



## Comitês de Estudos B3, B5 e A2 Grupo de Trabalho B3.01: MCC de Subestações

---

**LOCAL:** CEMIG – Belo Horizonte - MG

**DATA:** 05 e 06 de novembro de 2006

**HORÁRIO:** 09:00h

### **PARTICIPANTES:**

- |   |               |
|---|---------------|
| • Iony Patriota de Siqueira (Coordenador) | CIGRÉ/CHESF   |
| • Mauro Eugênio Fernando                  | CEMIG         |
| • Alberto Junqueira                       | CEPEL         |
| • Luiz Carlos Dorigo                      | TECEM/ABRAMAN |
| • Julio A. Nascif Xavier                  | TECEM/ABRAMAN |
| • Ricardo Cunha da Fonte                  | CEPEL         |
| • Leonardo Torres Bispo dos Santos        | CEPEL         |
| • Marcelo Alexandre Costa                 | CEMIG         |
| • Alugro Jorge Martins                    | CEMIG         |
| • Adriano M. Brotto                       | MR            |
| • Marcos Alves                            | TREETECH      |
| • Paulo Roberto Costa Silva               | TOSHIBA       |
| • Leonildo Soares                         | TOSHIBA       |
| • Friedrich Greiner Junior                | TOSHIBA       |

### **AGENDA**

- (a) Abertura (Cemig)
- (b) Atualização dos Participantes (Todos)
- (c) Revisão da Agenda (Cigré)
- (d) Palestra Técnica sobre Monitoramento de Transformadores (Toshiba)
- (e) Palestra Técnica sobre Sistemas de Supervisão de Transformadores (Treetech)
- (f) Palestra Técnica sobre Transformadores Imersos em Óleo Vegetal (Cemig)
- (g) Resumo da Metodologia da Força-Tarefa (Cigré)
- (h) Definição da Periodicidade da Manutenção em Transformadores:
  - a. Sistema de Comutação (MR, Chesf, ABB, Siemens)
  - b. Sistema de Conexão (Buchas) (Eletropaulo, Chesf, Doble, ABB, Siemens)
  - c. Sistema de Supervisão e Monitoramento (Chesf, Cemig, Siemens, Cepel, ABB)
  - d. Sistema de Preservação do Óleo (Cepel, Eletrosul, Copel, Cpfl)
  - e. Sistema de Proteção (Chesf, Cemig, Cpfl, Copel)
  - f. Sistema de Resfriamento (Cepel, Eletrosul, ABB, Siemens)
  - g. Sistema Ativo (Cepel, ABB, Eletropaulo, Siemens)
  - h. Sistema Estrutural (Cemig, Eletronorte, Copel, Cpfl)
- (i) Texto Básico da Brochura Técnica sobre o Guia de Manutenção (Cigré)
- (j) Composição do DVD/CD-ROM sobre o Guia de Manutenção (Cigré)
- (k) Revisão e Validação da Estrutura do Guia e Brochura Técnica
- (l) Próximas Atividades (Cigré)
- (m) Atualização do Cronograma (Cigré)
- (n) Visita Técnica à Toshiba do Brasil (Todos)



## Comitês de Estudos B3, B5 e A2 Grupo de Trabalho B3.01: MCC de Subestações

---

1. A convite da coordenação do GT, a reunião foi aberta pelo Eng. Jonas, Gerente de Manutenção da CEMIG, destacando estrutura e filosofia de manutenção da Cemig, a aplicação da MCC na empresa, e da satisfação em sediar e contribuir para o sucesso deste encontro.
2. O coordenador do Grupo de Trabalho iniciou a reunião, agradecendo a hospitalidade da CEMIG, responsável pelas providências logísticas para viabilizar a reunião, e às excelentes condições oferecidas para sua realização.
3. Agradecendo a presença de todos, o coordenador solicitou que cada participante se identificasse, especialmente aqueles que participavam pela primeira vez dos trabalhos, a quem manifestou a satisfação do Cigré com sua presença.
4. O coordenador também informou que submeteu à diretoria do Cigré-Brasil a proposta e orçamento de publicação do Guia de Manutenção Centrada na Confiabilidade de Transformadores Imersos em Líquido Isolante, tendo sido aprovada sua publicação em forma de livro, após a conclusão dos trabalhos em andamento.
5. As seguintes correspondências foram recebidas pela coordenação do GT, após a última reunião:
  - (a) ABRAMAN – Aceitando convite e confirmando participação da Regional de MG
  - (b) ABB – Confirmando participação na reunião
  - (c) CEMIG – Enviando planilha de periodicidade
  - (d) CEMIG – Confirmando palestra técnica
  - (e) ELETRONORTE – Congratulando-se com o GT
  - (f) CEPEL – Confirmando participação na reunião
  - (g) CEPEL – Enviando planilha de periodicidade do sistema de óleo
  - (h) CEPEL – Enviando planilha de periodicidade do sistema ativo
  - (i) CEPEL – Enviando planilha de periodicidade do sistema de resfriamento
  - (j) CIGRÉ – CE A2 – propondo GT conjunto sobre RCM
  - (k) CHESF – Enviando política de manutenção de proteção e supervisão
  - (l) CPQD – Confirmando participação na reunião
  - (m) ELETROSUL – Justificando ausência da reunião
  - (n) EXPANSION – Solicitando informações sobre o GT
  - (o) GSI – Justificando ausência da reunião
  - (p) INFORMA – Justificando ausência da reunião
  - (q) SIEMENS – Confirmando participação na reunião
  - (r) TOSHIBA – Confirmando participação e visita técnica à fábrica de Contagem
  - (s) CIGRÉ – CE A2 – Solicitando informações sobre a metodologia do GT
  - (t) TREETECH – Confirmando participação na reunião e palestra técnica
  - (u) AREVA – Avaliando possibilidade de participar do GT
  - (v) MR – Enviando planilha de periodicidade do sistema de comutação
6. Registrada a presença das empresas ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) e TECEM Tecnologia Empresarial convidadas pelo Cigré-Brasil, representadas pelos Diretor da Abraman Regional de Minas Gerais, Julio A. Nascif Xavier, e Sr. Luiz Carlos Dorigo, a quem o coordenador deu as boas vindas.



## Comitês de Estudos B3, B5 e A2 Grupo de Trabalho B3.01: MCC de Subestações

---

7. Na ocasião, o Eng. Julio Nascif informou da realização do III Seminário de Manutenção Elétrica, promovido pela Abraman em Belo Horizonte, de 11 a 13 de junho de 2007, através da filial Minas Gerais. Serão 3 dias de discussões com apresentação de:
  - (a) Palestras técnicas mostrando trabalhos desenvolvidos nas empresas do setor;
  - (b) “Cases” e trabalhos de manutenção;
  - (c) Mesas redondas;
  - (d) Duas palestras internacionais.
8. Atendendo a convite do coordenador, o Eng. Marcelo Alexandre Costa, da CEMIG, proferiu palestra técnica sobre o sistema a repotenciação de transformadores, com substituição de óleo mineral isolante por óleo vegetal. Resultado de um projeto de pesquisa e desenvolvimento da ANEEL, com a participação da CEMIG e ABB, o assunto despertou muito interesse, considerando os benefícios e possibilidades de sua utilização no setor elétrico.
9. Ao final da apresentação, a CEMIG distribuiu material impresso informativo do projeto, respondendo às questões levantadas pelos participantes.
10. Em nome do Cigré e do Grupo de Trabalho sobre RCM, o coordenador agradeceu à apresentação da CEMIG, destacando sua permanente contribuição para os trabalhos do GT.
11. Atendendo a convite do coordenador, o Eng. Paulo Roberto Costa Silva proferiu palestra técnica sobre os sistemas de supervisão de transformadores da TOSHIBA, seguida de debate esclarecedores sobre conceitos e princípios relacionados a estes equipamentos.
12. Em nome do Cigré e da Força-Tarefa de RCM, o coordenador agradeceu à contribuição da TOSHIBA, renovando o convite para sua continuação, como membro permanente dos trabalhos do GT.
13. Dando continuidade às palestras técnicas, o Eng. Marcos Alves proferiu, a convite do coordenador, palestra técnica sobre os sistemas de monitoramento de transformadores da TREETECH, seguida de debate sobre conceitos e princípios relacionados a estes sistemas.
14. Em nome do Cigré e da Força-Tarefa de RCM, o coordenador agradeceu à contribuição da TREETECH, sempre presente nos trabalhos do grupo, como membro permanente, e pelas contribuições já realizadas para o sucesso do GT.
15. Em atenção aos novos participantes, o coordenador apresentou um rápido resumo da metodologia e objetivos do Grupo de Trabalho, incluindo as atividades já realizadas, destacando o esforço na manutenção do cronograma originalmente acordado, visando concluir o projeto piloto no prazo máximo de dois anos. Os seguintes aspectos foram destacados como benefícios esperados:
  - Pesquisa e desenvolvimento;
  - Intercâmbio de experiências;



## Comitês de Estudos B3, B5 e A2 Grupo de Trabalho B3.01: MCC de Subestações

- Divulgação tecnológica;
- Auto-instrução;
- Treinamento;
- Intercâmbio de dados;
- Organização de eventos.

16. O coordenador destacou também os objetivos do Projeto Piloto, aprovados pelo comitê B3 do Cigré-Brasil:

- Avaliar a aplicação da metodologia MCC na pesquisa dos modos de falha de equipamentos de subestações, estabelecendo seus mecanismos causais e conseqüências, visando definir as atividades de manutenção mais recomendáveis;
- Pesquisar os métodos de quantificação das frequências de execução, identificando os mais adequados a cada modo de falha;

os quais serão consubstanciados em dois produtos:

- “Guia de Manutenção Centrada na Confiabilidade em Transformadores”
- “Banco de Dados de Manutenção Centrada na Confiabilidade de Transformadores”

17. Continuando os trabalhos do Projeto Piloto, o coordenador resumiu os dados recebidos dos representantes das empresas responsáveis pela etapa de Definição de Periodicidade da RCM nos sistemas de transformadores, conforme relação a seguir, definida na reunião anterior:

Sistema de Comutação	<u>MR</u> , Chesf, ABB, Siemens
Sistema de Conexão (Buchas)	<u>ELETROPAULO</u> , Chesf, Doble, ABB, Siemens, Treetech
Sistema de Supervisão e Monitoramento	<u>CHESF</u> , Cemig, Siemens, Cepel, ABB, CPQD, Kema, Treetech
Sistema de Preservação do Óleo	<u>CEPEL</u> , Eletrosul, CPFL, Cteep
Sistema de Proteção	<u>CHESF</u> , Cemig, CPFL, Kema
Sistema de Resfriamento	<u>CEPEL</u> , Eletrosul, ABB, Siemens
Sistema Ativo	<u>CEPEL</u> , ABB, Eletropaulo, Siemens, CPQD, Cteep
Sistema Estrutural	<u>CEMIG</u> , Eletronorte, CPFL, Kema

18. Até a data da reunião, a coordenação havia recebido a contribuição relativa aos seguintes sistemas, das respectivas empresas:

- Sistema de Comutação MR, e CHESF
- Sistema de Preservação do Óleo CEPEL,
- Sistema Ativo CEPEL,
- Sistema de Resfriamento CEPEL,
- Sistema de Proteção CHESF,
- Sistema de Supervisão e Monitoramento CHESF
- Sistema Estrutural CEMIG,
- Sistema de Conexão CHESF

19. Do material recebido, faltou apenas a análise do Sistema de Conexão, sob a coordenação da ELETROPAULO. A coordenação do GT contactará novamente o representante daquela empresa, propondo alternativas de continuação do trabalho,



## Comitês de Estudos B3, B5 e A2 Grupo de Trabalho B3.01: MCC de Subestações

---

caso haja algum impedimento de sua participação, visando não impactar nos trabalhos do GT. Para não impactar o andamento dos trabalhos, a CHESF disponibilizou uma proposta de periodicidade para o Sistema de Conexão, segundo sua política de manutenção, para avaliação pelo GT.

20. Seguindo a agenda estabelecida, procedeu-se à apresentação de relatórios pelos coordenadores de subgrupos, sobre a etapa de Definição de Periodicidade da RCM realizada pelas empresas.
21. O Eng. Iony Patriota de Siqueira, representante da CHESF, apresentou as planilhas de Definição de Periodicidade dos sistemas de Proteção e Supervisão, destacando a similaridade dos modos de falha destes dois sistemas, facilitando a definição das atividades de manutenção preventiva propostas pela RCM.
22. Apresentou ainda a proposta da CHESF para Definição de Periodicidade do sistema de Conexão, segundo sua filosofia de manutenção, para avaliação pelo GT.
23. O Eng. Mauro Eugênio Fernando, representante da CEMIG, apresentou a planilha de Definição de Periodicidade do sistema Estrutural, destacando sua particularidade, considerando tratar-se de sistema com componentes essencialmente estáticos. Destacou também as variações que seriam introduzidas na manutenção e projeto destes sistemas, com possível eliminação dos tanques de contenção e paredes cortafogo, com a utilização do óleo vegetal isolante.
24. O Eng. Leonardo Torres B. dos Santos, do CEPEL, apresentou os resultados obtidos no processo de Definição da Periodicidade da RCM no Sistema Ativo, destacando e discutindo pontos de interesse, considerando a complexidade natural destes sistemas.
25. O Eng. Alberto Junqueira, do CEPEL, apresentou os resultados obtidos no processo de Definição da Periodicidade da RCM aplicado aos Sistemas de Preservação do Óleo e Resfriamento, esclarecendo vários pontos sobre os resultados apresentados.
26. O Eng. Adriano M. Broto, da MR, apresentou os resultados obtidos no processo de Definição da Periodicidade da RCM no Sistema de Comutação, destacando a contribuição da ABB, e dificuldades associadas à complexidade dos comutadores modernos.
27. A coordenação ressaltou o importante papel de coordenação e articulação destas empresas com as demais participantes de cada grupo, na proposição destes dados, para análise pelo GT. Versões iniciais das planilhas de Definição da Periodicidade da RCM destes sistemas serão disponibilizados no site do Grupo de Trabalho, para análise e comentários das demais empresas, antes de sua publicação final.
28. De posse destas informações, a coordenação distribuiu e apresentou o texto básico da Brochura Técnica que acompanhará o Guia de MCC de Transformadores, com dados preliminares extraídos da base de dados RCM. O texto proposto objetiva reduzir o trabalho de impressão e consulta dos dados já avaliados, devendo servir de referência para os usuários do Guia e sobre a metodologia utilizada. A coordenação solicitou às empresas que avaliem e submetam sugestões ao texto distribuído, tanto no conteúdo quanto na estrutura, para discussão na próxima reunião.

29. Lembrando as definições anteriores do Grupo de Trabalho, o coordenador reapresentou a estrutura proposta de 10 capítulos e 3 anexos para o relatório final, em forma de Brochura Técnica, conforme relação a seguir:

- Sumário
- Summary
- Conteúdo
- Índice
- Lista de Tabelas
- Lista de Figuras
- Apresentação
- Agradecimentos
- Capítulo 1 - Introdução
- Capítulo 2 - Transformadores
- Capítulo 3 - Sistemas
- Capítulo 4 - Componentes
- Capítulo 5 - Funções
- Capítulo 6 - Falhas
- Capítulo 7 - Modos de Falha
- Capítulo 8 - Efeitos de Falhas
- Capítulo 9 - Seleção e Frequência de Atividades
- Capítulo 10 - Plano de Manutenção
- Anexo A – Tipos de Atividades
- Anexo B – Níveis de Criticidade
- Anexo C – Termo de Referência
- Anexo D – Padronização de Descrições
- Glossário
- Bibliografia
- Conteúdo do CD-ROM

30. O coordenador também apresentou a estrutura e conteúdo propostos para o DVD/CD-ROM que acompanhará o Guia. O DVD/CD-ROM conterá, além da versão eletrônica da Brochura Técnica, todos os relatórios emitidos em todas as etapas da aplicação da MCC a transformadores, com a seguinte estrutura de capítulos:

- Brochura Técnica
- Instalações
- Sistemas com Descrição
- Componentes com Descrição
- Funções com Descrição
- Falhas com Descrição
- Modos por Componente com Descrição
- FMEA - Failure Mode and Effects Analysis
- Análise
- Plano de Manutenção por Atividade e Sistema
- Plano de Manutenção por Atividade

- Plano de Manutenção por Atividade e Modo
31. Diante do volume de informações geradas (mais de 1000 páginas), o DVD/CD-ROM conterá uma estrutura de bookmarks e índice que facilitará sua navegação e consulta. A publicação no formato PDF (Portable Document Format) da Adobe Systems permitirá o acesso livre ao seu conteúdo, com visualizador disponível na internet, bem como a realização de pesquisas estruturadas por assunto, conforme o interesse do leitor. A coordenação solicitou às empresas que avaliem e submetam sugestões ao DVD/CD-ROM, tanto no conteúdo quanto na estrutura, para discussão na próxima reunião.
  32. Na oportunidade, o representante do CEPEL propos e justificou a necessidade do GT realizar mais uma reunião de discussão do conteúdo da brochura e DVD/CD-ROM, seguindo experiência já verificada em outros GT do Cigré. Esta proposta também foi motivada pelo elevado volume de informações que as empresas terão que revisar. Tendo em vista o cronograma previsto de 2 anos para o projeto piloto, e o estágio atual de desenvolvimento, a proposta foi aprovada pelos participantes.
  33. A coordenação do GT apresentou os trabalhos que serão necessários para a próxima etapa da metodologia, envolvendo a revisão geral da Brochura e Guia (DVD/CD-ROM) por todas as empresas. Destacou principalmente a necessidade das empresas compararem a política proposta de manutenção pelo GT com a política atualmente adotada em cada empresa. As diferenças deverão ser apresentadas e discutidas na próxima reunião.
  34. Para a próxima reunião, o GT decidiu que o formato das sugestões será em formato livre, bastando para isto referenciar o sistema e código respectivo do componente, função, falha, modo de falha ou atividade a que se aplica. A coordenação procurará reunir as sugestões recebidas em formato padronizado, para distribuição aos participantes, e discussão na próxima reunião.
  35. Para publicação do Guia, o GT necessitará da contribuição efetiva de vários membros, na forma de redatores ou revisores dos textos da Brochura Técnica e Guia. Aqueles participantes que tiverem interesse em atuarem como **autores** destes textos, deverão revisar os arquivos distribuídos e encaminharem à coordenação as modificações sugeridas, junto com o Formulário de Cessão de Direitos devidamente assinado. Os demais participantes que assim o desejarem, continuarão sendo membros e contribuintes efetivos e presenciais do GT responsável pelo Guia, não sendo obrigatório participarem como autores dos textos.
  36. Para a cessão dos direitos (copyright) dos autores ao Cigré-Brasil, o coordenador apresentou o modelo do formulário que deverá ser assinado pelos autores do Guia. Além da cessão dos direitos, o formulário contém a concordância do autor com a publicação pelo Cigré-Brasil e sobre o conteúdo do guia. Cada autor deverá verificar sua concordância com a política de manutenção proposta, observando as diferenças com a política adotada por sua empresa, caso a represente no GT.
  37. Tendo em vista o estágio atual de elaboração do Guia, o coordenador informou que não será mais utilizada a estrutura de subgrupos adotada para levantamento dos dados iniciais. O Cigré-Brasil agradece às empresas que coordenaram cada um



## Comitês de Estudos B3, B5 e A2 Grupo de Trabalho B3.01: MCC de Subestações

destes subgrupos, entre elas o Cepel, Eletropaulo, Chesf, Cemig e MR. Os trabalhos restantes terão a participação de todos os representantes, independente do sistema analisado.

38. Cada empresa ou participante deverá analisar e enviar ao coordenador, para apresentação e discussão na próxima reunião, as sugestões de modificação nos textos da Brochura Técnica e CD-ROM do Guia. Cada representante deverá enviar previamente sua contribuição para o coordenador, o qual se encarregará de formatá-la e incluir na base de dados do grupo, antes da próxima reunião. Sugere-se o envio destes dados até o dia 28 de fevereiro de 2007, para não atrasar a próxima reunião.
39. Como parte da programação, e a convite da TOSHIBA, o grupo realizou uma visita técnica à sua fábrica no Município de Contagem, onde foram proferidas palestras e visita à linha de montagem de transformadores, e aos departamentos técnicos de projeto e pesquisa. O Cigré-Brasil agradece à TOSHIBA, nas pessoas dos Srs. Paulo Roberto Costa Silva (Chefe da Seção de Pesquisa e Desenvolvimento), Leonildo Soares (Superintendente Comercial) e Friedrich Greiner Junior (Chefe de Seção do Departamento de Vendas) pela excelente acolhida e oportunidade oferecida ao GT.
40. Como item final da agenda, os participantes revisaram e aprovaram o seguinte cronograma de atividades futuras do grupo:

<b>ATIVIDADE</b>	<b>INÍCIO</b>	<b>TÉRMINO</b>
Nivelamento conceitual	15/07/2005	15/07/2005
Seleção das Instalações	15/07/2005	15/07/2005
Identificação dos Sistemas	15/07/2005	15/09/2005
Identificação dos Componentes	15/07/2005	15/09/2005
Identificação das Funções	15/07/2005	15/09/2005
Identificação dos Modos de Falha	17/09/2005	18/11/2005
Identificação das Falhas Funcionais	17/09/2005	18/11/2005
Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA)	18/11/2005	22/03/2006
Seleção de Atividades	22/03/2006	12/07/2006
Definição da Periodicidade	12/07/2006	05/12/2006
Avaliação do Guia de Manutenção	05/12/2006	28/03/2007
Publicação, Avaliação e Extensão	28/03/2007	30/06/2007

41. Os itens achuriados correspondem a atividades já executadas pelo Grupo de Trabalho. As datas futuras neste cronograma representam marcos para as atividades. As reuniões serão convocadas em datas próximas a estes marcos.
42. Ao encerrar a reunião, o coordenador agradeceu a presença de todos, em especial à CEMIG pela disponibilização de suas instalações, e suporte logístico durante a reunião, e à TOSHIBA pela visita à sua fábrica no município de Contagem, manifestando sua satisfação com o interesse demonstrado pelo grupo, e reforçando a certeza no alcance dos objetivos pretendidos por todos.