



## **Grupo de Estudo de Subestações e Equipamentos de Alta Tensão-GSE**

### **Gerenciamento de risco em subestações: Avaliação dos riscos no estágio de projeto - resultados do WG B3.38 - MANAGEMENT OF RISK IN SUBSTATIONS**

**FABIO NEPOMUCENO FRAGA(1); ADOLPHO EUGENIO DE ANDRADE LIMA CALAZANS(1); ADRIANA SIQUEIRA E SILVA(1); CHESF(1);**

#### RESUMO

O presente trabalho apresentará as estratégias para avaliação e gerenciamento dos riscos no estágio de projeto de uma subestação através de uma compilação dos resultados obtidos pelo Study Committee B3 durante o desenvolvimento do Working Group B3.38 e publicação da Brochura Técnica 734 - MANAGEMENT OF RISK IN SUBSTATIONS.

#### PALAVRAS-CHAVE

Subestações, Projetos, Gerenciamento de Riscos

#### 1.0 - INTRODUÇÃO

O gerenciamento de risco vem se tornando uma preocupação cada vez mais importante nas empresas do setor elétrico nos últimos anos. A continuidade e os requisitos de qualidade da energia são características esperadas pelos consumidores nesta era mais tecnológica. Circunstâncias que cercam as instalações antigas mudaram com o passar dos anos. O crescimento da vizinhança onde está localizada a subestação pode afetar a implementação de trabalhos futuros, não previstos inicialmente no projeto. Os aspectos de segurança, não considerados necessários no passado, são obrigatórios na sociedade de hoje.

O gerenciamento de risco inclui, em seus aspectos principais, a identificação dos riscos, a análise do risco, as considerações de opções de tratamento e o monitoramento contínuo destes riscos. Em um sentido quantitativo, o risco é definido como o produto da probabilidade do impacto multiplicado pelo valor monetizado do impacto.

O Working Group B3.38 foi criado para investigar as experiências de concessionárias associadas a obras em subestações existentes. O grupo de trabalho analisou o feedback e a experiência das concessionárias em termos de operações, manutenção e desmontagem, com foco na ampliação e modificação de subestações existentes.

Após a análise dos dados recebidos no feedback das concessionárias, o grupo de trabalho considerou como melhorar os processos de engenharia de subestações em cada estágio, desde especificações de equipamentos, gerenciamento de projetos, projeto de subestações, fabricação, transporte, construção, montagem, testes e comissionamento.

O gerenciamento de risco na fase de projeto pode ser dividido em duas categorias: os riscos que aparecem e devem ser mitigados durante o estágio de projeto propriamente dito e os riscos nas fases subsequentes, como durante a fabricação, montagem, manutenção, operação e desmontagem, que podem ser eficientemente mitigados por ações relevantes na fase de projeto.

Os riscos em cada estágio da vida da subestação não são independentes, mas estão relacionados entre si, por isso é importante gerenciar os riscos, tanto quanto possível, no estágio inicial. Neste sentido a verificação desde o início do projeto torna-se fundamental.

A fase de desenvolvimento do projeto é dividida em várias etapas correspondentes ao progresso cronológico do empreendimento. Como regra geral e pragmática, a identificação e mitigação precoces dos riscos reduzem o impacto financeiro, retrabalho, atraso nas entregas de material e modificação nos materiais já fabricados.

## 2.0 - RISCOS NO ESTÁGIO DE PROJETO

O gerenciamento de risco na fase de projeto pode ser dividido em duas categorias: os riscos que aparecem e devem ser mitigados durante o estágio de projeto propriamente dito e os riscos nas fases subsequentes, como durante a fabricação, montagem, manutenção, operação e desmontagem, que podem ser eficientemente mitigados por ações relevantes na fase de projeto. A figura 1 a seguir mostra a relação entre os riscos durante o estágio de projeto os riscos nas fases subsequentes.

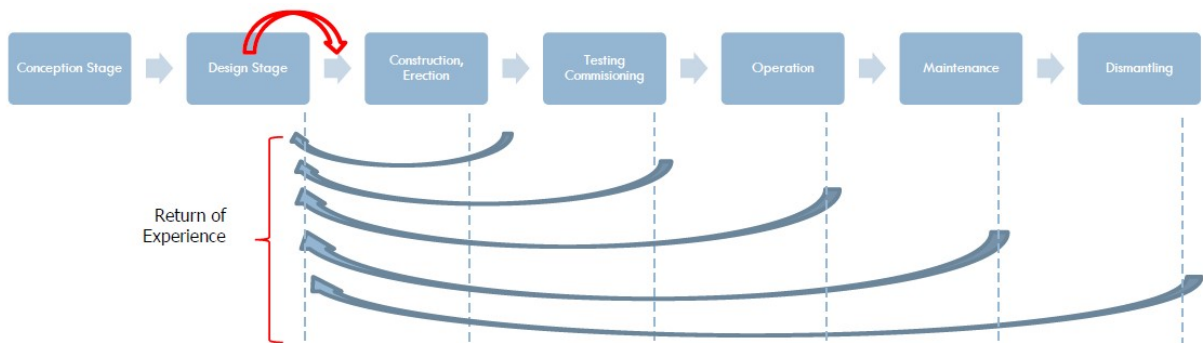


FIGURA 1 – Riscos em etapas futuras – Retorno das experiências (Figura 5-3 da TB 734)

A estratégia apresentada no Working Group B3.38 para fazer o gerenciamento dos riscos na fase de projeto consiste em verificar e monitorar sete principais etapas:

- Identificação de riscos de segurança;
- Identificação de riscos do negócio;
- Identificação do risco de confiabilidade;
- Identificação de risco ambiental;
- Avaliação dos riscos no estágio de projeto;
- Mitigação dos riscos no estágio de projeto;
- Monitoramento dos riscos no estágio de projeto.

### 2.1 Identificação dos riscos de segurança

Diversos riscos de segurança podem ser considerados durante a fase de projeto e também o projeto devem prever o próprio risco de sua implantação. Durante os trabalhos do Working Group alguns pontos foram destacados para o atenção durante o desenvolvimento do projeto:

- No caso de ampliações, o risco do trabalho em partes energizadas deve ser observado pelo projeto;
- Risco de acidente devido à insuficiência ou falta de procedimentos de trabalho detalhados;
- Risco devido à avaliação incorreta das faixas de temperatura do local (por exemplo, transformadores, cubículos, etc.) levando ao superaquecimento;
- Risco em compartilhamento de instalações em relação à segurança. Por exemplo, o risco de diferentes valores das distâncias de segurança elétrica em subestações, onde os locais são compartilhados por duas concessionárias usando padrões de projeto diferentes;
- Atenção com os requisitos de iluminação. Muitos aspectos para reduzir o risco operacional podem ser projetados na subestação através da eficiência da iluminação, espaço de acesso, aterramento, etc. É

crucial que os operadores tenham iluminação suficiente, tanto em ambientes internos quanto externos, para visualização eficaz de equipamentos, alarmes, placas de identificação e documentos;

- Os projetos devem levar em conta as necessidades do espaço de trabalho humano, tanto em termos de acesso ergonômico e seguro, como também no trabalho em altura e visibilidade;
- Posicionamento de equipamentos devem ser verificados para minimizar riscos. Por exemplo, a abertura da lâmina de uma chave seccionadora pode criar um arco elétrico, considere a localização e a proximidade do operador em relação à direção em que a lâmina abre. É preferível que qualquer arco seja direcionado para longe do operador;
- Considerações de segurança para operar o equipamento acima do nível do solo devem incluir o fornecimento de uma plataforma robusta e espaçosa para o operador permanecer durante a operação;
- Equipamentos que operam em médias tensões e estão ao tempo podem ter falhas causadas por animais. Medidas mitigadoras para abordar impactos adversos com animais devem considerar também o acesso e a integridade do operador. É importante que o projeto da subestação minimize ou elimine espaços ou áreas quentes que atraiam ninhos de cobras, roedores, mamíferos, insetos ou pássaros. Muitas vezes, os ninhos de animais menores atraem animais predadores maiores.

## 2.2 Identificação dos riscos do negócio

Fundamentalmente, os riscos no negócio estão relacionados ao desconhecido. Quando se trata de ampliar, renovar ou modificar subestações existentes, identificar as necessidades do projeto logo no início é uma das ações mais importantes. Os projetos devem ser subsidiados por levantamentos de campo detalhados das instalações existentes, verificação das condições do solo (sondagem), levantamento topográfico, verificação das interferências com áreas já construídas (bases, canaletas, postes, malha de terra, etc.). É fundamental entender exatamente o que está presente no local para diminuir o risco durante a fase de projeto.

Muitas vezes, estes levantamentos não são feitos até a fase de execução do projeto, nestes casos uma provisão deve ser incluída na contratação para este trabalho em termos de tempo e custo. Em uma licitação, uma matriz de risco pode incluída para que as propostas se basearem nestes riscos. Esta matriz é construída levando em conta a história passada, desenhos desenvolvidos/levantados durante as visitas a campo, discussões com a equipe de projeto da concessionária, etc.

### a) Risco devido à conformidade da especificação

Concessionárias geralmente operam muitas subestações em seus sistemas. A ampliação ou modificação em subestações existentes geralmente seguem os padrões definidos. Estes padrões auxiliam as equipes de manutenção ao responder a emergências ou ao executar manutenções regulares. Independentemente de quem executa os novos trabalhos, os requisitos padronizados garantem repetibilidade e consistência para sua equipe de operadores e mantenedores.

O risco de não atendimento a especificação pode ser caracterizados devidos aos seguintes pontos principais:

- Falta de compreensão das especificações devido a descrição inadequada das necessidades;
- Incompreensão e má interpretação dos requisitos do projeto;
- Falta de familiaridade com o conjunto de documentos do projeto;
- Documentação incompleta (por exemplo, a não indicação da sequência de fases da instalação);

### b) Risco devido à falta de dados

Sempre que um trabalho for realizado em uma instalação existente para ampliação, reforma ou substituição é importante manter um bom registro do projeto implementado com a elaboração de desenhos de conforme construído. Realizar levantamentos na instalação e/ou equipamento pode minimizar os riscos. Entretanto, quando as subestações estiverem energizadas e não puderem ser desligadas, eventos serem isolados, gabinetes e cubículos não puderem ser abertos devido ao risco de operar o equipamento, é essencial que os dados e a documentação estejam corretos e reflitam o status atual do equipamento.

O projeto só deveria prosseguir com as informações completas do que de fato está implantado no campo. Caso não exista documentação confiável existe o risco de que quando o projeto for finalizado com os dados “mais recentes” e o trabalho esteja prestes a começar na subestação, o evento não possa ser implementado exatamente conforme o projeto desenvolvido.

### c) Risco devido a atraso de aprovação de projeto de equipamentos e materiais com relação às atividades das obras civis:

A definição do projeto de alguns equipamentos maiores (transformadores, reatores, disjuntores, etc.), devido à sua complexidade de projeto, pode levar a um descompasso com o andamento do projeto civil. Isso pode ter um efeito negativo no dimensionamento de fundações, estruturas, pórticos, paredes corta fogo, etc. A aprovação tardia dos projetos do equipamento pode ter um efeito sério no cronograma de obras civis, que são as primeiras atividades a serem realizadas no local.

- d) Risco devido a atraso no envolvimento de todas as equipes de projeto (telecomunicações, medição, proteção, linha de transmissão, etc)

No passado, os empreendimentos tinham tempos de execução muito mais longos em comparação com os necessários hoje. Os cronogramas possuem pouca flexibilidade e atrasos precisam ser cuidadosamente gerenciados. A falta de dados de entrada durante o desenvolvimento do projeto pode ser um problema. Se, conforme o projeto avança, os dados iniciais mudam, os efeitos sobre os projetos, materiais, equipamentos e o trabalho já executado em campo, podem levar a riscos de atraso e custos adicionais.

Às vezes, o projeto da subestação e o da linha de transmissão não estão alinhados. A localização de entrada pode mudar ou tornar-se conhecida mais tarde do que o planejado, afetando o projeto e exigindo modificações no arranjo da subestação. Os ângulos de ancoragem da linha no pórtico da subestação e faseamento da linha também podem ser tornar um problema. Os requisitos de proteção, as rotas de cabos de controle e cabos de telecomunicação e toda infraestrutura de serviços auxiliares precisam estar definidos e de acordo com o arranjo e o projeto civil desenvolvido.

Estes pontos levantados mostram que para os riscos sejam minimizados toda a equipe multidisciplinar necessária para a implantação do empreendimento deve participar desde as etapas iniciais do projeto.

- e) Risco devido a atraso na obtenção de licenças

Os riscos na obtenção de licenças (ambientais, bombeiros, canteiro de obras, etc.) para a execução do empreendimento, em geral, são mitigados com o início do processo de solicitação antecipado em relação ao desenvolvimento do projeto final. O envio do projeto ainda em fase preliminar para obtenção das licenças gera riscos ao desenvolvimento do restante do projeto uma vez que, como o mesmo ainda não está finalizado, mudanças tanto face a requisitos solicitados pelos órgãos licenciadores como requisitos de necessidades do projeto podem impactar de maneira significativa o cronograma de desenvolvimento do projeto podendo levar a riscos de atraso e custos adicionais.

- f) Risco durante a construção

Durante a construção podem aparecer fatores que não estavam previstos ou documentados dos desenhos do projeto. Obstruções enterradas não registradas, como fundações antigas, cabos, outros serviços de utilidade pública, podem estar presentes. A remoção da obstrução pode levar semanas ou meses para ser resolvida. Muitas vezes, mudanças de projeto para contornar os problemas podem ser necessárias, causando atrasos no trabalho.

### 2.3 Identificação dos riscos de confiabilidade

Riscos recorrentes são os erros de design causados pelo mau gerenciamento da interface entre os vários colaboradores:

- Conflito entre diferentes partes das especificações e padrões
- Interpretação errada dos requisitos
- Falta de consideração de todos os requisitos
- Falha em verificar a exatidão
- Não cumprimento dos requisitos reais, ou seja, adequados à finalidade
- Fornecer uma solução diferente que não seja adequada para o projeto específico
- Falta de atenção aos detalhes desde a concepção até a desmontagem
- Ações de design corretivas que não são gerenciadas ou igualmente desordenadas
- Falta de lições aprendidas e feedback contínuo sobre questões para o próximo projeto de design

### 2.4 Identificação dos riscos ambientais

Os projetos podem ser afetados por questões socioambiental, visando à aceitação da comunidade em volta da subestação:

- a) Ruído

O ruído pode ser um problema com a vizinhança durante e após a construção. Pode ser necessário instalar protetores devido ao ruído refletido das paredes corta-fogo de transformadores e reatores modificando a concepção original do projeto.

A jornada de trabalho na instalação pode ser restrita sendo importante a comunicação com a comunidade local antecipadamente se for essencial trabalhar em horários como noite, madrugadas, etc.

#### b) Campo eletromagnético

Circuitos fechados devem ser evitados, evitando assim circuitos magnéticos. As tampas de canaletas de aço, por exemplo, podem vibrar ruidosamente se fizerem parte de um circuito magnético. A equipe de manutenção e operação deve ser alertada através de sinalizações sobre a presença de campos magnéticos.

#### c) Óleo

Os cuidados com o preenchimento de equipamentos com óleo devem ser considerados. O óleo derramado em superfícies de concreto ou pavimentadas deve ser removido o mais possível de ser limpo. Superfícies britadas no solo exigirão escavação, remoção, descarte e reintegração com novos materiais.

#### d) SF6

Porões subterrâneos para de cabos de energia podem coletar gás SF6 em caso de vazamento durante o enchimento ou durante a operação dos equipamentos de manobra ao longo da vida útil. Como o gás é mais pesado que o ar, ele cai naturalmente para o ponto mais baixo, isto é, porões, valas, etc. Equipamento de detecção e evacuação deve ser fornecido para remover este gás.

Algumas empresas instalam sinais de aviso luminosos colocados nas portas de acesso antes de entrar na área potencialmente perigosa. Estes então iluminam e emitem um som de alerta, conectado ao sistema de monitoramento de gás, e disparam quando um vazamento de gás é detectado.

#### e) Iluminação

A iluminação pode ser um incômodo, em especial, quando tudo ao redor é escuro. A iluminação deve ser suficiente para iluminar apenas a subestação. Subestações muito iluminadas são uma atração para os vândalos, então restringir a iluminação é essencial. A cor da iluminação pode ser uma atração para insetos voadores noturnos. Em locais onde isso pode ser um problema, o espectro de cores da iluminação deve ser selecionado com cuidado.

#### f) Escolha de materiais

A seleção de materiais de construção é importante para evitar riscos à saúde daqueles que precisam levá-los e carregá-los. A escolha de materiais mais leves e alternativos também ajudará no carregamento, entrega e descarregamento.

A seleção de materiais também é importante quando se trata de demolição. Materiais perigosos devem ser evitados para evitar que equipes especializadas sejam necessárias no estágio de demolição.

#### g) Melhoria visual para aceitação da comunidade

As subestações devem ser projetadas para se misturar com outras edificações da localidade onde será implantada. Visuais mais atraentes colaboram com a melhor aceitação da comunidade.

### 2.5 Avaliação dos riscos no estágio de projeto

Os projetos podem mitigar muitos perigos, eliminando riscos para o pessoal durante a construção e operação da instalação. Os riscos que não sejam possíveis de serem eliminados por completo precisam ser discutidos com a equipe de construção para que eles apliquem os controles apropriados, por exemplo, barreiras de segurança, sinalização, etc.

#### a) Redução de Ocorrências

Para reduzir a ocorrência de riscos ou perigos durante o estágio de projeto, ferramentas de projeto inteligentes podem ser usadas:

Modelagem 3D para projeto:

- O trabalho conjunto de projetistas e fornecedores de equipamentos e materiais no desenvolvimento de modelos 3D, reduz as iterações dos desenhos de projeto e pode identificar onde os possíveis choques

ocorrem entre diferentes modelos e equipamentos. Por exemplo, drenagem subterrânea com cabos de energia enterrados, serviços de montagem na parede, iluminação, telefone, alarme de incêndio, painéis de proteção e controle, painéis de baixa tensão, etc.

- Quando um banco de dados de referência é usado para os componentes comuns, os riscos associados a esses itens podem ser corrigidos e salvos para modelos futuros, corrigindo o problema para sempre.

#### a) Detecção

##### Procedimentos de projeto

Durante todo o ciclo de vida do projeto de ampliação, as revisões devem ser realizadas para identificar e eliminar os riscos conforme eles ocorrem. Geralmente, a equipe de projeto, seus parceiros e equipe de construção se reúnem para discutir o projeto, aspectos que foram alterados desde a última revisão e seu impacto potencial associado.

- Listas de verificação são uma boa maneira de levar os projetistas e a equipe de projeto verificar o projeto, como a ampliação será construída, como ela irá interagir com a existente, como será operada e mantida, etc.
- Quando devolvida ao projetista e as listas de verificação podem ser alteradas para que, da próxima vez que a lista de verificação for usada, a questão seja levantada e tratada.

## 2.6 Mitigação dos riscos no estágio de projeto

#### a) Melhoria contínua

Trata-se de aprender com a experiência, boa e ruim, e alimentá-la de volta ao início do processo, de modo a garantir que o problema encontrado na última vez tenha sido eliminado no próximo projeto. As especificações da biblioteca podem ser alteradas, resultando de experiências passadas e proporcionando menos riscos a projetos novos e futuros.

#### b) Durante a fase de projeto

Revisões de design, listas de verificação, revisões de SBD (Safety-By-Design), etc., são todos pontos de contato onde o design é desafiado e oportunidades de mitigação ocorrem e eliminam ou reduzem os riscos e perigos.

#### c) Treinamento de pessoas

Existem várias maneiras complementares para melhorar as habilidades da equipe de design:

- Um plano de melhoria de habilidades deve estar em vigor para os indivíduos;
- Disponibilidade e manutenção de modelos de design, diretrizes, material de apresentação de livre acesso aos projetistas, etc;
- As ferramentas usadas para gerenciar o projeto, como o CAD, devem ser implementadas com uma metodologia dedicada a garantir a qualidade do projeto.

#### d) Usando o CAD 3D e metodologias dedicadas.

Por exemplo, para um estudo conflitante de GIS, o edifício e seu duto de ar condicionado.

## 2.7 Monitoramento dos riscos no estágio de projeto

O monitoramento dos riscos durante o projeto é um passo importante para a verificação da eficácia e eficiência da avaliação do processo de gerenciamento. Durante os trabalhos do Working Group dois principais pontos foram destacados para o monitoramento destes riscos:

#### a) Utilização de registros centralizados de não-conformidade:

O risco de recorrência de desvios em projetos é comum quando os feedbacks não são fornecido pelas etapas posteriores do empreendimento (contratação, construção, comissionamento, operação, etc.) ou quando não é realizada uma gestão centralizada das informações recebidas.

A utilização de uma equipe de qualidade para monitorar as não-conformidades do processo pode garantir, de

acordo com as práticas do sistemas de qualidade da empresa, que os procedimentos e processos sejam atualizados e/ou corrigidos e equipes treinadas fazendo assim que o aprendizado dos problemas aconteça e a recorrência dos mesmos seja evitada.

b) Principais indicadores de desempenho:

A maioria das empresas tem indicadores de desempenho para medir muitos aspectos de seus negócios. Eles fornecem uma indicação de quão bem ou não um processo está sendo executado. É importante que sejam criados para o projeto indicadores específicos. Com os dados medidos, análises de tendências devem ser realizadas. A análise detalhada destes indicadores pode indicar onde estão os problemas de projeto e os riscos associados, e então ações podem ser tomadas para mitigar esses riscos.

### 3.0 - CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento do trabalho foram apresentados os principais pontos abordados durante os trabalhos do Working Group B3.38 e das contribuições brasileiras para a brochura técnica 734.

A identificação, avaliação, mitigação e monitoramento dos riscos na fase de projeto constituem um ponto fundamental e relevante para o sucesso de um empreendimento de subestações durante todas as fases do seu ciclo de vida. Os pontos destacados neste trabalho servem de base para que os projetistas, construtores, empresas concessionárias desenvolvam seus procedimentos e rotinas de verificação e acompanhamento dos seus empreendimentos desde o estágio inicial de projeto.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Cigré, SC B3, TB 734: MANAGEMENT OF RISK IN SUBSTATIONS, June 2018;

### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

#### **Fabio Nepomuceno Fraga**



Nascido em Recife-PE no ano de 1975. Formado em Engenharia Elétrica, pela UFPE em 1998, Mestre em Engenharia Elétrica, pela UFPE em 2008. Trabalhou no Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) onde atuou na área de normatização da operação e qualidade. Em 2002 ingressou na Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) onde atua na assessoria da Superintendência de Engenharia de Transmissão. Em 2003 passou a coordenar o subcomitê CE-B3.01 (Novas Concepções) do comitê de estudo CE-B3 do Cigré-Brasil. Entre 2012 e 2018 coordenou o Comitê de Estudos de Subestações B3 do Cigré Brasil. É membro do SAG (Strategic Advisory Group) do SC B3 desde 2015. Entre suas áreas de interesse estão sistemas de aterramento, compatibilidade eletromagnética, projetos e novas concepções de subestação e suas tecnologias.

#### **Adolpho Eugenio de Andrade Lima Calazans**



Nascido em Garanhuns-PE no ano de 1958. Formado em Engenharia Elétrica, pela UFPE em 1981, Mestre em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal de Itajubá em 2004. Ingressou na Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) em 1982, ocupando atualmente o cargo de Superintendente de Manutenção e desde 2018 é diretor da ETN – Extremoz Transmissora de Energia SA.

#### **Adriana Siqueira Silva**

Nascida em Paulo Afonso-BA no ano de 1974. Formada em Engenharia Elétrica, pela UFPB em 1999, Mestre em Engenharia Elétrica, pela UFCG em 2014. Trabalhou na Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba) onde atuou na área de atendimento a Clientes Especiais. Em 2003 ingressou na Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) onde atua na área de projetos de linhas de transmissão na Superintendência de Engenharia de Transmissão. Entre suas áreas de interesse estão transitórios eletromagnéticos, compatibilidade eletromagnética, projetos e novas concepções de linhas e subestação e suas tecnologias.

