

Vandenberg Pereira Paixão

**SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM SALAS ELÉTRICAS,
SUBESTAÇÕES SECUNDÁRIAS E ELETROCENTROS
"PREVENÇÃO, DETECÇÃO E COMBATE"**

São Paulo

2010

EPMI
ESP/EST-2010
P167s

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe
pela dedicação e esforço com que
cuidou dos seus filhos.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus por me dar força, saúde, persistência e fé para alcançar meus objetivos e realizar os sonhos da juventude.
- Agradeço a minha mãe que com sua simplicidade soube orientar seus filhos a escolher os caminhos do bem.
- Agradeço a todos os professores que não mediram esforços para transmitir seus conhecimentos a esta turma.
- Agradeço aos colegas da turma de engenharia de segurança do trabalho pela amizade e a harmonia com que convivemos estes dois anos.

RESUMO

Este trabalho procurou demonstrar aos profissionais de projetos de engenharia das áreas de elétrica, mecânica, civil e de arquitetura a grande importância da engenharia de segurança do trabalho na construção de edificações para salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros. Apresentou-se critérios e orientações na execução de projetos para detecção, alarme e combate a incêndio, mostrando padrões utilizados, identificando riscos, apresentando equipamentos e materiais utilizados nestas edificações que abrigam painéis com a função de suprir e controlar o sistema de energia para o processo produtivo dentro de uma planta industrial. Justificou-se a importância da presença de um profissional especialista na área de projetos de prevenção, detecção e combate a incêndio no grupo multidisciplinar das engenharias elétrica, mecânica, civil e arquitetura, apresentando normas técnicas, normas regulamentadoras, decreto estadual e livros pertinentes ao assunto. Discutiu-se e avaliou-se a possibilidade de execução dos projetos para sistema de prevenção, detecção e combate a incêndio a partir do projeto conceitual e finalmente conclui-se que na ocorrência do sinistro de incêndio e não controlado por falta de observação aos critérios básicos de prevenção, detecção e combate a incêndios, as perdas humanas e prejuízos materiais podem ser incalculáveis.

Palavras-chave: Salas elétricas. Subestações secundárias. Eletrocentros. Engenharia de Segurança. Prevenção. Detecção. Combate a incêndios.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate to electrical, mechanical, civil engineers and architects the very significance of the labor safety engineering applied to the electrical rooms, secondary substations and electrocenters design and erection. Criteria and orientation were proposed to orientate the execution of design of fire detection, warning and combat; showing adopted standards, establishing risks, presenting materials and equipment used at such buildings which contain panels that supply and control electrical power to an industrial facility. The importance of the presence of a certified safety professional is hereby justified; a professional engineer with has the expertise in prevention, detection and fire combat designs as a member of the multidisciplinary team of electrical, mechanical, civil engineers and architects, presenting technical and regulatory standards, government decrees and books regarding the subject. It was discussed the possibility of the execution of the prevention, detection and fire combat design during the conceptual study and finally it was concluded that in case of a fire disaster that was not controlled due to misobservation of the basic prevention, detection and fire combat criteria, the human loss and material damage might be unestimable.

Key-words: Electrical room; Secondary substations; Electrocenters; Safety Engineering; Prevention, Detection, Fire combat.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Fabrica de Papel e Celulose. Fonte: VESDA	12
Figura 1.2 – Planta de óleo e gás. Fonte: VESDA	13
Figura 1.3 – Planta de Mineração. Fonte: VESDA	13
Figura 3.1 – Fluxograma da geração do incêndio. Fonte: PCC-465	17
Figura 3.2 – Curva de tempo X Temperatura. Fonte: PCC-465	18
Figura 4.1 – Sala elétrica de controle. Fonte: VESDA	19
Figura 4.2 – Sala de painéis de AT e BT. Fonte: VESDA	20
Figura 4.3 – Transformador de AT instalado em baia. Fonte: VESDA	20
Figura 4.4 – Eletrocentro montado próximo. ao centro de cargas. Fonte: EATON	21
Figura 4.5 – Parte interna de um eletrocentro. Fonte: EATON	22
Figura 5.1 - Lay out de um eletrocentro. Fonte: EMERSON	23
Figura 5.2 – Saída de cabos sobre os painéis. Fonte: HILT	24
Figura 5.3 – Leito de cabo. Fonte: HILT	24
Figura 5.4 – Apresentação 3D de um eletrocentro. Fonte: EMERSON	25
Figura 5.5 – Malha de SPDA com captor. Fonte: TERMOTECNICA	26
Figura 5.6 – Malha de aterramento com solda exotérmica. Fonte: FCI	26
Figura 5.7 – Porão de cabos com todas as proteções passivas.	27
Figura 6.1 – Aplicação de pintura intumescente. Fonte: HILT	30
Figura 6.2 – Pintura intumescente em leito de cabos. Fonte: HILT	30
Figura 6.3 – Vedação de cabos em passagem de laje. Fonte: HILT	31
Figura 6.4 – Vedação de cabos em passagem de parede. Fonte: HILT	31
Figura 6.5 – Compartimentação vert. e horizontal com paredes corta fogo ..	32
Figura 6.6 – Condutores de baixa tensão. Fonte: FICAP	34

Figura 6.7 – Quadro de distrib. de força em baixa tensão. Fonte: LAVILL	35
Figura 6.8 – Centro de controle de motores em baixa tensão. Fonte: LAVILL	35
Figura 6.9 – Gaveta compartimentada de um CCM. Fonte: LAVILL	36
Figura 6.10 – Sistema de detecção por aspiração de uma sala elétrica. Fonte: VESDA	48
Figura 6.11 – Ilustração do funcionamento de detecção por aspiração	48
Figura 6.12 – Curva de eficiência do sistema de detecção por aspiração	49
Figura 6.13 – Sala de painéis em BT com proteção por aspiração	49
Figura 6.14 – Detector de fumaça óptico e termovel. endereçável	40
Figura 6.15 – Detector de fumaça termovelocimétrico endereçável	40
Figura 6.16 – Cabo do sensor em condutor de aço. Fonte: DIGISENSOR	...41
Figura 6.17 – Cabo do sensor de fibra óptica. Fonte: DIGISENSOR	41
Figura 6.18 – Central de alarme tipo convencional. Fonte: ASCAREL	42
Figura 6.19 – Central digital micro processada, botoeira, sirene e detector. FONTE: ASCAREL	42
Figura 6.20 – Sinalização de proibição	43
Figura 6.21 – Sinalização de alerta	43
Figura 6.22 – Sinalização de orientação e salvamento	44
Figura 6.23 – Sinalização de equipamento	44
Figura 6.24 – Esquema de bateria com conjunto de cilindros de CO2. Fonte: NAVI	45
Figura 6.25 – Atuação de um gás limpo em um sinistro	46
Figura 6.26 – Bateria de instalação de Gases limpos. Fonte: RMR	47
Figura 6.27 – Aplicação de sistema water spry. Fonte C. M. Couto	58

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
1 – Introdução	11
1.1 – Objetivo geral	14
1.2 – Objetivos específicos	14
1.3 – Justificativa	14
2 - Metodologia	15
3 – Revisão bibliográfica	16
3.1 – O quadrilátero do fogo para geração do incêndio	16
4 – Definições das edificações	18
4.1 – Salas Elétricas	18
4.2 – Subestações secundárias	19
4.3 – Eletrocentros	21
5 – Construção das edificações	22
5.1 – Localização da edificação	22
5.1.1 – Arranjo físico (Lay out)	22
5.1.2 – Disposição de leitos e eletrocalhas	23
5.1.3 – Iluminação normal	24
5.1.4 – Sistema de proteção atmosférica (SPDA)	25
5.1.5 – Sistema de malha de aterramento	26
5.1.6 – Porão de cabos	27
6.1 – Dimensionamento da carga de incêndio	28

6.2 – Prevenção, Detecção e alarme.....	28
6.2.1 – Prevenção	28
6.2.2 – Detecção e alarme	29
6.3 – Proteção passiva	30
6.3.1 – Pintura anti-chama	30
6.3.2 – Material selante corta fogo para obturações	31
6.3.3 – Paredes, pisos e lajes corta fogo	32
6.3.4 – Portas corta fogo	32
6.3.5 – Condutores elétricos	33
6.3.6 – Painéis elétricos	34
6.3.7 – Suportes metálicos.....	36
6.3.8 – Poço de contenção de óleo.....	36
6.4 – Proteção ativa.....	37
6.4.1 – Detecção por aspiração.....	37
6.4.2 – Elementos de detecção térmicos, temovelocimétricos e ópticos.....	40
6.4.3 – Elementos de detecção linear de calor	41
6.4.4 – Acionador manual, sirenes e centrais de alarme.....	42
6.4.5 – Sinalização de emergência	43
6.4.6 – Sistema de chuveiros automáticos.....	45
6.4.7 – Sistema fixo de Dióxido de carbono (CO ₂)	45
6.4.9 – Sistema de água nebulizada de alta velocidade (water spray).....	47
6.4.10 – Extintores portáteis de incêndio	48
6.4.11 – Sistema hidráulico preventivo.....	48
7 – Discussão	49
8 – Conclusão.....	49
9 – Referências Bibliográficas	50

10 – Bibliografía consultada	52
------------------------------------	----

1 – Introdução

Atualmente tem-se observado na área da engenharia de projetos que quando se inicia um estudo para um projeto de uma indústria ou um prédio comercial, pouco tem se dado importância a infra estrutura para o sistema de energia como subestações e salas elétricas, na estruturação do projeto básico para levantamento de custo de implantação, pouco é a importância com as dimensões das salas, seu arranjo (lay out) e a as condições mínimas necessárias para a segurança contra incêndio, não sendo considerado os custos para implantação do sistema.

Os sinistros com incêndios no sistema elétrico têm causado prejuízos materiais e perdas de produção em indústrias e o que é mais triste, a perda de vidas humanas. Não é possível apresentar dados estatísticos de incêndios em subestação, pois não existe nos órgãos competentes como fundações e Ministério do Trabalho e Emprego algo sobre o assunto.

A segurança contra incêndios em subestações em particular – salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros é de suma importância para o suprimento de energia em um processo produtivo, partindo do princípio de que com sua interrupção nada se produz. A energia está presente em todos os processos produtivos como: Planta de papel e celulose (figura 1.1), planta de óleo e gás (figura 1.2), planta de mineração (figura 1.3), alimentícia, cimento, farmacêutica, etc.

A preocupação com um correto e eficiente dimensionamento do projeto de uma sala elétrica, uma subestação secundária ou um eletrocentro deve estar presente em todas as disciplinas (elétrica, mecânica, arquitetura e civil) envolvidas e cada uma delas atendendo às normas técnicas nacionais, internacionais (quando o caso assim for exigido), legislações federais, estaduais e municipais vigentes. Todas as disciplinas competentes devem fazer uma integração com a **engenharia de segurança do trabalho**, pois a proteção contra incêndio é uma das responsabilidades desta disciplina dentro de uma planta industrial.

Na concepção de um projeto de uma sala elétrica, subestação secundária ou eletrocentro, deve ser avaliado o potencial de risco para dimensionar o grau de proteção da edificação conciliado com o custo do investimento e os valores do

seguro; exigências feitas pelas companhias seguradoras. No projeto de edificação de uma subestação deve ser considerado os melhores níveis de detecção, alarme, proteção ativa e passiva para preservação da vida das pessoas que operam o sistema e o bem patrimonial. Uma sala elétrica, uma subestação secundária ou um eletrocentro em reparo por um sinistro de incêndio pode comprometer todo um processo produtivo por vários dias, meses e até tornar inviável o investimento ao tempo de reposição dos equipamentos danificados.

É observado que de aproximadamente duas décadas até agora, foram aperfeiçoados materiais e equipamentos de detecção, alarme, proteção passiva e ativa no combate ao incêndio, como também os cabos elétricos que não propagam chamas e os painéis elétricos compartimentados que impedem a proliferação do incêndio pela separação física dos demarradores na ocorrência do sinistro, a tecnologia dos sensores eletrônicos endereçáveis mais precisos no envio de informações e, as centrais micro processadas; porém apesar de todo esse avanço é prudente considerar em um projeto todos os tipos de proteções que possam inibir o sinistro do incêndio.



Figura 1.1 – Fabrica de Papel e Celulose. Fonte: VESDA

PLATAFORMAS OFFSHORE



Figura 1.2 – Planta de óleo e gás. Fonte: VESDA

MINAS



Figura 1.3 – Planta de Mineração. Fonte: VESDA

1.1 – Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é apresentar um critério básico orientativo para a execução de um projeto de detecção, alarme e combate a incêndio com proteções ativas e passivas em salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros, tornando a edificação apta para aprovação dos sistemas legais de fiscalização e companhias seguradoras.

1.2 – Objetivos específicos

- Apresentar os itens e padrões a serem considerados para a realização do projeto das salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros;
- Identificar os fatores de riscos elétricos existentes nestas edificações com características próprias para estes sinistros, dentro de uma planta industrial.
- Apresentar os principais equipamentos, materiais e sistemas utilizados para a proteção passiva, ativa, detecção e alarme de combate ao incêndio.

1.3 – Justificativa

Considerando que os projetos de sistema de detecção, alarme e combate a incêndio não são dadas a sua devida importância na execução do projeto de uma sala elétrica, subestação secundária ou eletrocentro em uma planta industrial e, muitas vezes por não ter no corpo multidisciplinar um especialista; estes projetos são executados por empresas especialistas subcontratadas para este fim e que não estão ligadas diretamente ao grupo multidisciplinar do projeto industrial. Idealizou-se este documento de consulta que interliga todas as disciplinas no desenvolvimento do projeto, apresentando as normas brasileiras (NBR'S) da Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT) e internacionais, normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (NR'S), as exigências do corpo de bombeiros local através de seu decreto estadual e suas instruções técnicas e, a legislação municipal através do código de obras do município referentes especificamente às edificações que comportam equipamentos elétricos para transformação, alimentação, controle, seccionamento e distribuição de energia elétrica que, neste caso trata-se de salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros.

2 - Metodologia

Toda a pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho de caráter orientativo, foi baseado em consultas a ABNT (NBR 8674:1984, NBR 9441:1998, NBR 10898:1999, NBR 11836:1992, NBR 13231:1994, NBR 5410:1997, NBR 5413:1992), Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (NR-10:2004, NR-23:2001, NR-26:1978), Código de Obras do Município de São Paulo, Decreto Estadual 46.076 de 31/08/2001, com as instruções técnicas (IT06/2001, IT07/2001, IT09/2001, IT11/2001, IT14/2001, IT18/2001, IT19/2001, IT20/2001, IT21/2004, IT26/2004, IT37/2001) do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (CBESP), o livro "A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS NO BRASIL" (SEITO, ALEXANDRE ITO. et. al, 2008) e PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS E EXPLOSÕES PARTES A e B (ESCOLA POLITÉCNICA DA USP – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA – PECE, 3ª Ed., São Paulo, 2008).

3 – Revisão bibliográfica

3.1 – O quadrilátero do fogo para geração do incêndio

O fogo é a liberação de uma energia através de uma **reação química** em cadeia, produzida pelos elementos: **calor, combustível e oxigênio**. O primeiro é o calor que dá início ao sinistro pela ignição e que se propaga rapidamente em uma sala elétrica, subestação secundária ou eletrocentro, é gerada quase sempre pelos curtos circuitos. A extinção se dá por água (resfriamento) ou gases, reduzindo o nível de oxigênio (abafamento). (GONSALVES, O. M.; OLIVEIRA, L. H.; DA GRAÇA, M. E. A, 2008).

O segundo agente é o combustível que nas edificações citadas, este agente aparece principalmente como isolação de condutores e óleo de transformadores. O grau de remoção dos agentes combustíveis é extremamente difícil em subestações secundárias, eletrocentros e salas elétricas devido a isolação de PVC se fundir ao cobre dos cabos. O vazamento do líquido isolante dos transformadores sinistrados escorre pelas britas do poço de contensão e chega até a caixa de separação de água e óleo.)(GONSALVES, O. M.; OLIVEIRA, L. H.; DA GRAÇA, M. E. A, 2008).

Em terceiro vem o oxigênio responsável pela manutenção do incêndio alimentando as chamas, intensificando a combustão. A concentração de oxigênio no ar é de 21% porém, a condição para que possa ocorrer a combustão dos gases hidrocarbonetos e vapores é de 15%, mas para que possamos extinguir um incêndio será necessário baixar este nível para um valor de 13%).(GONSALVES, O. M.; OLIVEIRA, L. H.; DA GRAÇA, M. E. A, 2008).

E por fim a reação química onde ocorre a combustão (exotérmica) e se realimenta é aplicado o método de extinção pela inibição da reação onde há produção de chamas utilizando elementos capazes de reagir com radicais ativos rompendo a cadeia.).(GONSALVES, O. M.; OLIVEIRA, L. H.; DA GRAÇA, M. E. A, 2008).

Os compostos alogenados (proibidos) não são mais utilizados, a proibição se dá ao fato de o gás Halon destruir a camada de ozônio, esta proibição se deu no Brasil pela resolução do CONAMA de número 13 de 13/12/1995 e de número 229 de

20/08/1997 e depois substituída pela de número 267 de 14/09/2000 pelo fato de que em 1987 em Montreal no Canadá foi elaborado um protocolo que se eliminava em âmbito global os gases com propriedades de destruir a camada de ozônio (Seito, A. I. et. al , 2008).

A figura 3.1 apresenta o fluxograma de um princípio de incêndio.

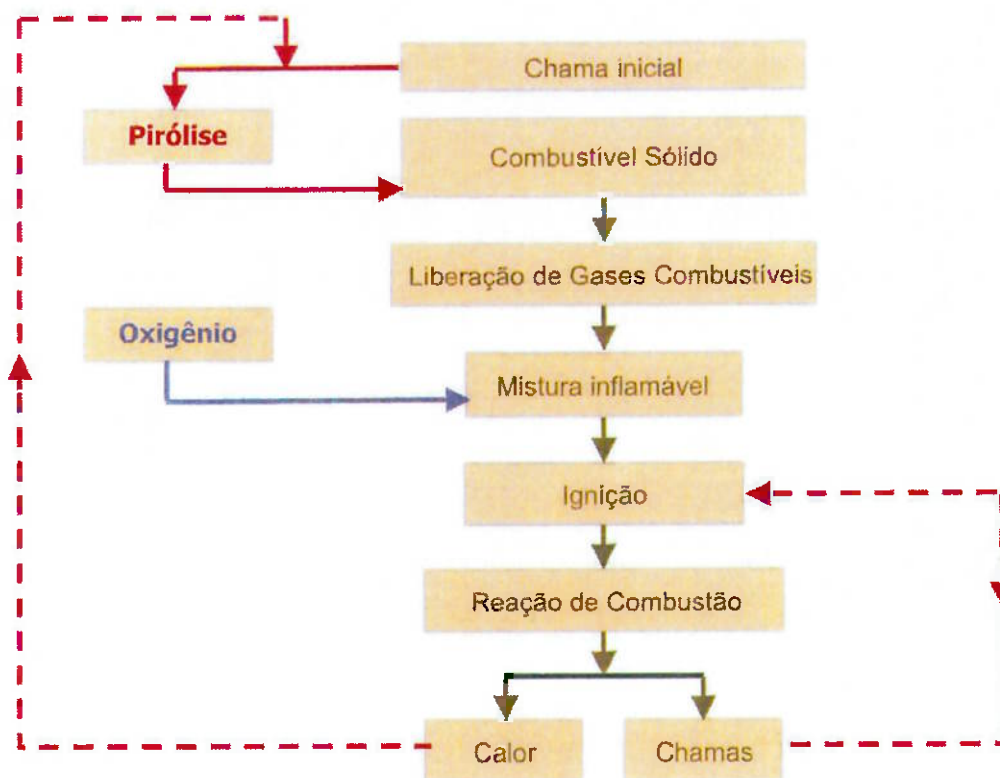


Figura 3.1 – Fluxograma da geração do incêndio. Fonte: USP - PCC-2465

A curva de tempo x temperatura na ocorrência de um incêndio apresentada na figura 3.2. A ocorrência de um incêndio em uma edificação qualquer possui as seguintes fases básicas: O princípio do incêndio na primeira fase, onde ocorre a elevação de temperatura no foco do incêndio e, esta vai sendo transferida para outros materiais e aquecendo até a combustão com a alimentação do oxigênio, esta temperatura pode variar entre 400°C a 600°C. Na segunda fase da propagação e descontrole pode ocorrer entre os primeiros 20 minutos o “backdraft” que é uma inflamação súbita ocasionada pela abertura de porta ou quebra de janelas de vidros, podendo ocasionar a ruptura dos elementos estruturais, isto depende muito do

material combustível. E, por fim a fase onde ocorre a redução de temperatura e a extinção do incêndio.

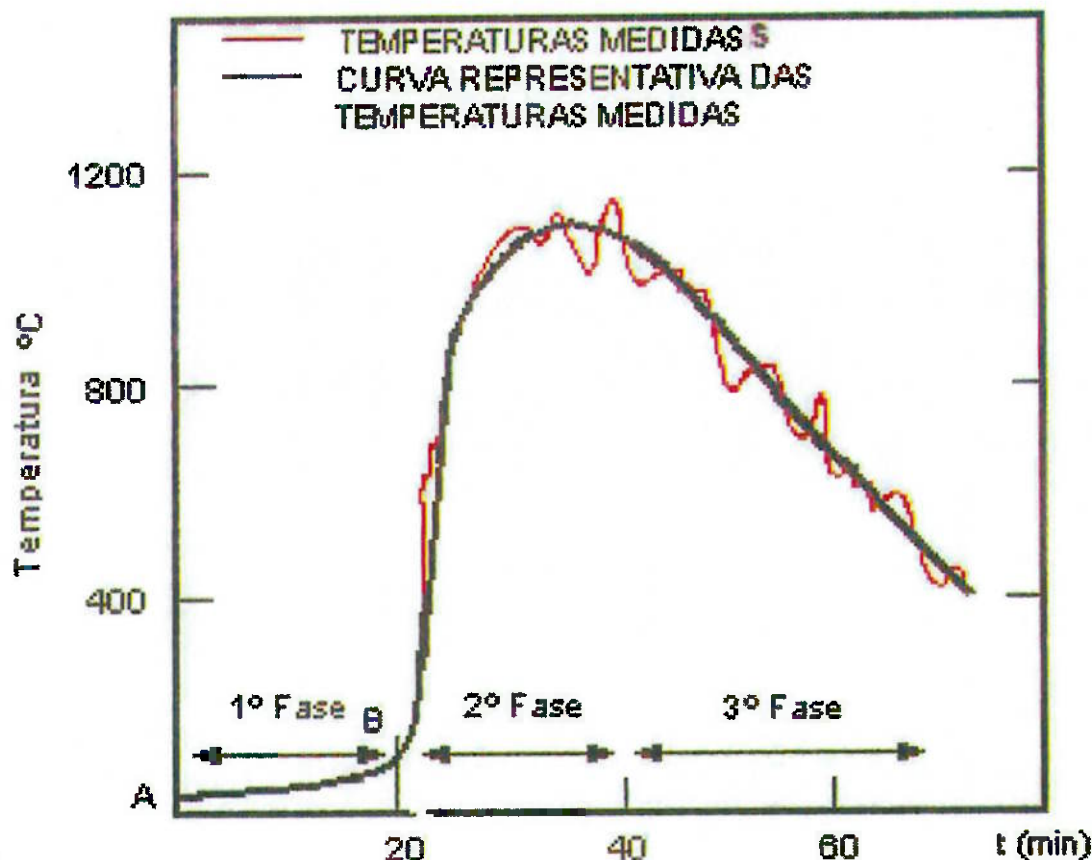


Figura 3.2 – Curva de tempo X Temperatura. Fonte: USP - PCC-2465

4 – Definições das edificações

4.1 – Salas Elétricas

São salas construídas em alvenaria dentro das unidades de produção anexadas ou não a sala de controle; ficam o mais próximo dos centros de carga dos processos conforme exemplo na figuras 4.1, onde estão instalados no break's, painéis elétricos de iluminação, controladores lógicos programáveis (CLP), Centro de Controle de Motores baixa tensão. Geralmente não possuem porão de cabos exclusivos. A alimentação das salas elétricas é feita por cabos elétricos em

bandejamento ou, envelopes partindo de uma subestação primária ou secundária onde está concentrado o sistema elétrico das unidades produtivas e utilidades.



Figura 4.1 – Sala elétrica de controle. Fonte: VESDA

4.2 – Subestações secundárias

As subestações secundárias são construídas em alvenaria incluindo sala de painéis em baixa tensão (BT), sala de alta tensão (AT), conforme figura 4.2, porão de cabos e baias para os transformadores. A figura 4.3 apresenta um transformador de AT com isolamento a óleo mineral instalado em baia isolada.

Fazem parte do sistema de potência, recebendo energia em alta tensão da subestação primária. Geralmente fica localizada próxima aos centros de cargas das áreas de produção, anexada aos prédios ou interna a estes. As subestações secundárias comportam transformadores a seco ou a óleo mineral, os quadros de força de média tensão, quadros de baixa tensão, Centro de controle de motores (CCM's) de média tensão, Centro de controle motores (CCM's) de baixa tensão sistema de transferência por geradores, no break's e todo sistema auxiliar e de emergência. O sistema de controle também pode estar no mesmo prédio dependendo do arranjo físico da sala (lay out) do sistema produtivo definido pelo projeto.



Figura 4.2 – Sala de painéis de AT e BT. Fonte: VESDA

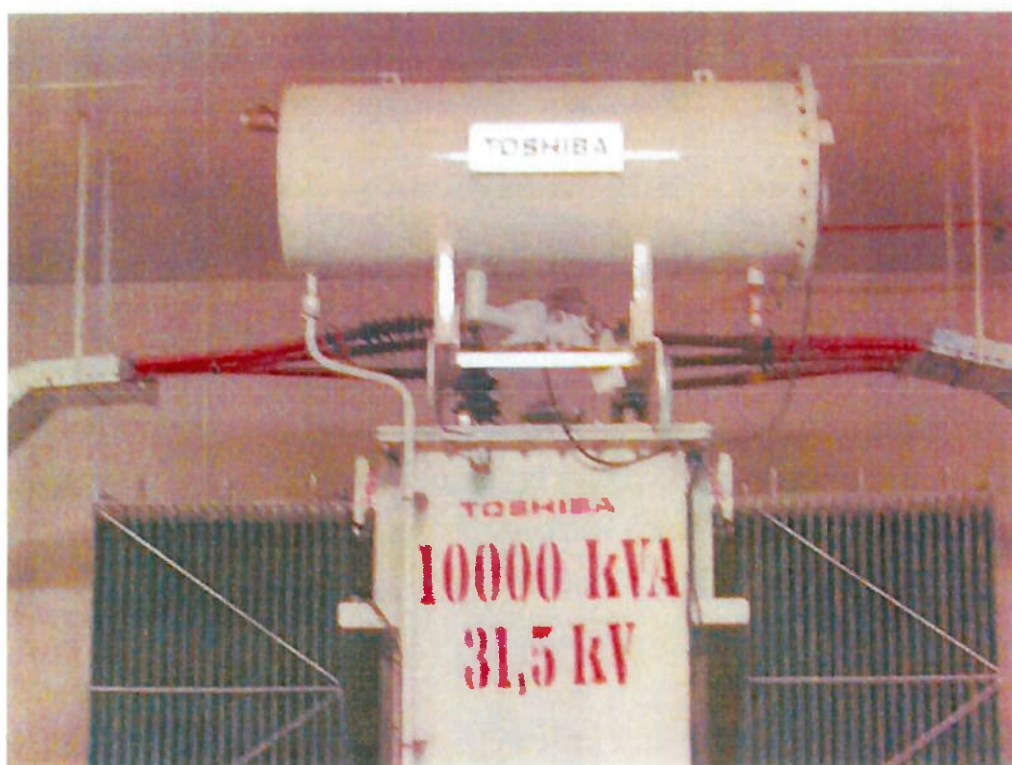


Figura 4.3 – Transformador de AT instalado em baia. Fonte: VESDA

4.3 – Eletrocentros

Os eletrocentros conforme apresentado nas figuras 4.4 e 4.5, são módulos metálicos de salas pré-montadas, transportáveis no padrão container's que, podem comportar toda parte do sistema de energia como CCM's (centro de controle de motores) de média e baixa tensão, quadros de força de BT (baixa tensão) e MT (média tensão), painéis auxiliares e de controle, no-breaks, sistema de ar condicionado, iluminação e combate a incêndio. Uma grande utilização é para área de mineração onde podem ser facilmente removidos, diferente das subestações secundárias em alvenaria.



Figura 4.4 – Eletrocentro montado próximo ao centro de cargas. Fonte: EATON



Figura 4.5 – Parte interna de um eletrocentro. Fonte: EATON

5 – Construção das edificações

5.1 – Localização da edificação

Deve ser definida por uma equipe multidisciplinar, de profissionais habilitados de competência das áreas envolvidas, que devem considerar aspectos como: localização do prédio na planta, a posição geográfica para a melhor distribuição da energia no sistema produtivo, o tipo de construção para eventual emergência e acesso às viaturas do corpo de bombeiros e ambulâncias. Devem ser observadas as normas: NBR-13231, NBR-13859, IT-37 (instrução técnica do corpo de bombeiros do estado de São Paulo).

5.1.1 – Arranjo físico (Lay out)

Na elaboração do lay out de uma sala elétrica, subestação secundária ou eletrocentro, deve-se observar os espaços requeridos pela NR-10, NR-23, NR-26, IT-06/01 (Acesso a viaturas na edificação e área de risco) e IT-20/01 para circulação, manutenção e ocupação da população. A utilização do espaço por pessoas portadoras de deficiência física também deve ser considerada. A figura 5.1 mostra a implantação de um eletrocentro em uma planta industrial.



Figura 5.1 – Eletrocentro para subestação. Fonte: EMERSON

5.1.2 – Disposição de leitos e eletrocalhas

Leitos e eletrocalhas quando instalados dentro das salas, não devem ser instalados nas áreas onde possam estrangular as rotas de fuga. Em eletrocentros e algumas subestações, são instalados acima dos painéis de controle e centro de controle de motores (CCM's), como mostrado na figura 5.2 que não é aconselhável por aumentar os riscos de incêndios nestes ambientes. Os leitos são dispostos em camadas no porão de cabos devido a diferentes funções como: circuitos de alimentação de motores, circuitos de iluminação, circuitos de controle, etc. Estes cabos devem ser disposto nos leitos conforme especificações técnicas entre elas o aquecimento que pode provocar incêndio. Estando os cabos dispostos nos leitos sem folga, preenchendo todo o espaço horizontal como mostrado na figura 5.3, isto bloqueia a circulação de fumaça num princípio de incêndio retardando a detecção do sinistro pelos detectores de fumaça.

bloqueia a circulação de fumaça num princípio de incêndio retardando a detecção do sinistro pelos detectores de fumaça.

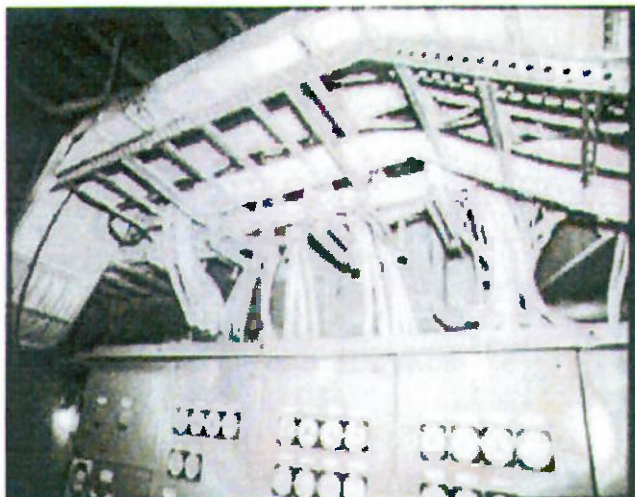


Figura 5.2 – Saída de cabos sobre os painéis. Fonte: HILT



Figura 5.3 – Leito de cabo. Fonte: HILT

5.1.3 – Iluminação normal

Nas salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros, a iluminação natural deve ser reforçada de acordo com os índices apresentados na NBR-5413 e conforme as exigências de NR-15 e NR-17. Porém deve ser previsto iluminação de

quanto ao grau de risco, todos os quadros de iluminação devem atender as NR-10 e os cabos não devem propagar fumaça. O dimensionamento dos circuitos e a porcentagem de ocupação de cabos em eletrodutos, eletrocalhas e perfilados para iluminação e tomadas, devem obedecer às exigências da NBR-5410. A figura 5.4 mostra um eletrocentro completo com luminárias externas, posição das máquinas de ar condicionado e acessos.



Figura 5.4 – Eletrocentro compacto. Fonte: EMERSON

5.1.4 – Sistema de proteção atmosférica (SPDA)

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) deve ser dimensionado dentro dos padrões de NBR-5419. Em salas elétricas, subestações secundárias incorporadas à edificação da área de produção, o SPDA deve ser agregado, porém em eletrocentros e subestações secundárias devem ter sistema próprio. O SPDA e o sistema de aterramento devem ser interligados e possuir um mesmo equipotencial.



Figura 5.5 – Malha de SPDA com captor. Fonte: TERMOTECNICA

5.1.5 – Sistema de malha de aterramento

Sistemas com falhas no aterramento podem provocar incêndios devido a curtos circuitos para terra e correntes estáticas dos equipamentos elétricos e eletrônicos provocando faíscas. Portanto, o sistema deve estar bem dimensionado conforme padrões das normas técnicas. Todas as partes metálicas devem ser interligadas e com o mesmo potencial para drenar rapidamente as correntes provenientes de descargas atmosféricas. As normas a serem observadas são basicamente as NBR-14039, NBR-5410 e NBR-5419

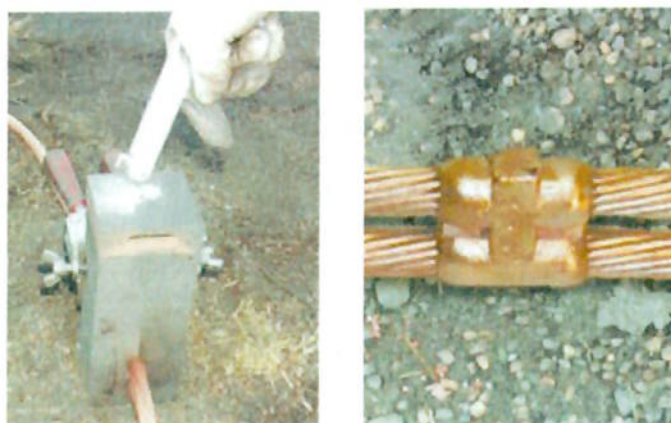


Figura 5.6 – Malha de aterramento com solda exotérmica. Fonte: FCI

5.1.6 – Porão de cabos

São salas construídas nos níveis abaixo das salas de painéis das subestações secundárias, onde são instalados leitos e eletrocalhas destinados a receber os cabos alimentadores da subestação secundária, transformadores e a saída de cabos dos painéis, quadros de força e CCM,s para as cargas elétricas da indústria. O lay out desses leitos e eletrocalhas é construído em função do lay out da sala de equipamentos do nível superior em função da saída dos cabos dos painéis, devido a isto, as áreas de circulação tornam-se difíceis e as rotas de fuga complexas, não sendo aconselhável a circulação de pessoas neste pavimento. É apresentado na figura 5.7 um porão de cabos de uma subestação com todas as proteções passivas iluminação adequada para circulação.

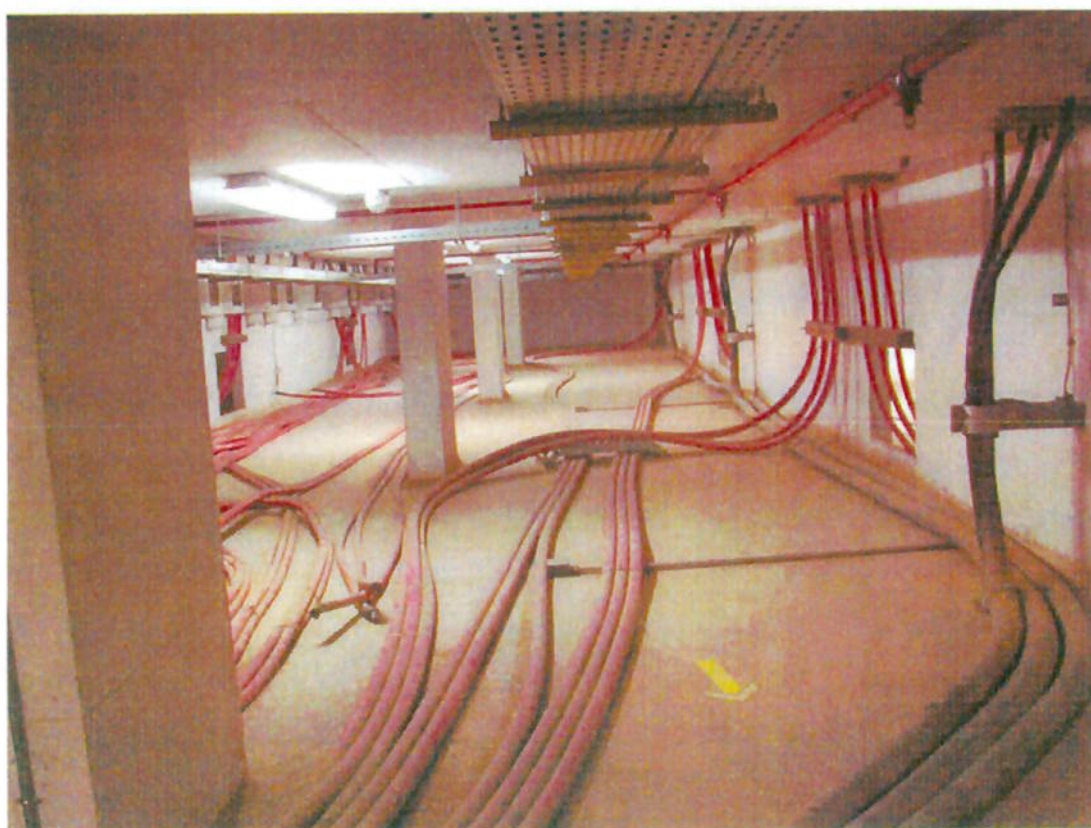


Figura 5.7 – Porão de cabos com todas as proteções passivas.

6 – Sistema de proteção e combate

6.1 – Dimensionamento da carga de incêndio

A carga de incêndio é utilizada para classificar as edificações quanto ao nível das exigências para medidas de segurança das edificações classificando os riscos.

O decreto estadual número 46076/01 em suas IT-14/01 e 37/01 do corpo de bombeiros do estado de São Paulo, utiliza estes parâmetros para classificar as edificações pelos riscos e grupos.

Segundo o decreto acima as salas elétricas, subestações e eletrocentos estão classificados em função da área de risco e ocupação pelo grupo especial M-3 com uma carga de incêndio entre 300 a 1200 J/m². É extremamente necessário que seja feito um estudo detalhado dos materiais utilizados nas subestações, em relação aos materiais e equipamentos auxiliares, como os móveis e os materiais do sistema de iluminação e tomadas como: reatores, tomadas, eletrodutos de pvc, fiação e quadros de distribuição de luz.

6.2 – Prevenção, Detecção e alarme

6.2.1 – Prevenção

A empresa deve ter um plano de intervenção especializado neste tipo de sinistro, com treinamento de brigada, kit de primeiros socorros para atendimento imediato com pranchas e cadeiras para remoção de feridos. O projeto deve atender as exigências da NR-23 (norma regulamentadora do MTE-Proteção contra incêndio) e observar as orientações técnicas do corpo de bombeiros local, que para São Paulo trata-se da IT-16.

6.2.2 – Detecção e alarme

O projeto deve contemplar um sistema capaz de monitorar e anunciar o princípio de incêndio, de forma imediata, funcionando de forma contínua para proporcionar tempo de ação para o controle do incêndio e a saída imediata da população em conformidade com a NBR-9441 (Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio), devem ser observadas as instruções técnicas do corpo de bombeiros local que para São Paulo trata-se da IT-19.

O sistema de detecção em salas elétricas, subestações secundárias, deve ser escolhido de forma criteriosa, analisando cada local de detecção como sala de painéis, baia de transformadores e porão de cabos. É aconselhável que o sistema de detecção seja endereçável e interligado com o sistema supervisor da indústria, permitindo a identificação imediata do sinistro e as ações a serem tomadas.

Deve ser avaliado o tipo de detecção em função do custo, exigência da seguradora e a prioridade do equipamento a ser monitorado como, por exemplo: Na sala de painéis é ideal que se use um sistema de detecção por aspiração, o que garante uma resposta a baixos níveis de fumaça. Portanto, no porão de cabos deve-se utilizar um detector térmico ou termovelocimétrico, pois nos porões os cabos são especificados para não propagar chama, porém, num curto-circuito provocaria um grande aquecimento. Nos transformadores a óleo mineral os detectores ópticos de fumaça são indicados por ficarem nas baias e em locais parcialmente abertos.

Não é recomendado, a instalação de painéis repetidores ou centrais de alarme dentro de porões de cabos, ou locais onde não tenha circulação de pessoas, como depósitos de materiais ou salas de equipamento de ar condicionado.

6.3 – Proteção passiva

6.3.1 – Pintura anti-chama

Material recomendado: pintura que não permita a propagação de chamas, pode ser intumescente (para uso interno em porão de cabos) e ablativa (uso externo) na saída do porão de cabos ou saída de eletrocentros e salas elétricas. A tinta intumescente serve para a proteção de estruturas tanto metálicas como de madeira, além de cabos elétricos, protegendo do fogo e do calor por até 2 horas. A tinta intumescente se expande ao atingir uma temperatura de 200°C, chegando a 40 vezes sua espessura original sem provocar chamas e protegendo o material.



Figura 6.1 – Aplicação de pintura intumescente. Fonte: HILT



Figura 6.2 – Pintura intumescente em leito de cabos. Fonte: HILT

6.3.2 – Material selante corta fogo para obturações

Material recomendado para aplicação em passagens de cabos entre paredes e lajes entre a sala de painéis e porão de cabos ou galerias, utilizado para vedação na saída de cabos de quadros de força, CCM's e painéis auxiliares. Os materiais indicados pela NBR-13321 que são gesso e lã mineral ou misturas a base de poliuretano. Todos os materiais de obturação devem ter no mínimo o mesmo tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) da laje ou parede.



Figura 6.3 – Vedação de cabos em passagem de laje. Fonte: HILT

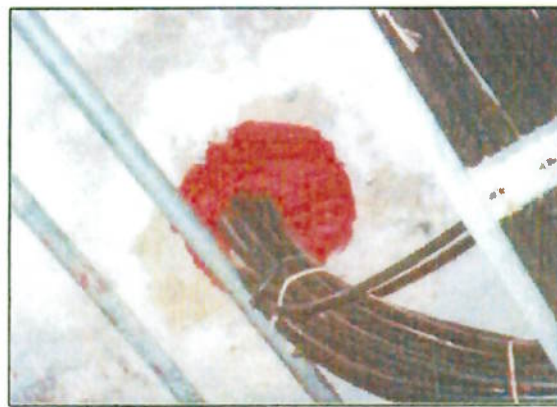


Figura 6.4 – Vedação de cabos em passagem de parede. Fonte: HILT

6.3.3 – Paredes, pisos e lajes corta fogo

O objetivo da compartimentação é impedir a propagação do fogo, nas salas elétricas e subestações secundárias; a compartimentação vertical e horizontal deve ser seguida da seguinte maneira: Lajes corta fogo entre sala de controle e porão de cabos, paredes corta fogo entre baias de transformadores e salas de alta tensão. Todo revestimento e pintura devem apresentar boa resistência ao fogo apresentando baixa produção de calor e redução nas chamas superficiais. A figura 6.5 apresenta exemplos de compartimentação vertical e horizontal. As salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros devem considerar na sua implantação as normas de separação entre edificações levando-se em conta o risco dessas edificações seguindo as orientações da IT07/01 e IT-09/01 do corpo de bombeiros do Estado de São Paulo.

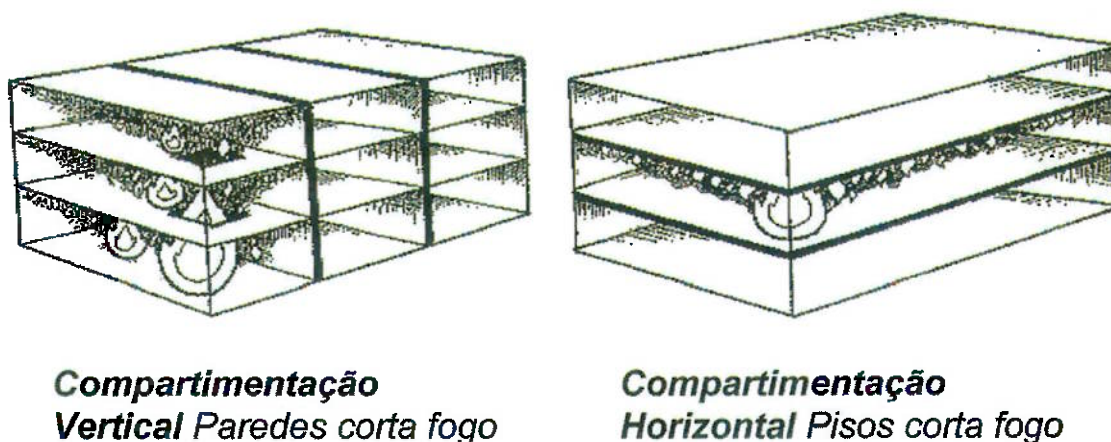


Figura 6.5 – Compartimentação vertical e horizontal com paredes corta fogo

6.3.4 – Portas corta fogo

As portas corta fogo complementam a compartimentação horizontal com as mesmas características das paredes. Adequar as salas e subestações elétricas para possuírem no mínimo duas portas de saída instaladas em sentidos opostos, com

abertura de no mínimo 1,20 m, sentido de abertura para o exterior da área e possuir barra antipânico, na face voltada para o interior da sala. As portas para entrada e saída para equipamentos elétricos das salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros devem possuir as mesmas características das portas ou paredes corta fogo. Novos projetos devem obrigatoriamente conter estas especificações.

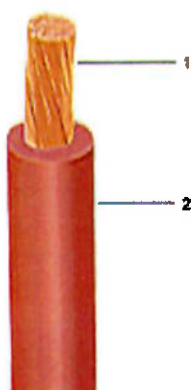
6.3.5 – Condutores elétricos

Todos os cabos elétricos utilizados em alta tensão e baixa tensão devem ser do tipo a não propagar chama obedecendo às normas para cabos com isolamento em XLPE (NBR 7287), EPR (NBR 7286) e PVC (NBR 7288 E NBR 8661).



Construção

1. Condutor: de cobre, têmpera mole, com alta flexibilidade atendendo ao encordoamento na classe 5, conforme NBR NM 280;
2. **Isolação:** HEPR para 90°C, atendendo aos requisitos físicos prescritos pela NBR 7286
Cores: Bipolar: preto e azul claro;
 Tripolar: branco, preto e azul claro;
 Tetrapolar: branco, preto, vermelho e azul claro.
3. **Cobertura:** em Policloreto de Vinila, na cor preta, atendendo aos requisitos físicos prescritos pela NBR 6251, para o tipo ST2.
Nota: Nos cabos multipolares, quando necessário, é aplicado um enchimento de Policloreto de Vinila (PVC).



Construção

1. **Condutor:** flexível de cobre, têmpera mole, com encordoamento na classe 5;
2. **Isolação:** composto termoplástico poliolefinico, não halogenado (70°C), nas cores: preto, branco, azul claro, vermelho, verde e verde/amarelo.

Figura 6.6 – Condutores de baixa tensão. Fonte: FICAP

6.3.6 – Painéis elétricos

Devem estar de acordo com as especificações dos níveis de curto e seletividade do sistema de proteção, obedecendo aos valores adotados no critério de projeto e construídos atendendo à norma NBR IEC 60439-1 (Quadros totalmente testados TTA) e (Parcialmente testados PTTA) e às condições da NR-10. A compartimentação dos alimentadores reduz sensivelmente o risco de incêndios por curto circuito.



Figura 6.7 – Quadro de distribuição de força em baixa tensão. Fonte: LAVILL

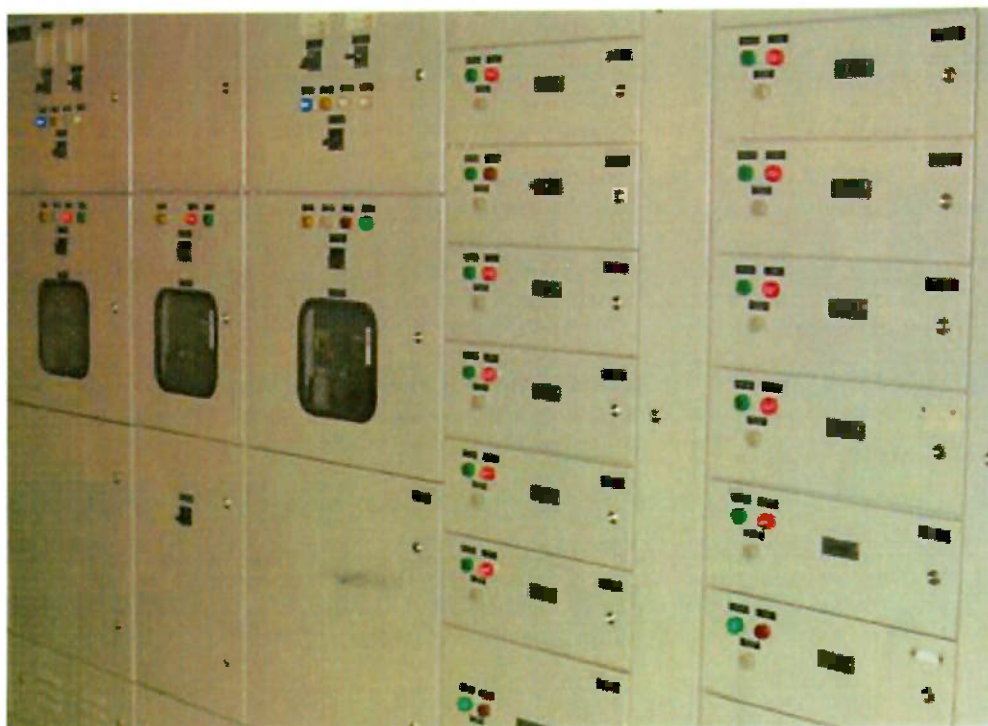


Figura 6.8 – Centro de controle de motores em baixa tensão. Fonte: LAVILL



Figura 6.9 – Gaveta compartimentada de um CCM. Fonte: LAVILL

6.3.7 – Suportes metálicos

Toda a fixação e sustentação de eletrodutos, leitos, eletrocalhas, deve se executada em aço galvanizado, aço inox ou aço carbono e a fixação com chumbadores e parafusos em aço carbono galvanizados, ou inox conforme exigência do projeto e pintura intumescente.

6.3.8 – Poço de contenção de óleo

Para transformadores a óleo devem ser previstas baias com poço de contenção de óleo isolante e de fácil retirada. A construção deve atender às exigências na Norma Brasileira NBR-13321 e Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo – IT 37.

Para subestações secundárias e eletrocentros o mais indicado é a instalação de transformadores à seco, pois as exigências quanto a sua instalação é bem menos restritiva e exige menos infra estrutura civil na implantação.

6.4 – Proteção ativa

Em instalações de salas elétricas, subestação secundária e eletrocentros, a utilização de proteções ativas deve ser bem estudada, pois a utilização de água deve ser muito restrita tanto para sistemas fixos, como móveis de combate a incêndio.

6.4.1 – Detecção por aspiração

A detecção por aspiração utiliza um sistema de tubulações de amostragem colocado estrategicamente na superfície superior dos painéis elétricos de controle e suga o ar que é analisado por uma central, podendo detectar com precisão e rapidez o sinistro. A figura 6.10 mostra um exemplo de instalação numa sala de processamento de dados e a figura 6.11 apresenta um esquemático do processo de detecção. É apresentado na figura 6.12 uma curva de eficiência do sistema em relação às outras formas de detecção comparando a densidade de fumaça com o tempo de resposta de cada detector. Uma aplicação prática é apresentada na figura 6.13 onde se mostra a sala de painéis de baixa tensão com painéis supervisionados pelo sistema de aspiração.

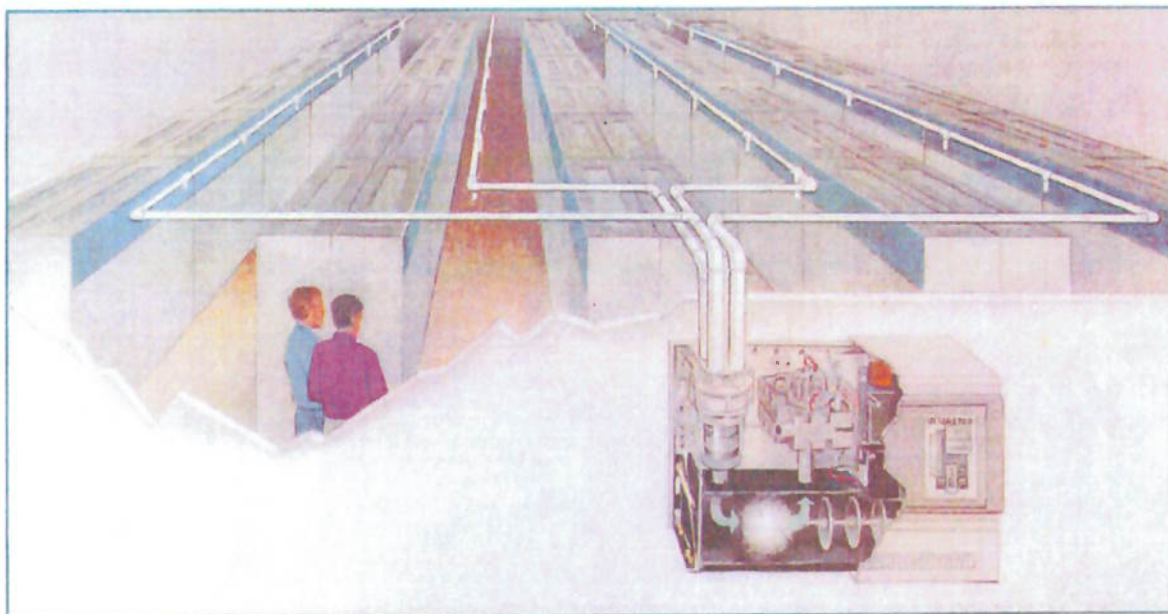


Figura 6.10 – Sistema de detecção por aspiração de uma sala elétrica. Fonte: VESDA

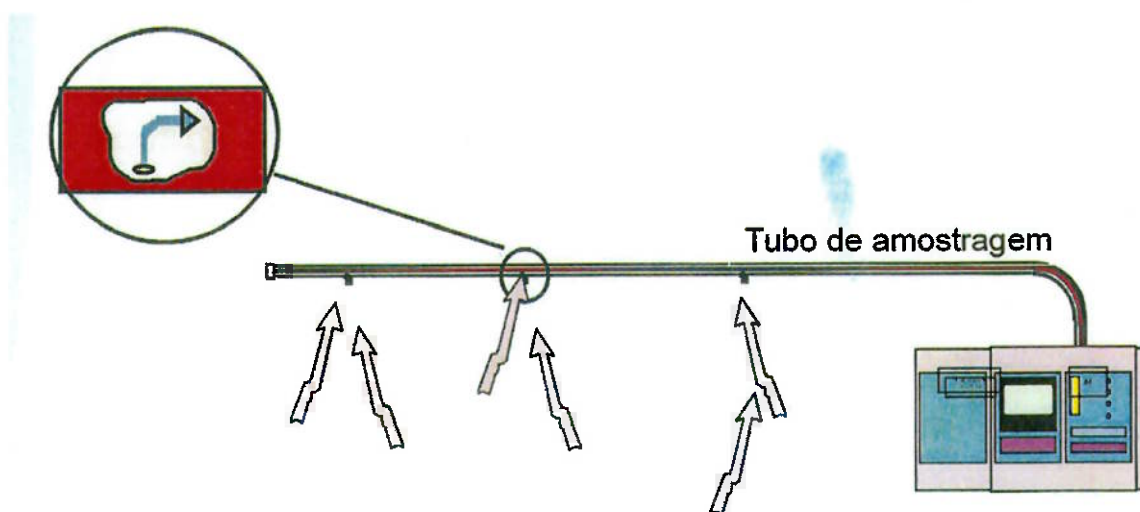


Figura 6.11 – Ilustração do funcionamento de detecção por aspiração. Fonte: VESDA

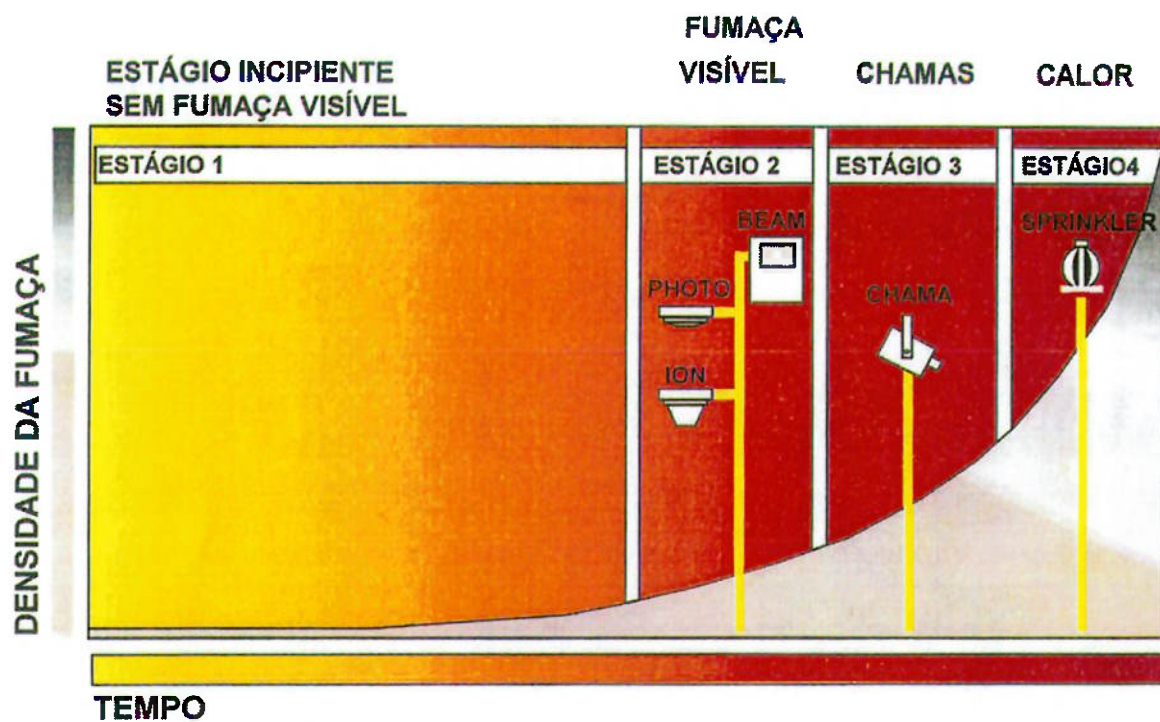


Figura 6.12 – Curva de eficiência do sistema de detecção por aspiração. Fonte: VESDA



Figura 6.13 – Sala de painéis em BT com proteção por aspiração. Fonte: VESDA

6.4.2 – Elementos de detecção térmicos, termovelocimétricos e ópticos

Deteciores térmicos e termovelocimétricos devem ser utilizados nos porões de cabos onde a temperatura permanece estável, mesmo porque, os cabos devem ser dimensionados para uma temperatura adequada que não cause muito aquecimento nos circuitos causando perda de potência no sistema, na figura 6.14 temos o exemplo de um detector termovelocimétrico endereçável.

Os detectores de fumaça iônicos e ópticos podem ser usados em porão de cabos, pois a maioria dos cabos elétricos não propaga chamas quando ocasiona um sinistro e a sua identificação deve ser imediata, a figura 6.15 apresenta um detector óptico endereçável.



Figura 6.14 – Detector de fumaça óptico e termovelocimétrico endereçável. Fonte: ASCAREL



Figura 6.15 – Detector de fumaça termovelocimétrico endereçável. Fonte: ASCAREL

6.4.3 – Elementos de detecção linear de calor

Para a proteção em salas elétricas, subestações secundárias, o sistema de detecção linear pode ser usado com cabos sensores de aço ou fibra óptica. Estes sensores podem ser usados internos aos painéis em pontos estratégicos como barramentos, terminais de disjuntores e seccionadoras. Nos porões de cabos devem ser instalados os detectores de cabos de aço ao longo dos leitos. As figuras 6.16 e 6.17 apresentam os cabos detectores de aço e fibra óptica respectivamente.

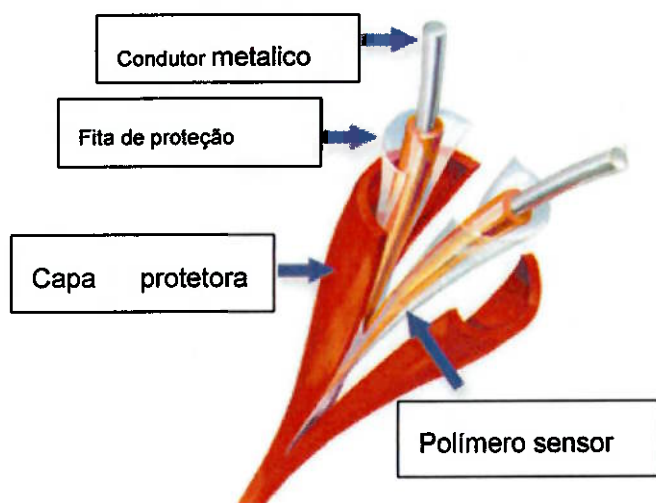


Figura 6.16 – Cabo do sensor em condutor de aço. Fonte: DIGISENSOR

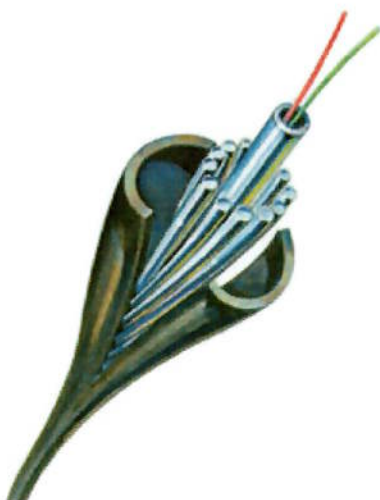


Figura 6.17 – Cabo do sensor de fibra óptica. Fonte: DIGISENSOR

6.4.4 – Acionador manual, sirenes e centrais de alarme

Equipamentos do sistema de detecção e alarme destinados a transmitir informações, sinalizar e processar estes sinais emitindo informação do sinistro.

O acionador manual (botoeira quebra vidro) envia informações manualmente pelo acionamento de pessoas presentes no local do sinistro para a central de detecção. As sirenes (sinais acústicos) e sinalizadores visuais (luminosos) chamam a atenção para abandono do local. As centrais de detecção instaladas nas áreas estratégicas como portarias, salas de controle indicam o local do sinistro na planta.



Figura 6.18 – Central de alarme tipo convencional. Fonte: ASCAREL



Figura 6.19 – Central digital micro processada, botoeira, sirene e detector. FONTE: ASCAREL

6.4.5 – Sinalização de emergência

Basicamente as sinalizações de emergência devem seguir as NBR-13434, NBR-13435 e NBR-437, NR-23 e orientações técnicas do corpo de bombeiros local, no caso a IT-20 para o estado de São Paulo.



Figura 6.20 – Sinalização de proibição



Figura 6.21 – Sinalização de alerta



Figura 6.22 – Sinalização de orientação e salvamento



Figura 6.23 – Sinalização de equipamento

6.4.6 – Sistema de chuveiros automáticos

A utilização desse sistema só pode ser aplicada em baias de transformadores de subestações secundárias e eletrocentros utilizados para este fim. Os chuveiros automáticos são elementos de disparos e trabalham em conjunto com o sistema de água nebulizada de alta velocidade em combate a incêndio em transformadores.

6.4.7 – Sistema fixo de Dióxido de carbono (CO_2)

Este sistema pode ser utilizado em subestações secundárias em salas de média tensão MT em porão de cabos, podem também ser usados em transformadores a seco, instalados em salas fechadas. É um sistema muito eficiente sem toxicidade e corrosão. Não é aconselhável em local onde há circulação constante de pessoas, podem causar asfixia devido à redução de oxigênio quando em operação. O projetista deve analisar e definir a forma de utilização na área a ser protegida.

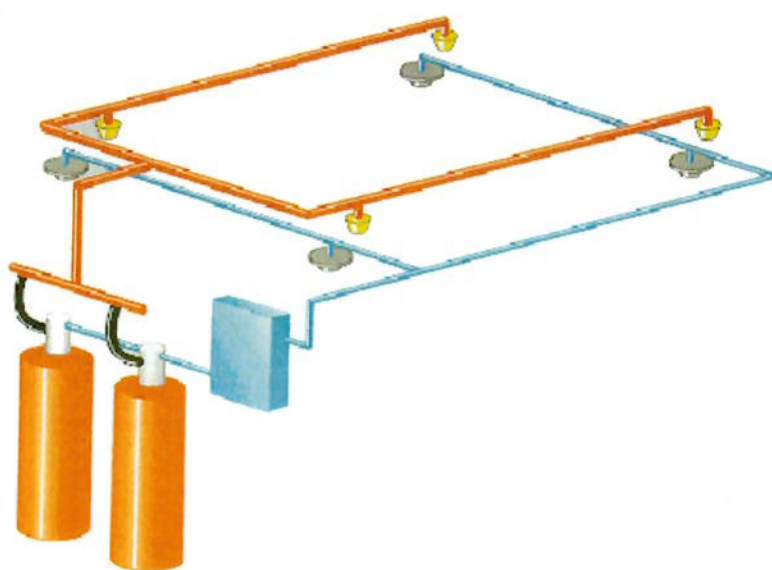


Figura 6.24 – Esquema de bateria com conjunto de cilindros de CO_2 . Fonte: NAVI

6.4.8 – Sistema fixo de gases limpos

A utilização de gases limpos em salas elétricas de controle e salas de baixa tensão em subestações secundárias e eletrocentros é uma das formas de se combater o incêndio sem causar danos ao patrimônio e as pessoas, são gases que não prejudicam a camada de ozônio e não causam danos as pessoas, devem ser observados os procedimentos da IT 26/04 (sistema fixo de gases para combate a incêndio) .

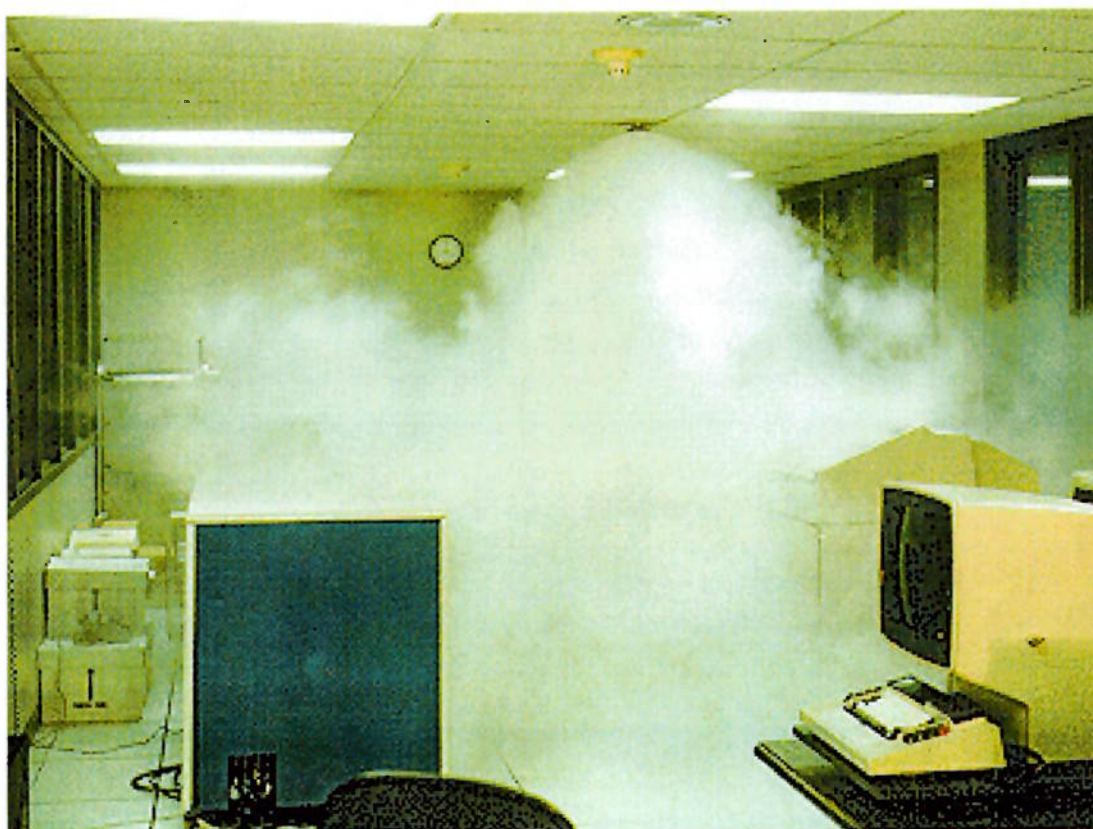


Figura 6.25 – Atuação de um gás limpo em um sinistro. Fonte: Dupont



Figura 6.26 – Bateria de instalação de Gases limpos. Fonte: RMR

6.4.9 – Sistema de água nebulizada de alta velocidade (water spray)

A norma NBR 8674/2005 trata do assunto especificamente para transformadores e reatores de potência. O sistema é composto por uma malha de tubulação com bicos injetores de alta e média pressão disposto de maneira a uniformizar os jatos no equipamento. O disparo é controlado por uma válvula tipo “Dilúvio” que é acionada por uma rede de sprinklers instalada em paralelo com os injetores que quando acionados despressurizam a linha.



6.27 – Aplicação de sistema water spray. Fonte C. M. Couto

6.4.10 – Extintores portáteis de incêndio

Nas salas elétricas, subestações secundárias deve ser considerado no projeto a seleção do agente extintor PÓ ABC que pode ser utilizado para todas as classes de fogo. Deve ser dimensionado conforme NBR 12963 (Sistema de proteção por extintores de incêndio), IT-21/2004 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo atendendo ao Decreto Estadual nº 46076/01.

6.4.11 – Sistema hidráulico preventivo

O sistema de rede de hidrantes também deve ser previsto independente dos outros sistemas projetados para área externa do prédio.

7 – Discussão

A coordenação de implantação do sistema na medida do possível, deve solicitar a empresa projetista responsável pelos projetos das salas elétricas, subestações secundárias e eletrocentros, que elabore um memorial descritivo multidisciplinar sob a responsabilidade da engenharia de segurança, onde constem todos os procedimentos e normas aplicadas para execução do projeto de detecção, alarme e combate a incêndio, indicando as áreas de responsabilidades das disciplinas envolvidas como elétrica, tubulação, civil, arquitetura e segurança do trabalho, mesmo que os projetos das disciplinas já atendam às exigências de segurança.

8 – Conclusão

O trabalho apresentou a importância do sistema de prevenção, detecção e combate a incêndio em salas elétricas, subestações secundárias ou eletrocentros de uma planta industrial, mostrando seus riscos e quais procedimentos devem ser tomados na execução de um projeto de segurança para o sistema elétrico, reduzindo o máximo possível as ocorrências de sinistros que quando acontecem, com certeza causam grandes danos materiais e a perda de vidas dos operadores deste sistema.

9 – Referências Bibliográficas

SEITO, ALEXANDRE ITIU. et al. A segurança contra incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13231**: Proteção contra incêndio em subestações elétricas convencionais, atendidas e não atendidas, de sistema de transmissão. Rio de Janeiro, nov. 1994.

_____. **NBR 8674**: Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com água nebulizada para transformadores e reatores de potência. Rio de Janeiro, dez. 2005.

_____. **NBR 9441**: Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio. Rio de Janeiro, mar. 1998.

_____. **NBR 11836**: Detectores automáticos de fumaça para proteção contra incêndio. Rio de Janeiro, abr. 1992.

_____. **NBR 10898**: Sistema de iluminação de emergência. Rio de Janeiro, set. 1999.

_____. **NBR 5410**: Instalações elétricas em baixa tensão. Rio de Janeiro, nov. 1997.

_____. **NBR 5413**: Iluminação de interiores – procedimentos. Rio de Janeiro, abr. 1992.

BRASIL, Ministério do trabalho e emprego. Norma Regulamentadora **NR 10** – Segurança em instalações e serviços de eletricidade.

_____. Norma Regulamentadora **NR 15** – Atividade e operações insalubres

_____. Norma Regulamentadora **NR 17** - Ergonomia

_____. Norma Regulamentadora **NR 23** – Segurança contra incêndios.

_____. Norma Regulamentadora **NR 26** – Sinalização de segurança.

Estado de São Paulo, Decreto nº 46076. Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco. São Paulo, ago. 2001.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 06/01: Acesso de viatura na edificação e área de risco.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 07/01: Separação entre edificações.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 09/01: Compartimentação horizontal e compartimentação.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 11/01: Saídas de emergência em edificações.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 14/01: Carga de incêndios nas edificações e áreas de risco.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 18/01: Iluminação de emergência.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 19/01: Sistemas de detecção e alarme de incêndio.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 20/01: Sinalização de emergência.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 21/04: Sistema de proteção por extintores de incêndio.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 26/04: Sistema fixo de gases para combate a incêndio.

Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. Instrução Técnica IT 37/01: Subestações elétricas.

GONSALVES, ORESTES MARRACINI; OLIVEIRA, LUCIA HELENA. Segurança contra incêndios, conceitos básicos. Disponível em:

< <http://pcc2465.pcc.usp.br/Apostilas/incendio%202007.pdf>>. Acesso em: maio de 2009.

10 – Bibliografia consultada

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 70240-1** Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Parte 1: Generalidades e definições

_____. **NBR ISO 70240-5** Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Parte 5: Detectores de temperatura pontuais

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION: **NFPA 70** – National Electrical Code – edition 2005

_____. **NFPA 20** – Standard for the installation of stationary pumps for fire protection – edition 2007