em túnel;
- Mínimo impacto fundiário: obras na área industrial das usinas existentes.

#### 4.2 Análise dos Principais Riscos de Execução e Ações Mitigatórias

##### 4.2.1 Fase de Implantação

Há riscos de aumento no cronograma original das obras, aumento dos custos planejados, bem como não atendimento da qualidade das entregas contratadas para o projeto, observando-se uma ou mais de uma das possíveis situações a seguir:

###### a. Risco de Construção - Probabilidade Alta

- O modelo de contratação, baseado na Lei 8.666 e priorizando o menor preço para definição do Contratado, permite a entrada de empresas que atendam, em um primeiro momento, os requisitos técnico-administrativos, mas que, na prática, podem vir a apresentar dificuldades na execução adequada do contrato - probabilidade alta;
- Em função do atual aquecimento do mercado de construção de usinas de geração de energia, poderão ocorrer dificuldades no fornecimento dos equipamentos e serviços requeridos, considerando-se que os fornecedores poderiam privilegiar o atendimento a contratos mais vultosos, de empreendimentos maiores, em detrimento daqueles menores (PCHs, por exemplo). Consequência: aumento dos custos por excesso de demanda do setor - probabilidade alta;
- Dificuldades para contratação de seguros pela Contratada, devido se tratar de intervenção em barragem existente e em suas proximidades - probabilidade alta;
- Falhas no planejamento da implantação, em especial na integração dos novos sistemas ou na execução dos serviços de campo. O compartilhamento de áreas e sistemas em operação comercial poderá resultar em incidentes, com indisponibilidade de UG e atrasos no cronograma da obra - probabilidade média;
- Poderão ocorrer eventuais alterações de escopo no Projeto, com a indução de claims por parte dos fornecedores - probabilidade média.

Adicionalmente, são citados outros riscos:

- Falhas de interpretação de escopo: probabilidade média
- Alteração no escopo de contratação: probabilidade média
- Atraso na elaboração dos projetos básicos e executivos: probabilidade média
- Atraso na aprovação de documentos: probabilidade média
- Atrasos no início das obras pelo não atendimento no prazo previsto das condições regulatórias e ambientais para emissão da OS: probabilidade baixa
- Condições imprevistas de ordem geológica: probabilidade alta
- Licitações fracassadas: probabilidade baixa
- Atraso no pagamento de fornecedores: probabilidade baixa
- Autuação de órgãos fiscalizadores: probabilidade média
- Questionamentos da comunidade local e prefeituras municipais: probabilidade média

###### b. Risco Socioambiental – Probabilidade Baixa

- Possibilidade de surgir legislação socioambiental mais rigorosa do que o previsto por se tratar de usina já existente, mas o risco é baixo. A legislação ambiental tem se tornado mais restritiva, em geral, para empreendimentos em fase de implantação.

- Há probabilidade baixa de atrasos de cronograma em função de riscos para a ictiofauna durante a implantação do Projeto, especialmente nos testes de comissionamento.
- Possibilidade de contaminações de água e solo, durante desmontagem e montagem de equipamentos, manuseio e transporte de lubrificantes, óleo, tintas, solventes e materiais de isolamento elétrico: probabilidade baixa, considerando o atendimento aos requisitos contratuais que prevê procedimentos padronizados para mitigação deste risco.
- Acidentes de trabalho com gravidade alta em empregados próprios e/ou terceirizados ou em fornecedores. Considerando o atendimento aos requisitos contratuais que serão verificados sistematicamente pela Contratante, espera-se a mitigação dos riscos em questão: probabilidade baixa.
- Ocorrência de acidentes ambientais: Probabilidade Baixa

c. Risco Regulatório: Probabilidade Média

Existem ainda incertezas sobre alguns aspectos, quanto ao reconhecimento de valores de indenização de investimentos ao final das concessões por parte do poder concedente, principalmente para os Projetos de Revitalizações. As últimas normas publicadas carecem, ainda, de entendimento comum. Posto, isso, há um risco inerente aos cenários projetados não corresponderem perfeitamente à realidade futura. Portanto, pode-se considerar que a ocorrência de risco regulatório é de probabilidade média.

#### 4.2.2 Fase de Operação

a. Risco de Performance de Operação: Probabilidade Baixa

- Uma das premissas dos projetos de ampliação e revitalização é o emprego de equipamentos novos, em contrapartida à condição atual, caracterizada por equipamentos antigos, em fim de vida útil e não compatíveis com tele controle e tele assistência. Frente ao exposto, considera-se que os riscos de performance de operação estão relacionados à manutenção da situação atual. Considerando a ampliação ou revitalização dessas usinas, tais riscos não são vislumbrados.
- Falhas de fabricação ou falhas no processo de entrega de equipamentos (Ex.: rendimento turbina/gerador/transformador) poderão gerar sistemas de controle que não atendam plenamente às necessidades da operação, principalmente nos aspectos da operação remota - probabilidade baixa, considerando garantias contratuais bem estabelecidas, inspeções, testes e comissionamento.
- As especificações técnicas dos equipamentos e sistemas do Projeto ainda estão sendo definidas, a partir de premissas que estão em processo de evolução. Poderão ocorrer definição e implantação de equipamentos/sistemas que não se adaptem plenamente à operação desassistida, ocasionando necessidade de assistência à operação local - risco baixo.

b. Risco de Insumos – Probabilidade Baixa

- Não há alteração nos riscos relacionados à falta de insumos básicos necessários à operação, em função destes projetos. A probabilidade de falta de componentes reserva, para eventuais substituições nos equipamentos novos ou reformados, é baixa, uma vez que o estoque mínimo de peças/equipamentos sobressalentes já está previsto para fornecimento no contrato da obra.
- Como se tratam de usinas em final de vida útil, os empreendimentos que não forem ampliados ou revitalizados deverão ser objeto de intervenções e reparos de forma a garantir a segurança e confiabilidade operacional. Tais custos são considerados evitados nos projetos de ampliação / revitalização. Risco de Mercado – Probabilidade Média

c. Risco Socioambiental – Probabilidade Baixa

- Não há nenhuma alteração no risco socioambiental na fase de operação, em função da implantação destes Projetos. Permanecem os mesmos riscos existentes atualmente. - Probabilidade Baixa.

d. Risco Regulatório – Probabilidade Média

- Mesmos aspectos considerados no risco regulatório da fase de implantação- Probabilidade Média.

e. Risco Tecnológico – Probabilidade Baixa

- A descontinuidade de fornecimento de hardware, software, equipamentos e sistemas específicos das instalações durante o período de implantação, poderá ocasionar maior custo e aumentar o risco de indisponibilidade nas fases de operação e manutenção - Probabilidade baixa.

#### 4.2.3 Gerenciamento de Riscos

A Tabela I traz o Quadro Resumo dos Riscos dos Projetos de Ampliação ou Revitalização das PCHs, analisados no item anterior.

A Cemig GT implantou uma sistemática de Gerenciamento de Projetos, com o objetivo de fidelizar os planejamentos, garantindo boa performance da execução física e financeira de seus projetos.

Um dos requisitos previstos na metodologia da Cemig GT de Gerenciamento de Projetos é o prévio e o adequado mapeamento dos riscos associados a cada projeto.

Ou seja, elabora-se um plano específico de gerenciamento de riscos para cada Projeto, com a identificação dos riscos, seus impactos e probabilidade qualitativa de ocorrência (grau de exposição, variando de “inexpressivo” a “extremo”).

O gerenciamento desses riscos, e o respectivo plano de resposta serão executados ao longo das diversas fases executivas dos Projetos e de forma integrada com todas as áreas e stakeholders.

Tabela I - Quadro Resumo dos Riscos do Projeto

FASE DE IMPLANTAÇÃO			
Risco	Probabilidade Percebida		
	Menos Provável (Inferior a 50%)	Média (50%)	Mais Provável (Superior a 50%)
1 – Construção			x
2 – Socioambiental	x		
3 – Regulatório		x	

FASE DE OPERAÇÃO			
Risco	Probabilidade Percebida		
	Menos Provável (Inferior a 50%)	Média (50%)	Mais Provável (Superior a 50%)
1 - Performance da Operação	x		
2 – Insumos	x		
3 – Mercado		x	
4 – Socioambiental	x		
5 – Regulatório		x	
6 – Tecnológico	x		

#### 5.0 - MANUTENÇÃO

Como já informado, no caso da usina não se enquadrar nos requisitos de ampliação ou revitalização, em função principalmente do estado de conservação de seus ativos, confiabilidade operativa e levando-se muito em consideração a proximidade da data do vencimento de sua concessão, a instalação continuará sendo tratada dentro do programa normal de manutenções da CEMIG.

Para PCHs, a manutenção compreende as atividades executadas pela equipe mantenedora no sentido de se corrigir as falhas e defeitos verificados durante seu ciclo operativo. Normalmente, em função das baixas receitas geradas e custos de mão-de-obra especializada elevada, não se viabilizam manutenções de caráter preventivo e preditivo, excetuando-se casos especiais, onde financeiramente estes tipos de tarefas se justificam, após estudos pontuais.

Em função da grande distância geográfica entre as instalações, espalhadas em todo o território mineiro e também no estado de Santa Catarina, a gestão de manutenção dos ativos na CEMIG se encontra regionalizada, com o

estado dividido em cinco gerências distintas, a saber, Triângulo, Oeste, Leste, Centro Sul e Norte, alinhadas com a política e filosofia de manutenção da corporação, dentro da mesma superintendência. A figura 1 mostra estas regionais pontilhadas no mapa.

## 6.0 - CONCLUSÃO

Os estudos realizados à partir dos elementos acima descritos, juntamente com os critérios de aceitação e seleção de Projetos da empresa resultaram atualmente no seguinte panorama situacional das intervenções nas e PCHs do Grupo Cemig (vide Tabela II – Dados Técnicos de algumas PCHs do Grupo CEMIG).

O Programa contempla a elevação da potência total instalada para um incremento de aproximadamente 50%, evidentemente em caso de sucesso em todos os estudos de viabilidade.

Já o Programa de Revitalização das PCHs tem custo atualmente estimado em R\$ 30 Milhões para o prazo de 5 anos de execução.

Enfatizando a importância das usinas de pequeno porte para esta empresa, bem como a integração dos Projetos de Ampliação / Revitalização adequada com outros projetos em andamento, os autores salientam que estes Projetos são objeto de um controle sistemático e crítico, a longo prazo, e informações atualizadas sobre o seu progresso poderão ser apresentados no futuro, em novas reuniões e seminários.

TABELA II – DADOS TÉCNICOS DE ALGUMAS PCHS DO GRUPO CEMIG

Usina	Início de Operação	Potência Instalada (MW)	Nº de unidades geradoras	Garantia Física Original (MW médios)	Concessão
Pai Joaquim	2004	23,00	1	13,91	2030
Piau	1955	18,01	2	8,00	2015
Gafanhoto	1946	14,00	4	6,68	2015
Peti	1946	9,40	2	6,51	2015
Rio de Pedras	1907	9,28	3	4,60	2024
Poço Fundo	1949	9,16	3	4,16	2025
Joasal	1950	8,40	5	5,20	2015
Tronqueiras	1955	8,50	3	4,60	2015
Salto Voltão	2001 (reativação)	8,20	2	7,36	2030
Martins	1946	7,70	4	2,80	2015
Cajuru	1959	7,20	1	3,86	2015
São Bernardo	1948	6,82	3	3,79	2025
Paraúna	1927	4,28	3	1,90	BUSA
Pandeiros- Desativada	1958	4,20	3	2,07	2021
Paciência	1930	4,08	3	2,13	2015
Marmelos	1915	4,00	5	1,55	2015
Salto do Paraopeba	2001 (reativação)	2,46	2	2,21	2030
Salto Morais	1922	2,40	2	0,82	2020
Sumidouro	1954	2,12	1	1,03	2015
Anil	1964	2,08	2	0,80	2015
Xicão	1941	1,81	2	0,61	2025
Salto do Passo Velho	2001 (reativação)	1,80	2	1,64	2030
Machado Mineiro	1992	1,72	2	1,14	2025
Luiz Dias	1914	1,62	2	1,04	2025
Poquim	2002 (reativação)	1,41	2	0,74	2015
Santa Marta	1944	1,00	2	0,50	2015
Pissarrão	2001 (reativação)	0,80	2	0,71	Registrada
Jacutinga	1949	0,72	1	0,47	Registrada
Santa Luzia	2001 (reativação)	0,70	1	0,59	Registrada
Lages	2005 (reativação)	0,68	1	0,374	Registrada
Bom Jesus do Galho	1931	0,36	1	0,13	Registrada
Cachoeirão	2009	27,00	3	16,37	Manter
Pipoca	2010	20,00	3	11,90	Manter
<b>33</b>		<b>214,91</b>	<b>78</b>	<b>120,19</b>	

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Ativos Organizacionais (Normas, Procedimentos, Pareceres, Estudos Técnicos, Relatórios) da CEMIG GT.

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

(1): Sérgio Antônio Pacheco - Empresa: Cemig Geração e Transmissão S.A.

Engenheiro Eletrônico pela PUC-MG (1981)

Especializado em Automação Industrial pela UFMG (1996)

PMP desde 2008

Trabalha na Cemig desde 1986

Atualmente é o Gestor do Programa de Reforma e Modernização das Usinas da Cemig GT.

(2): Marcílio Silva Braga - Empresa: Cemig Geração e Transmissão S.A.

Engenheiro Civil pela E.E.Kenedy (1998). Trabalha na CEMIG desde 1982 colaborando nas áreas de Estudos de Linhas de Transmissão, Planejamento do Sistema Elétrico, Implantação de Obras do Sistema de Transmissão e atualmente na Gerência de Integração de Novos Empreendimentos de Geração e Transmissão.

(3): Paulo de Tarso Rossi Alvares Cordeiro - Empresa: Cemig Geração e Transmissão S.A.

Engenheiro Mecânico pela UFMG (1987)

Especialização em Engenharia de Manutenção pela PUC-MG (2010)

Trabalhou na ALCAN e NIMBAHERA Manutenção Ltda. e CEMIG desde 2002

Atualmente coordena a área de Confiabilidade e Planejamento da Gerência de Engenharia e Planejamento de Manutenção da Geração da CEMIG.