



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MARCUS VINÍCIUS BEZERRA MEDEIROS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
CMS ENGENHARIA

Campina Grande – PB

2018

MARCUS VINÍCIUS BEZERRA MEDEIROS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

CMS ENGENHARIA

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Professor Ronimack Trajano de Souza, D. Sc.
Orientador

Campina Grande – PB

2018

MARCUS VINÍCIUS BEZERRA MEDEIROS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO:

CMS ENGENHARIA

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Aprovado em: ____ / ____ / _____

Célio Anésio da Silva, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Ronimack Trajano de Souza, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeira e incondicionalmente, à minha família. A meus pais, Ana e Venício, por todo o apoio a mim concedido de forma exemplar. Aquele primeiro passo há quase uma década, cada dificuldade, saudade, viagem e mínima conquista foi possível por seus esforços. A meu irmão, Eduardo, por lembrar que podemos ser mais do que imaginamos e persistir sempre. Partilho com vocês essa vitória de igual maneira.

Aos familiares que dedicaram seu apoio ao longo destes anos. A distância e o suor nada significam quando os reencontro para um abraço e boa conversa, vendo nos seus sorrisos o orgulho daquilo que construímos.

Aos bons funcionários da UFCG, em especial o Departamento de Engenharia Elétrica pelo carinho e dedicação exemplares de Adail e Tchaikovsky. A Camila e Jonas, engenheiros da prefeitura universitária da UFCG, por todos os conselhos e colaboração nos projetos que colaboramos.

Aos professores mentores e guias durante a graduação que me abriram tantas portas e guiaram meus passos e foram exemplo.

Aos companheiros do Laboratório de Sistemas de Potência, com os quais pude desenvolver minhas habilidades de pesquisa. Agradeço aos parceiros da Empresa Júnior de Engenharia Elétrica, a Voltech Consultoria e Projetos Elétricos. A confiança de que devemos sempre batalhar pra criar nossas próprias oportunidades moldou grande parte do profissional que sou. Agradeço a todos os amigos de graduação, os quais foram de extrema importância para superar toda a desmotivação e dificuldade.

Agradeço a Viviane, minha namorada, por todo o amor, paciência e conselhos e que, tal qual minha família e amigos, compreende minhas ausências e me estimula a alçar vôos sempre mais altos.

Em especial, agradeço a Carolina, Arthur, Yuri e Rafael por me acolherem desde o primeiro momento em Campina Grande.

“O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento
é justificativa suficiente para nossa busca contínua.”

Stephen Hawking

RESUMO

Neste relatório são descritas as principais atividades realizadas pelo estagiário Marcus Vinícius Bezerra Medeiros durante o estágio supervisionado na empresa LYRA E SILVA SERVIÇOS E SISTEMAS ELÉTRICOS, a CMS Engenharia, em Maceió - AL, sob orientação do professor Ronimack Trajano de Souza e supervisão do engenheiro eletricitista Carlos Manassés. O estágio foi realizado no período de 18 de junho de 2018 a 30 de julho de 2018, com uma carga horária total de 184 horas. O estagiário realizou atividades de engenheiro e projetista na área de projetos elétricos industriais, desenvolvendo projeto de proteção contra descargas atmosféricas, inspeções visuais das instalações elétricas, além de levantamento de cargas para reforma das mesmas e de quadros de comando de motores, sendo também responsável pela instrução de funcionários da empresa em novas ferramentas e metodologias. Ao longo do estágio foram utilizados *softwares* como AutoCAD 2019, pacote Office e QiSPDA.

Palavras-chave: Instalações industriais, SPDA, proteção.

ABSTRACT

On this paper are described the main activities carried out by the intern Marcus Vinícius Bezerra Medeiros during the supervised internship at LYRA E SILVA SERVIÇOS E SISTEMAS ELÉTRICOS, also known as CMS Engenharia, at Maceió – AL, under the guidance of professor Ronimack Trajano de Souza and directed by electrical engineer Carlos Manassés. The internship was held from June 18 to July 30, 2018, being equivalent to 184 hours. The trainee carried out activities common both to engineer and designer in industrial electrical projects area, developing lightning protection project, visual inspections of the electrical installations, besides surveying industrial loads to reform control panels, being responsible for instruct employees at new tools and methodologies. During the internship the following softwares were used: AutoCAD 2019, Office package and QiSPDA.

Keyword: Industrial installations, lightning protection, electrical safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Logomarca da empresa CMS Engenharia.....	12
Figura 2 – ZPR definida por um SPDA.....	21
Figura 3 – Logotipo do QiSPDA.....	21
Figura 4 - Interface de gerenciamento de riscos do QiSPDA.....	22
Figura 5 - Interface de verificação da proteção.	23
Figura 6 - Planta baixa as-built.....	26
Figura 7 - Eletrocalha com sinais de ferrugem.....	27
Figura 8 - Vista frontal dos quadro de distribuição e comando de motores.....	28
Figura 9 - Quadro sem qualquer proteção dos barramentos contra contatos diretos.....	29
Figura 10 - Quadro mal localizado e consequências do vapor de água em sua parte interna. .	30
Figura 11 - Quadro de comando de motores.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perdas e danos para uma estrutura considerando diferentes pontos de impacto de uma descarga atmosférica.....	19
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	DESCRIÇÃO DO ESTÁGIO	12
2.1	CMS Engenharia	12
2.2	Apresentação Do Estágio.....	13
3	EMBASAMENTO TEÓRICO	14
3.1	Projeto elétrico industrial.....	14
3.2	Segurança nas instalações elétricas	15
3.3	Descargas atmosféricas e sua proteção.....	17
3.4	Gerenciamento de risco	18
3.4.1	Fontes e tipos de danos a uma estrutura.....	18
3.5	QiSPDA.....	21
4	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	24
4.1	Análise de risco de SPDA	24
4.2	<i>As-built</i>	25
4.3	Inspeção visual	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS	33
	ANEXO A – DEFINIÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA ANÁLISE DE RISCO.....	34
	ANEXO B – MEMORIAL DESCRITIVO – ANÁLISE DE RISCO.....	34

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento das atividades durante o período de vigência do estágio supervisionado, de 18 de junho até 30 de julho de 2018 perfazendo 184 horas de trabalho. O mesmo foi realizado na Lyra e Silva Serviços Elétricos LTDA., nome fantasia CMS Engenharia, no município de Maceió-AL. O estágio supervisionado é uma disciplina integrante da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica e indispensável como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

De início, são apresentadas informações de apresentação da empresa concessora do estágio seguidas das atividades desenvolvidas pelo estagiário. Na redação do presente documento foi priorizada a organização em três segmentos: descrição da empresa e estágio; embasamento teórico relativo aos temas trabalhados. O estagiário atuou como engenheiro e projetista no que diz respeito à avaliação das condições da instalação, elaborando inspeções visuais e pré-diagnósticos, e projeto de sistema de proteção contra descarga atmosférica (PDA).

2 DESCRIÇÃO DO ESTÁGIO

O estágio obrigatório tem como objetivo aproximar o aluno do mercado de trabalho, permitindo a aplicação dos conceitos estudados em ambiente acadêmico em projetos reais. Empresas que abrem as portas para a universidade têm a oportunidade de contratar um funcionário com conhecimentos recentemente absorvidos e com outro ponto de vista e modo de trabalho, de modo a impulsionar a renovação das metodologias e procedimentos de trabalho já instaurados. A seguir serão apresentadas a empresa e um breve resumo das atividades realizadas durante o estágio.

2.1 CMS ENGENHARIA

A CMS ENGENHARIA, foi fundada em 11 de setembro de 2009 para prestar serviços técnicos na área de engenharia elétrica com foco principal na geração, utilização e eficiência dos custos deste insumo. Iniciou seus trabalhos de atendimento em campo nas instalações do cliente. Em 29/02/2012, foi fundada a filial da CMS Engenharia na Cidade de Carpina – PE, com o objetivo atuar no mercado de manutenção de motores, geradores e transformadores. Ao longo dos anos, a filosofia de trabalho de excelência da empresa a levou a se credenciar como assistência técnica de motores elétricos de baixa tensão, equipamentos de automação e drives WEG. A empresa também oferece serviços de projetos elétricos industriais e fotovoltaicos.

A matriz está localizada na cidade de Maceió – AL, na rua Dr. Hildebrando Falcão, N 34 - Clima Bom, Maceió - AL, 57071-210. A empresa tem como missão oferecer a melhor solução de Engenharia Elétrica aplicada a sistemas de potência, buscando a excelência em qualidade, inovações, confiabilidade e segurança.

Figura 1 – Logomarca da empresa CMS Engenharia.



Fonte: CMS ENGENHARIA (2018)

A CMS Engenharia oferece soluções em:

- Sistemas elétricos de potência;
- Controls, drives e motores;
- Automação industrial;
- Energia fotovoltaica.

2.2 APRESENTAÇÃO DO ESTÁGIO

O estágio foi realizado na matriz da empresa, na cidade de Maceió. O estagiário foi auxiliado por Carlos Manassés, engenheiro eletricista pela Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, sócio fundador da empresa.

Por conta da curta duração do estágio, as primeiras atividades foram dedicadas a estruturar e dar suporte aos projetos que seriam iniciados em breve pela empresa: o SPDA e reforma da instalação elétrica de uma indústria local do ramo alimentício. Desse modo, o estagiário ficou responsável pelo estudo da NBR 5419/2015 e do *software* QiSPDA, dedicado ao projeto de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, desenvolvendo uma metodologia prática para aplicação na indústria em questão. Paralelamente, a segunda atividade foi realização o levantamento de cargas da indústria e localização de seus respectivos quadros para estudo de realocação e adequação às normas de segurança em instalações elétricas. Para tal, o estagiário realizou o desenho do projeto *as-built* e realizou inspeções visuais de toda a área da indústria.

3 EMBASAMENTO TEÓRICO

Esta seção tem como objetivo apresentar brevemente os principais aspectos teóricos que basearam as análises técnicas desenvolvidas pelo estagiário durante a realização do estágio.

3.1 PROJETO ELÉTRICO INDUSTRIAL

O desenvolvimento do projeto elétrico de uma instalação industrial deve ser precedida do conhecimento dos dados referentes às condições e características operacionais da indústria (MAMEDE, 2007). O objetivo de um projeto elétrico é garantir a transferência de energia desde uma fonte, via de regra a rede de distribuição da concessionária local ou geradores particulares, até os pontos de utilização de maneira eficaz e segura (FILHO, 2001).

Segundo MAMEDE (2007), com base na planta baixa com a disposição das máquinas, deve ser feita a ideal localização dos quadros de distribuição da instalação. O agrupamento é feito, a princípio, considerando os setores individuais da produção, mas, caso seja tecnicamente viável, podem ser agrupados vários setores num só bloco de cargas. Os quadros de distribuição devem portanto, ser localizados em pontos que satisfaçam as condições:

No centro de carga, o que nem sempre é possível pela localização física do bloco de carga;

- Próximo à linha dos dutos de alimentação;
- Afastados da passagem corriqueira de funcionários;
- Em área bem iluminada;
- Em locais de fácil acesso;
- Em locais de temperatura adequada, livres de inundações, gases corrosivos, etc.

Segundo a NBR 5410, toda instalação deve ser executada a partir de projeto específico, que deve conter, no mínimo:

- a) plantas;
- b) esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis;
- c) detalhes de montagem, quando necessários;
- d) memorial descritivo da instalação;
- e) especificação dos componentes;
- f) parâmetros de projeto.

Conforme o item 6.1.8.2 da NBR 5410, após a conclusão da instalação, toda a documentação supracitada deve ser revisada e atualizada. Segundo a NR 10:

10.2.3 As empresas estão obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção. (p. 1).

De modo a corresponder fidedignamente à execução, essa documentação é feita “como construído” ou “*as-built*”. A atualização pode ser realizada pelo projetista, pelo executor da obra ou por outro profissional e tem como principal função levar em consideração todas as modificações de projeto feitas durante a execução que por ventura tenham sido necessárias.

Conforme a NR 10, os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem elaborar e manter o prontuário de instalações elétricas contendo todas as informações técnicas relevantes para a instalação, desde o projeto e inspeções até treinamentos realizados. Desse modo, tem-se uma documentação mais adequada para possíveis intervenções futuras.

3.2 SEGURANÇA NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A norma brasileira NBR 5410 estabelece as condições mínimas que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança dos usuários, o correto funcionamento da instalação e a conservação dos bens. Os requisitos são aplicáveis às instalações de baixa tensão de edificações, independentemente de sua finalidade (comercial, residencial, etc.), se aplicando também às instalações novas e reformas.

Como apresenta FILHO (2001), ao se estudar a ocorrência de choques elétricos, devem ser considerados três elementos:

- Partes vivas: elementos destinados a serem energizados em condições normais;
- Massas: partes metálicas não destinadas a condução de corrente em condições normais, que podem ser facilmente tocadas e que, em casos de faltas ou defeitos, podem tornar-se vivas;
- Elemento condutor estranho à instalação: elemento que não faz parte da instalação, mas que pode introduzir potencial elétrico, por exemplo estruturas metálicas construtivas e tubulações metálicas de água ou gás.

Conforme determina o item 5.1.1.1 da NBR 5410 que aborda sobre a proteção para garantir segurança, especificamente sobre a proteção contra choques elétricos, dentre as medidas de segurança, devem ser tomadas as seguintes providências:

- Partes vivas perigosas não devem ser acessíveis; e
- Massas ou partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, em caso de alguma falha que as tornem acidentalmente vivas.

De acordo com FILHO (2001), para proteger pessoas e possíveis animais do contato direto com partes energizadas da instalação, como barramentos de quadros de distribuição, devem ser utilizadas medidas de proteção contra contatos diretos, tais como:

- Isolação: materiais isolantes aplicados às partes vivas;
- Barreira: anteparo que impede o acesso às partes vivas, a partir das direções habituais de acesso;
- Invólucro: elemento que impede o acesso às partes vivas, a partir de todas as direções;
- Obstáculo: elemento que impede o acesso casual às partes vivas, mas permite o acesso voluntário sem exigir o uso de ferramentas.

Segundo a NBR 5410:

5.1.2.2.3.3 todas as massas da instalação situadas em uma mesma edificação devem estar vinculadas à equipotencialização principal da edificação a um mesmo e único eletrodo de aterramento. (p. 37).

Assim, conforme MAMEDE (2007), devem ser ligados à malha de aterramento partes do sistema elétrico como:

- Estruturas metálicas em geral;
- Estruturas dos quadros de distribuição de luz e força;
- Carcaça metálica dos equipamentos elétricos.

Segundo MAMEDE (2007), a proteção do sistema elétrico deve atender aos requisitos básicos de:

- Seletividade, permitindo selecionar a parte danificada da rede e retirá-la de operação sem afetar circuitos sãos;

- Sensibilidade, respeitando a faixa de atuação do dispositivo de proteção;
- Exatidão, garantindo alta confiabilidade operativa do sistema.

De maneira básica, todo projeto de proteção é feito com fusíveis, disjuntores e relés, devendo serem projetados em função da necessidade do projeto elétrico industrial. Os dispositivos de proteção devem ser localizados e ligados adequadamente aos circuitos (MAMEDE, 2007).

Segundo a NR 10, as instalações elétricas devem ser construídas, montadas e operadas de modo a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores e usuários, sendo supervisionadas por profissional autorizado. Com relação à segurança em projetos, em seu item 10.3.3 declara:

O projeto de instalações elétricas deve considerar o espaço seguro, quanto ao dimensionamento e a localização de seus componentes e as influências externas, quando da operação e da realização de serviços de construção e manutenção. (p. 2).

Segundo a NR 10, as intervenções em instalações elétricas com tensão somente podem ser realizadas por trabalhadores devidamente capacitados. Ainda, deve ser adotada sinalização adequada de segurança, atendendo, dentre outras, as situações:

- Identificação de circuitos elétricos;
- Restrições e impedimentos de acesso;
- Sinalização de áreas de circulação de veículos e movimentação de cargas;
- Identificação de equipamento ou circuito impedido.

3.3 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E SUA PROTEÇÃO

Descarga atmosférica é um fenômeno natural de alta complexidade que, até hoje, ainda intriga os pesquisadores no que se refere à compreensão dos aspectos físicos e seus efeitos. A preocupação com os efeitos destrutivos desse fenômeno nos leva à tarefa de buscar formas de proteção contra ele (PRAZERES, 2007).

A norma que rege os parâmetros de projeto de proteção contra descargas atmosféricas diretas e indiretas é a NBR 5419:2015.

Para minimizar os danos decorrentes da descargas atmosféricas, que atinge de forma direta e indireta a estrutura e suas instalações, deve-se projetar uma Proteção contra descargas atmosféricas (PDA). O PDA é composto de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) e de Medidas de Proteção contra Surtos (MPS).

O SPDA tem a função de proteger a estrutura contra os efeitos diretos da descarga atmosférica e é composto basicamente por três subsistemas:

- Captação;
- Descida;
- Aterramento.

As MPS destinam-se à proteção contra descargas atmosféricas indiretas na edificação, devendo ser previstos dispositivos capazes de eliminar o surto transmitido até a instalação através de linhas de entrada, sejam energia ou sinal de telecomunicações, por exemplo.

3.4 GERENCIAMENTO DE RISCO

Antes de se projetar uma proteção contra descargas atmosféricas é preciso avaliar os riscos presentes na instalação. Caso o risco da edificação esteja acima do permitido, cujos índices são estabelecidos pela NBR 5419, a proteção da edificação e conseqüentemente a redução dos riscos é necessária. A redução dos riscos pode feita através da implantação de uma Proteção contra Descargas Atmosféricas, que inclui SPDA e MPS.

Em alguns casos, as MPS são suficientes para adequar a edificação aos riscos mínimos estabelecidos, mas somente o projeto do PDA indicará qual a melhor solução.

Na determinação do risco total de uma edificação são levados em conta o tipo da estrutura, a fonte do dano, o tipo de dano e o tipo de perda. Uma descarga pode atingir uma estrutura diretamente ou suas proximidades, bem como uma linha elétrica e suas proximidades.

3.4.1 FONTES E TIPOS DE DANOS A UMA ESTRUTURA

A corrente da descarga atmosférica é a fonte de danos. As seguintes situações devem ser levadas em consideração em função da posição do ponto de impacto relativo à estrutura considerada:

- S1: descargas atmosféricas na estrutura;
- S2: descargas atmosféricas próximas à estrutura;
- S3: descargas atmosféricas sobre as linhas elétricas e tubulações metálicas que entram na estrutura;
- S4: descargas atmosféricas próximas às linhas elétricas e tubulações metálicas que entram na estrutura.

Em conseqüência, as descargas atmosféricas podem causar três tipos básicos de danos:

- D1: danos a seres humanos em função de choques elétricos;

- D2: danos físicos (fogo, explosão, destruição mecânica) devido aos efeitos das correntes das descargas atmosféricas, incluindo centelhamento;
- D3: falhas de sistemas internos em função de pulsos eletromagnéticos;

Cada tipo de dano relevante para a estrutura a ser protegida, sozinho ou em combinações com outros, pode, em consequência, produzir diferentes perdas. O tipo de perda que pode ocorrer depende das características do próprio objeto.

Para efeitos da ABNT NBR 5419, são considerados os seguintes tipos de perdas, os quais podem aparecer como consequência de danos relevantes a estrutura:

- L1: perda de vida humana (incluindo ferimentos);
- L2: perda de serviço ao público;
- L3: perda de patrimônio cultural;
- L4: perda de valor econômico.

Podemos ver todos os parâmetros organizados conforme visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Perdas e danos para uma estrutura considerando diferentes pontos de impacto de uma descarga atmosférica

Local de impacto	Fonte de dano	Tipo de dano	Tipo de perda
Estrutura	S1	D1	L1, L4 ¹
		D2	L1, L2, L3 e L4
		D3	L1 ² , L2, L4
Próximo à estrutura	S2	D3	L1 ² , L2, L4
Linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas a estrutura	S3	D1	L1, L4 ¹
		D2	L1, L2, L3 e L4
		D3	L1 ² , L2, L4
Próximo a linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura	S4	D3	L1 ² , L2, L4
¹ somente propriedades com perda de animais			
² somente para estruturas com risco de explosão, hospitais			

Fonte: NBR 5419 (2015)

A avaliação desses fatores resulta em quatro possíveis riscos de perda em uma estrutura, a saber:

- R1: risco de perdas ou danos permanentes em vidas humanas;
- R2: risco de perdas ao serviço público;
- R3: risco de perdas do patrimônio cultural;
- R4: risco de perdas de valor econômico, levado em consideração quando for considerada a vantagem econômica de instalação de SPDA.

Esses serão comparados com valores de risco tolerável típicos e, caso o extrapolem, é necessário propor medidas de proteção que mitiguem o risco de modo a reduzi-lo aos valores aceitáveis. A equação básica das componentes de risco é:

$$R_x = N_x * P_x * L_x$$

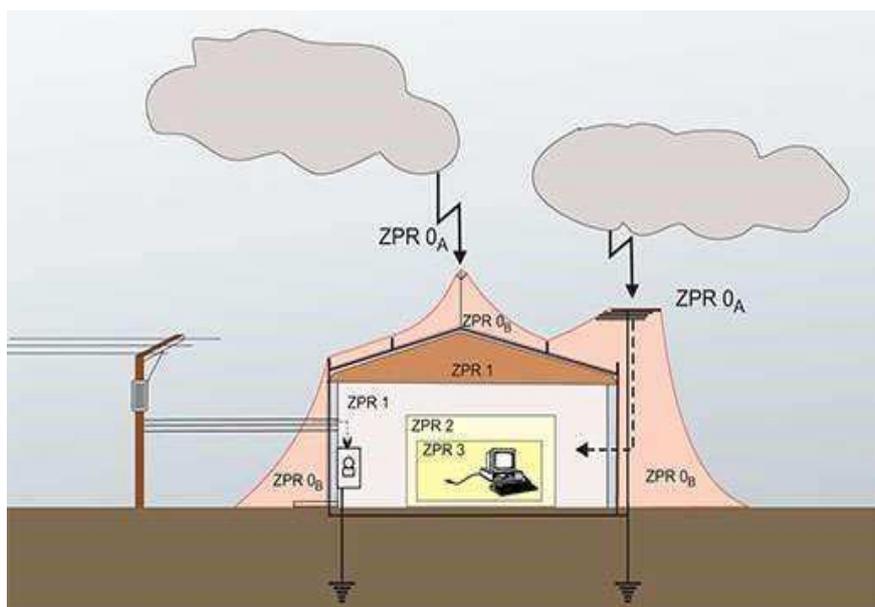
Sendo:

- N_x – Número de eventos perigosos no ano;
- P_x – Probabilidade de dano à estrutura;
- L_x – Perda consequente.

Para a proteção de estruturas muitas vezes torna-se mais eficiente e econômico subdividir a edificação em duas ou mais zonas de proteção distintas, que exigem níveis de medidas de proteção distintos. Essas zonas são comumente conhecidas como zonas de proteção contra raios (ZPR), definidas segundo a NBR 5419⁻¹:2015:

- **ZPR 0_A**: zona onde a ameaça ocorre em função da queda direta e ao campo eletromagnético da descarga atmosférica. Os sistemas internos podem estar sujeitos a corrente total ou parcial gerada pela descarga atmosférica;
- **ZPR 0_B**: zona protegida contra queda direta, mas onde o campo eletromagnético total da descarga atmosférica é uma ameaça. Os sistemas internos podem estar sujeitos à corrente parcial da descarga atmosférica;
- **ZPR 1**: zona onde a corrente de surto é limitada por uma divisão da corrente da descarga atmosférica e pela aplicação de interfaces isolantes e/ou DPS na fronteira. Uma blindagem espacial pode atenuar ainda mais o campo eletromagnético da descarga atmosférica;
- **ZPR 2, ..., n**: zona onde a corrente de surto pode ser ainda mais limitada por uma divisão da corrente da descarga atmosférica e pela aplicação de interfaces isolantes e/ou DPS adicionais na fronteira. Uma blindagem espacial adicional pode ser usada para atenuar ainda mais o campo eletromagnético da descarga atmosférica.

Figura 2 – ZPR definida por um SPDA.



Fonte: NBR 5419 (2015).

3.5 QiSPDA

O estagiário ficou responsável pelo prévio estudo e apresentação da ferramenta computacional a ser utilizada pela empresa em seus projetos de SPDA. O QiSPDA é um módulo do ambiente QiBuilder, uma plataforma *Building Information Modeling* (BIM) de soluções integradas para projetos elétricos, hidrosanitários, incêndio, SPDA, cabeamento e gás. O programa conta com um poderoso sistema gráfico de entrada de dados, interoperabilidade, visualização 3D refinada e usabilidade intuitiva. As soluções que compõem a plataforma QiBuilder foram planejadas para cada tipo de projeto, já estão adequadas às normas brasileiras e possuem recursos que otimizam as etapas de cálculo, modelagem, dimensionamento, compatibilização e detalhamento.

Figura 3 – Logotipo do QiSPDA.



Fonte: ALTOQI (2018).

O QiSPDA possui ferramentas capazes de agilizar todo o processo de projetos de proteção contra descargas atmosféricas, automatizando a análise de risco e dinamizando o lançamento de pontos dos sistemas que compõem um SPDA. O Programa é capaz de gerar todo o memorial de cálculo, lista de materiais, pranchas, detalhes e legendas de maneira bastante consistente e organizada, elevando a eficiência do projetista. Contudo, o mesmo não faz o lançamento de maneira autônoma, sendo necessário ainda que o projetista tenha domínio da NBR 5419:2015 para evitar incoerências e erros de projeto, principalmente quando utilizando a ferramenta de gerenciamento de riscos, a qual não possui qualquer função de bloqueio contra preenchimento equivocado dos parâmetros da edificação. A interface de inserção das informações da estrutura para análise de risco pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 - Interface de gerenciamento de riscos do QiSPDA.

Avaliação de risco

Zonas

Padrão

Dados de entrada

- Características da estrutura e meio ambiente
 - Estruturas com risco de explosão, hospitais ou quan... Não
 - Densidade de descargas atmosféricas para terra (1/k... 0.3
 - Fator de localização da estrutura Estrutura isolada: nenhum outro objeto na vizinhanças
 - Medida de proteção, dependendo das caracteristica... Estrutura protegida por SPDA
 - Medida de proteção, dependendo das ligações equi... Sem DPS
- Características da zona considerada

Avaliação de risco Padrão

R1: risco de perda de vida humana:	$R1 = Ra + Rb + Ru + Rv = 23.99 \times 10^{-5} / \text{ano}$
R2: risco de perdas de serviço ao público:	$R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz = 0.482 \times 10^{-3} / \text{ano}$
R3: risco de perdas de patrimônio cultural:	$R3 = Rb + Rv = 0 / \text{ano}$
R4: risco de perda de valor econômico:	$R4 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz = 26.62 \times 10^{-3} / \text{ano}$
ct: Custo total (valores em \$):	$ct = ca + cb + cc + cs = 0$
CL: Custo anual de perdas (valores em \$):	$CL = R4 \times CT = 0 / \text{ano}$

Avaliação final do risco da estrutura

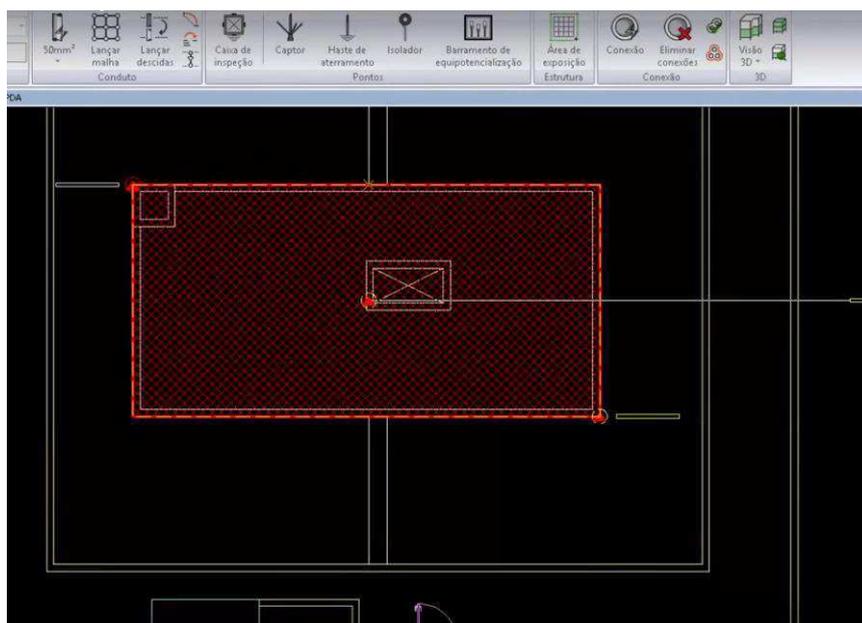
- R1: risco de perda de vida humana
 $R1 = Ra + Rb + Ru + Rv = 24.21 \times 10^{-5} / \dots$ A instalação de um sistema de SPDA é necessária, segundo a norma NBR5419/2015, pois $R > 10^{-5}$
- R2: risco de perdas de serviço ao público
 $R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz = 0, \dots$ A instalação de um sistema de SPDA não é necessária, segundo a NBR5419/2015, pois $R \leq 10^{-3}$
- R3: risco de perdas de patrimônio cultural
 $R3 = Rb + Rv = 0 / \text{ano}$ A instalação de um sistema de SPDA não é necessária, segundo a NBR5419/2015, pois $R \leq 10^{-4}$
- R4: risco de perda de valor econômico
 $R4 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz = 51, \dots$
- CT: Custo total da estrutura (valores em \$)
 $CT = ct(z1) + \dots + ct(zn) = 0$
- CL: Custo anual de perdas (valores em \$)
 $CL = R4 \times CT = 0 / \text{ano}$

OK Cancelar Ajuda

Fonte: ALTOQI (2018).

Ao serem lançados os pontos de todos os componentes do projeto de SPDA, o *software* faz a avaliação da proteção para a edificação indicando em hachuras vermelhas a não conformidade, caso não seja satisfeita a proteção, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Interface de verificação da proteção.



Fonte: ALTOQI (2018).

O estagiário ficou responsável por entrar em contato com a empresa fabricante do software, a AltoQi, através do portal online disponibilizado pela compra da chave do usuário. Dessa forma, as dúvidas referentes ao seu funcionamento foram sanadas diretamente com o pessoal especializado. Portanto, foram confirmadas algumas limitações do software: o mesmo não possui suporte para projeto de SPDA utilizando elementos naturais, tais como telhado metálico para captação e ferragens para descidas naturais, sendo, portanto, voltado para SPDA externo. Além disso, o mesmo não dimensiona os DPS utilizados para as medidas de proteção contra surtos, ficando a cargo do projetista relacionar de forma definitiva as opções de MPS sugeridas e o nível de proteção do SPDA adotado.

O cálculo e as tabelas de referência para todos os fatores ponderantes serão expostos no Anexo B, que traz um estudo de caso elaborado pelo estagiário com a aplicação da ferramenta computacional QiSPDA.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Nesse capítulo são apresentadas as atividades desenvolvidas pelo estagiário em ordem cronológica, acompanhadas das análises pertinentes.

4.1 ANÁLISE DE RISCO DE SPDA

O estagiário começou suas atividades estudando a NBR 5419:2015 e suas diferenças com relação à norma anterior, de 2005. A partir desse estudo foi elaborada uma breve apresentação explicando as modificações adotadas a partir de então. Em seguida, foi desenvolvido o aprendizado da ferramenta computacional do QiSPDA para agilidade das análises feitas, tomando proveito da capacidade do *software* em realizar o gerenciamento de risco e projeto do SPDA com elevada rapidez, emitindo também as pranchas de projeto e relatórios pertinentes.

Ao fim da preparação, o estagiário iniciou os estudos do projeto de PDA. Foi elaborado um *checklist* para o recolhimento das informações necessárias para a realização da análise de risco. O documento tem como objetivo coletar todas as informações sobre o funcionamento da instalação a ser inspecionada ou projetada, relacionando a quantidade de pessoas e horas de exposição anuais, materiais construtivos, conteúdo da área, processos produtivos, zonas de maior ou menor risco de incêndio e/ou explosão, dentre outros. O documento foi preenchido em visita técnica acompanhada pela técnica em segurança da empresa. Para avaliação da perda de valor econômico, as informações relativas aos dados financeiros foram solicitadas diretamente ao responsável legal da empresa contratante.

Para a realização dos estudos foi encontrada a dificuldade de analisar a construção em virtude de seu aspecto irregular (ver Anexo A). Uma vez que a indústria teve expansão não planejada, com reformas constantes. Dessa forma, diversos galpões constituem sua área, apesar de não haver separação física entre eles, configurando uma só construção. Além disso, o teto não é uniforme e apresenta diversos desníveis, o que dificultaria a análise utilizando o *software*. Para solucionar este problema, o estagiário propôs, juntamente com seu supervisor, considerar a instalação com altura média de 10 m, altura média observada, permitindo uma verificação com níveis de risco próximos. Assim, a indústria foi dividida em duas edificações distintas para se realizar a análise de risco individualmente, sendo a primeira delas quase a sua totalidade e a segunda a construção de reciclagem de papelão e plástico ao fundo do terreno. Podemos ver no Anexo A a divisão em planta baixa da edificação.

Cabe ressaltar que a instalação não apresentava risco de explosão, sendo as áreas mais perigosas aquelas com risco de incêndio, a saber:

- Caldeiras, com 30 Ton de madeira;
- Reciclagem, com 1,5 Ton de papelão/plástico;
- Geradores, com 1200 L de material combustível inflamável.

Essas áreas são consideradas como zonas de risco distintas pelo perigo de incêndio distinto. Para cada área foi calculada a carga de incêndio específica do ambiente segundo PMESP (2010):

$$q_{fi} = \frac{\sum M_i H_i}{A_f} \quad (1)$$

Sendo:

q_{fi} – Valor da carga de incêndio específica [MJ/m²];

M_i – Massa total de cada componente i do material combustível [kg];

H_i – Potencial calorífico de cada componente do material combustível [MJ/m²];

A_f – Área do piso do compartimento [m²].

Em posse de todas as informações pertinentes, foi feita a análise de risco utilizando o QiSPDA. O resultado indicou que a instalação de medidas de proteção contra descargas atmosféricas diretas e indiretas não seriam necessárias. Sendo assim, foi elaborado o relatório técnico da análise de projeto de proteção contra descargas atmosféricas da indústria. Parte dos resultados, excertos do relatório produzido pelo programa estão no anexo B.

Uma vez que o estagiário viria a se desligar da empresa em breve, seria de imenso proveito repassar, além da metodologia elaborada, os conhecimentos do *software* de projetos de SPDA para a equipe fixa. Portanto, o estagiário ficou responsável pela apresentação e rápido treinamento do engenheiro trainee e técnico em eletrotécnica recém contratado pela empresa, que ficaria responsável pelos próximos projetos a serem desenvolvidos.

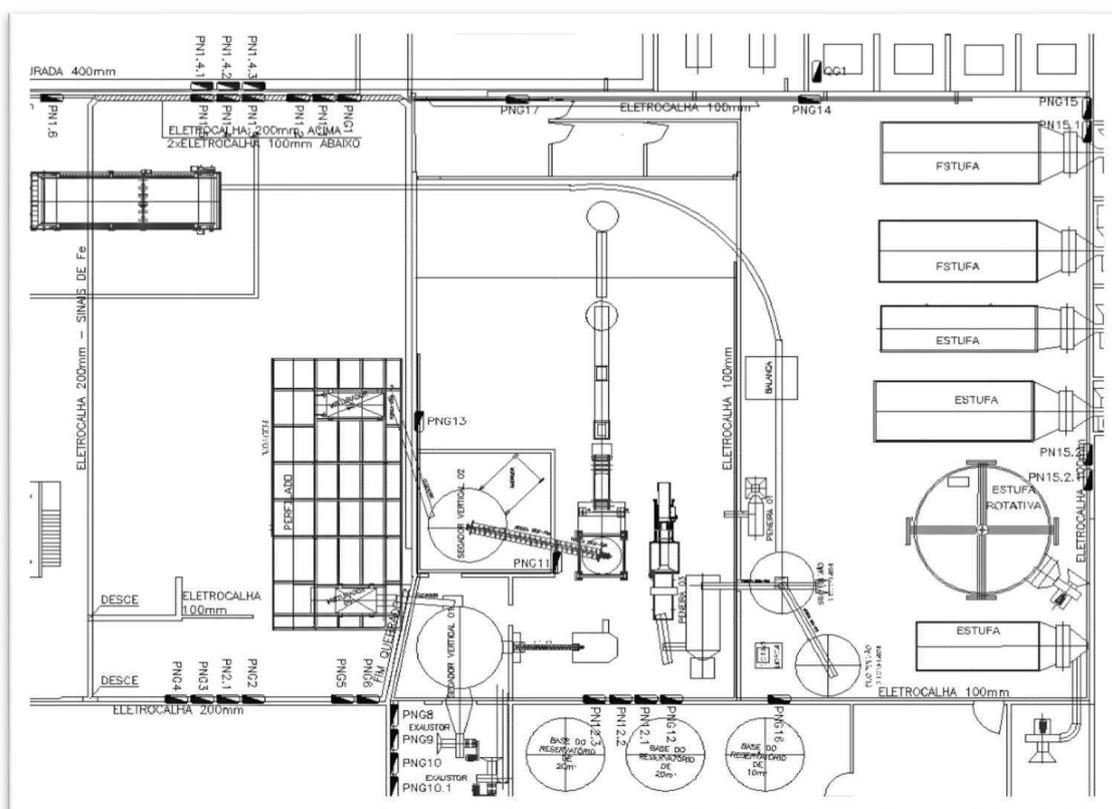
4.2 AS-BUILT

O estagiário também fez parte do projeto de reforma das instalações elétricas da indústria, para a qual havia a necessidade de adequação dos quadros de comando de motores e quadros de distribuição, tendo em vista que os mesmos não apresentavam conformidade com as normas NR 10 e NBR 5410. O objetivo final desse projeto é redimensionar todos os quadros de acionamento de motores, adaptando o roteamento e as instalações existentes para o

preconizado pelas normas NBR 5410 e NR 10 no que diz respeito às exigências de construção e proteção contra choques elétricos. Desse modo, foram projetadas centrais de comando de motores com concentração de cargas maior possível, localizadas de modo a centralizar as cargas dos seus setores.

Para a execução desta atividade foram realizadas diversas visitas técnicas para levantamento das cargas, localização e identificação de cada quadro da indústria. Foram identificados cada quadro com numeração específica, sendo discriminados seus disjuntores, equipamentos internos e cargas. Para isso, o estagiário teve acompanhamento de eletricitistas da indústria, que dominam o roteamento de todas as ligações internas, durante todo o procedimento. Paralelo à execução, foi feito também o desenho *as-built* em planta baixa localizando todos os quadros e o principal roteamento, destacando as eletrocalhas e perfílados instalados. Foram catalogados mais de 90 quadros, apesar de não ter sido possível identificar alguns por obstrução e/ou impossibilidade de parada do processo produtivo para verificação do roteamento. Na Figura 6 é apresentada uma ilustração de parte do desenho *as-built* desenvolvido pelo estagiário.

Figura 6 - Planta baixa *as-built*.



Fonte: Autoria própria (2018).

4.3 INSPEÇÃO VISUAL

Durante as visitas técnicas de levantamento de carga foram observadas diversas inconformidades na instalação, Dentre elas, pode-se destacar:

- Observou-se a insuficiência de aterramento das tubulações de água, eletrocalhas e perfilados na instalação, com alguns componentes deteriorados (ver Figura 7). Foi possível observar o roteamento de condutores sobre treliças metálicas, as quais exerciam a função de leitos, destacando também trechos de cabos em suspensão. Foi proposta a manutenção das peças danificadas e o devido aterramento das partes metálicas da instalação;

Figura 7 - Eletrocalha com sinais de ferrugem.



Fonte: Autoria própria (2018).

- Os quadros de distribuição podem ser facilmente acessados por pessoal não autorizado, estando alguns deles abertos a maior parte do tempo. Há grande risco para os usuários uma vez que o ideal seria comandar as cargas através dos botões na parte frontal da tampa dos quadros. Sugere-se a utilização de travas e cadeados. Apesar disso, foi observado que a maior parte possui placas de aviso de proteção contra choque elétrico (ver Figura 8);

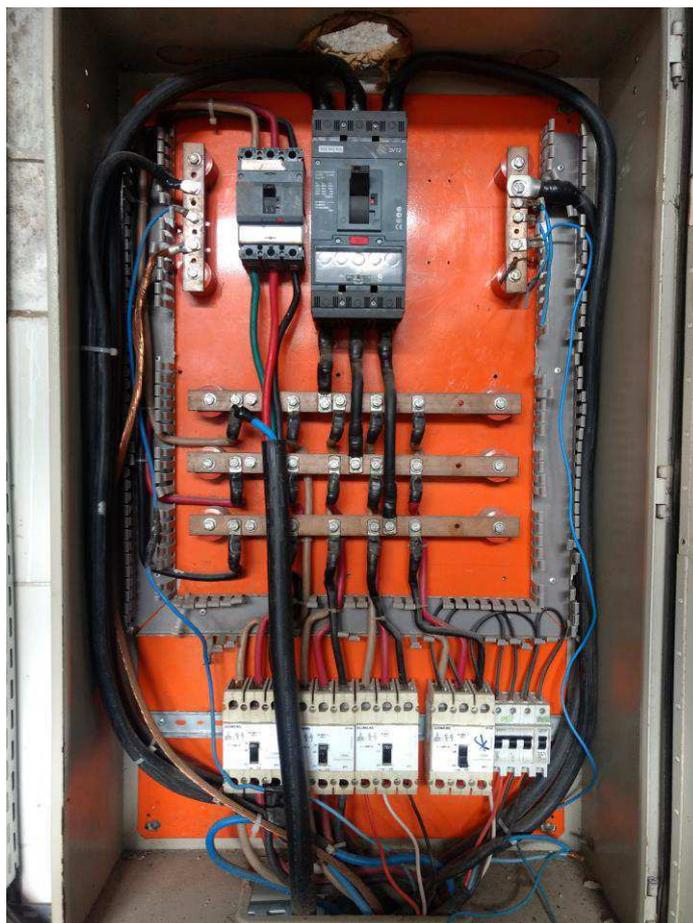
Figura 8 - Vista frontal dos quadros de distribuição e comando de motores.



Fonte: Autoria própria (2018).

- Vários quadros elétricos não possuem sua carcaça aterrada, devendo ser feita a devida equipotencialização;
- Em diversos casos o acesso aos quadros estava obstruído por equipamentos de estoque de produto, que impediam a abertura do painel. Sugere-se a aposição de placas de advertência para evitar o bloqueio do acesso aos painéis;
- Nem todos os quadros utilizavam barramentos para a instalação dos dispositivos de manobra e seccionamento, porém destes nenhum possuía proteção contra contatos diretos, estando os barramentos expostos (ver Figura 9). Sugere-se a adequação instalando tampas de acrílico;
- Foi observado que a identificação dos circuitos terminais era insuficiente. Recomenda-se refazê-la;

Figura 9 - Quadro sem qualquer proteção dos barramentos contra contatos diretos.



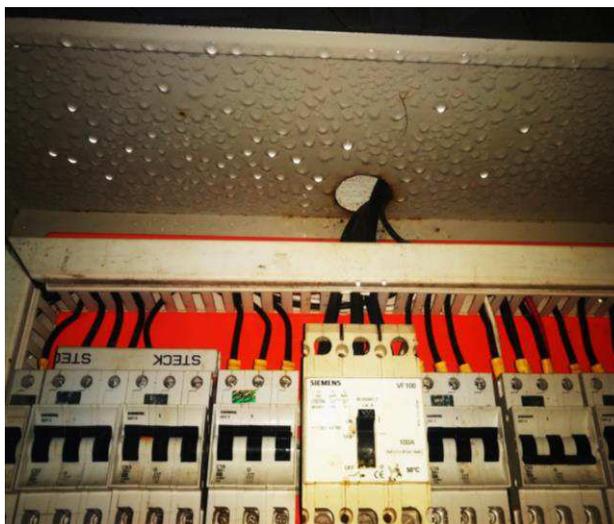
Fonte: Autoria própria (2018).

- Com relação ao aspecto construtivo, foram identificados painéis com aberturas que permitiam, inclusive, a entrada de fragmentos de material orgânico da produção, os quais ficavam depositados nas conexões elétricas, criando pontos de calor e risco de acidentes elétricos. Devem ser elaborados novos invólucros para as aberturas até a reforma total da instalação;
- Alguns quadros possuíam localização extremamente contraindicada. Um dos casos mais graves é o quadro para o tratamento de águas pluviais da indústria. O mesmo estava localizado em frente à tubulação de água quente, proveniente do cozimento. Aqui o problema é gerado pelo vapor que incide diretamente no quadro, gerando a formação de gotas em sua parte superior que caem diretamente nos disjuntores, o que pode provocar curtos-circuitos. Podemos ver este caso na Figura 10. Sugere-se a realocação imediata do quadro;

Figura 10 - Quadro mal localizado e consequências do vapor de água em sua parte interna.



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2018).

- Diversos quadros não possuem um alimentador exclusivo. A derivação de sua alimentação vem da entrada do disjuntor do quadro anterior, de modo que a seletividade destes casos é altamente comprometida, além de tornar confuso o roteamento dos circuitos. Sugere-se que, quando feita a reforma da instalação, o devido seccionamento da instalação seja respeitado para elevar a qualidade da instalação;
- Nenhum dos quadros possuía fusível para proteção das chaves de partida eletrônica (ver Figura 11). Assim, equipamentos caros podem ser danificados em caso de acidentes elétricos muito facilmente. Sugere-se a instalação da proteção contra surtos de corrente para as chaves de partida eletrônica.

Figura 11 - Quadro de comando de motores.



Fonte: Autoria própria (2018).

Por fim, as inspeções evidenciaram a necessidade de ser realizada a reforma da instalação, de modo que todo o redimensionamento será feito de acordo com as normas vigentes de segurança e operação das instalações elétricas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das experiências vivenciadas durante o estágio, destaca-se a importância e relevância da oportunidade de participar de projetos e atividades práticas tanto de campo quanto de projeto em áreas diversas da engenharia, a exemplo das tarefas de projeto e inspeção.

Durante o estágio foi possível desenvolver as atividades mantendo a conciliação entre a teoria absorvida em ambiente acadêmico e o ambiente de trabalho, possibilitando o contato com a rotina profissional do setor de engenharia, tendo de lidar com dificuldades de execução e prazos curtos de entrega, fazendo-se necessário desenvolver a capacidade de lidar com situações imprevistas.

O objetivo do estágio foi, portanto, alcançado com sucesso. Ficou evidente que para tornar-se engenheiro é preciso, além de aliar os conhecimentos teóricos e empíricos, ser multidisciplinar, associando habilidades de gestão, logística e administração para garantir a qualidade dos serviços. O estagiário pôde compartilhar diversos conhecimentos distintos de sua área de atuação principal com os funcionários da empresa, contribuindo de modo mútuo.

REFERÊNCIAS

ALTOQI. **QiSPDA**. Disponível em: < <http://www.altoqi.com.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

CMS ENGENHARIA. **CMS Engenharia**. Disponível em: < <http://www.cms.eng.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

FILHO, D. L. L. **Projeto de instalações elétricas prediais**. Sexta edição. São Paulo: Érica, 2001.

MAMEDE, J.F. **Instalações elétricas industriais**. Sétima edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

NBR 5410. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. 2008.

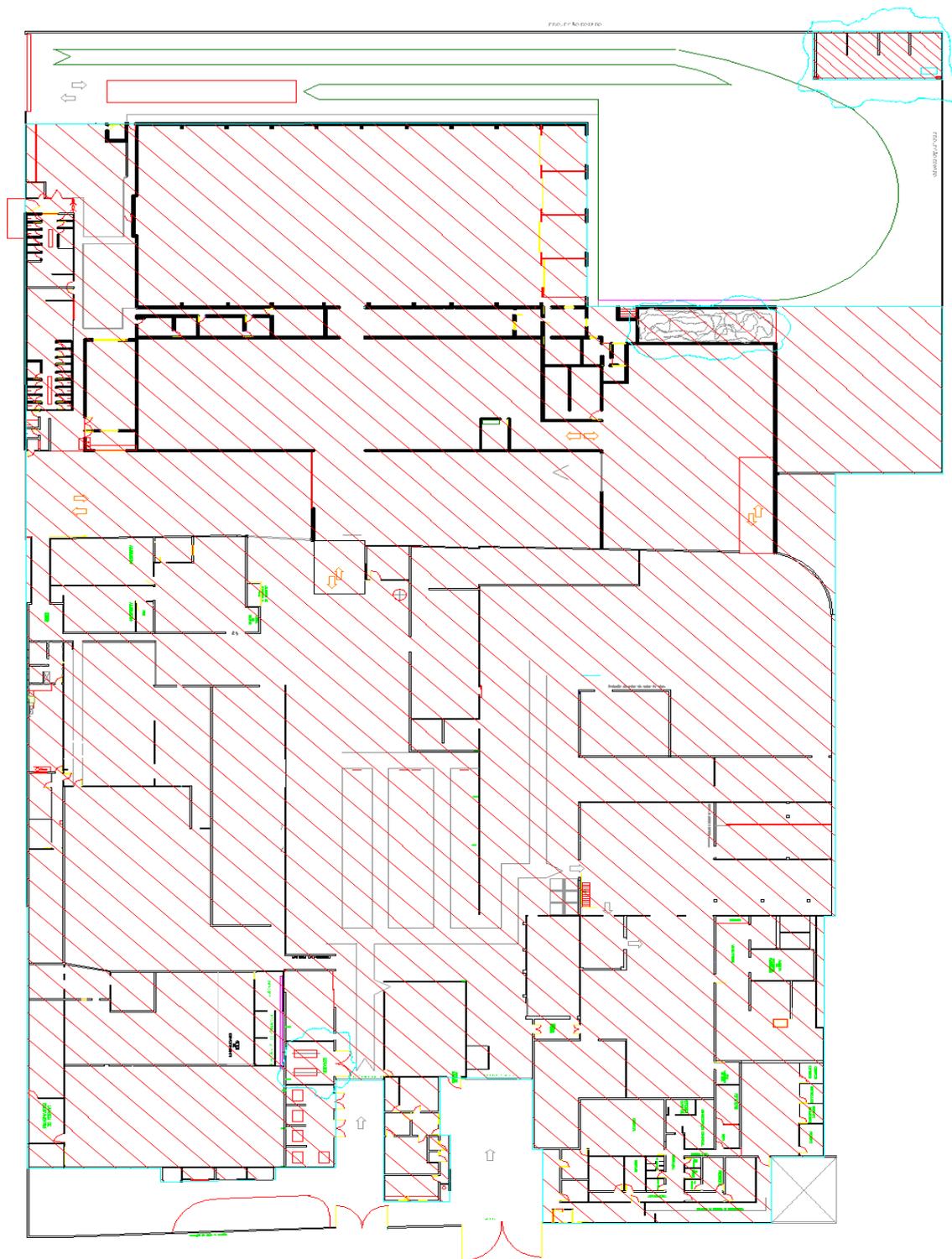
NBR 5419. **Proteção contra descargas atmosféricas**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. 2015.

NR-10. **Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Ministério do Trabalho e do Emprego. Brasília, 2004.

PMESP. **Instrução técnica nº 014/2010 - Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco**. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. 2010. Disponível em <http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/rev_it/IT14.pdf> Acesso em: 02 jul. 2018.

ANEXO A – DEFINIÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA ANÁLISE DE RISCO

A planta reduzida a seguir traz as áreas das duas estruturas consideradas para o estudo de análise de risco, destacando as zonas com risco de incêndio.



ANEXO B – MEMORIAL DESCRITIVO – ANÁLISE DE RISCO

Nesse apêndice é apresentado o relatório emitido pelo QiSPDA para parte da edificação da indústria analisada.

Risco de perda de valores econômicos (R4) - Reciclagem

Os resultados para o risco de perda de valor econômico levam em consideração a avaliação da eficiência do custo da proteção pela comparação do custo total das perdas com ou sem as medidas de proteção. Neste caso, a avaliação das componentes de risco R4 devem ser feitas no sentido de avaliar tais custos.

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd (Fator de localização)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$3 \times 10^{-1} / \text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$1,23 \times 10^{-3} / \text{ano}$
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1

Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5×10^{-1}
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1×10^{-2}
Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso)	5×10^{-1}
ca (Valor dos animais na zona) (R\$)	0
cb (Valor da edificação relevante à zona) (R\$)	$9,6 \times 10^4$
cc (Valor do conteúdo da zona) (R\$)	3×10^3
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	2×10^4
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	$1,19 \times 10^5$

$L_b = r_p \times r_f \times L_f \times ((c_a + c_b + c_c + c_s) / C_T)$	$2,5 \times 10^{-3}$
--	----------------------

$$R_b = N_d \times P_b \times L_b$$

$$R_b = 3,08 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

Componente R_c (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

N_d (número de eventos perigosos para a estrutura)

C _d (Fator de localização)	1
N _g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$3 \times 10^{-1} / \text{km}^2 \times \text{ano}$
$N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$	$1,23 \times 10^{-3} / \text{ano}$
P _b (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1

P_c (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
P _{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	1	1
C _{ld} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$P_{c.E} = P_{spd.E} \times C_{ld.E}$, $P_{c.T} = P_{spd.T} \times C_{ld.T}$	1	1
$P_c = 1 - [(1 - P_{c.E}) \times (1 - P_{c.T})]$	1	

L_c (valores de perda na zona considerada)

Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1×10^{-2}
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	2×10^4
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	$1,19 \times 10^5$
$Lc = Lo \times (cs/CT)$	$1,68 \times 10^{-3}$

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

$$Rc = 2,07 \times 10^{-6}/\text{ano}$$

Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nm (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$3 \times 10^{-1}/\text{km}^2 \times \text{ano}$
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	795301,55 m ²
$Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$	$2,38 \times 10^{-1}/\text{ano}$

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	1	1
Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura)	1	1
Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por	1	1

malha dos campos internos de uma estrutura)		
Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno)	1	1
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)	2,5	1,5
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	4×10^{-1}	$6,67 \times 10^{-1}$
$Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$	$1,6 \times 10^{-1}$	$4,44 \times 10^{-1}$
$Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$, $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$	$1,6 \times 10^{-1}$	$4,44 \times 10^{-1}$
$Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$	$5,33 \times 10^{-1}$	

Lm (valores de perda na zona considerada)

Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1×10^{-2}
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	2×10^4
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	$1,19 \times 10^5$
$Lm = Lo \times (cs/CT)$	$1,68 \times 10^{-3}$

$$Rm = Nm \times Pm \times Lm$$

$$Rm = 2,14 \times 10^{-4}/\text{ano}$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ll (Comprimento da seção de linha)	1000 m	1000 m
Al = 40 x Ll	40000 m ²	40000 m ²
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$3 \times 10^{-1} / \text{km}^2 \times \text{ano}$	

Nl (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	1	1
Ct (Fator do tipo de linha)	0,2	1
Ce (Fator ambiental)	0,1	0,1
$Nl = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-4} / \text{ano}$	$1,2 \times 10^{-3} / \text{ano}$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0,25	0,25
$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$	0/ano	0/ano
Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	1	

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem,	1	1

aterramento e isolamento)		
$P_v = P_{eb} \times P_{ld} \times C_{ld}$	1	1

L_v (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5×10^{-1}
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1×10^{-2}
Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso)	5×10^{-1}
ca (Valor dos animais na zona) (R\$)	0
cb (Valor da edificação relevante à zona) (R\$)	$9,6 \times 10^4$
cc (Valor do conteúdo da zona) (R\$)	3×10^3
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	2×10^4
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	$1,19 \times 10^5$
$L_v = r_p \times r_f \times L_f \times ((c_a + c_b + c_c + c_s) / CT)$	$2,5 \times 10^{-3}$

$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(N_{l.E} + N_{dj.E}) \times P_{v.E} \times L_v] + [(N_{l.T} + N_{dj.T}) \times P_{v.T} \times L_v]$$

$$R_v = 3,6 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

Componente R_w (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ll (Comprimento da seção de linha)	1000 m	1000 m
Al = 40 x Ll	40000 m ²	40000 m ²
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$3 \times 10^{-1} / \text{km}^2 \times \text{ano}$	

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	1	1
Ct (Fator do tipo de linha)	0,2	1
Ce (Fator ambiental)	0,1	0,1
NI = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶	$2,4 \times 10^{-4} / \text{ano}$	$1,2 \times 10^{-3} / \text{ano}$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0,25	0,25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	1	1
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem,	1	1

aterramento e isolamento)		
$P_w = P_{spd} \times P_{ld} \times C_{ld}$	1	1

L_w (valores de perda na zona considerada)

L_o (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1×10^{-2}
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	2×10^4
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	$1,19 \times 10^5$
$L_w = L_o \times (cs/CT)$	$1,68 \times 10^{-3}$

$$R_w = R_w.E + R_w.T$$

$$R_w = [(Nl.E + Ndj.E) \times P_w.E \times L_w] + [(Nl.T + Ndj.T) \times P_w.T \times L_w]$$

$$R_w = 2,42 \times 10^{-6}/\text{ano}$$

Componente R_z (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

A_i (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
L_l (Comprimento da seção de linha)	1000 m	1000 m
$A_i = 40 \times L_l$	40000 m ²	40000 m ²
N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$3 \times 10^{-1}/\text{km}^2 \times \text{ano}$	

N_i (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	1	1
Ct (Fator do tipo de linha)	0,2	1
Ce (Fator ambiental)	0,1	0,1
$Ni = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-4}/\text{ano}$	$1,2 \times 10^{-3}/\text{ano}$

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	1	1
Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos)	0,3	0,5
Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha)	1	1
$Pz = Pspd \times Pli \times Cli$	3×10^{-1}	5×10^{-1}

Lz (valores de perda na zona considerada)

Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1×10^{-2}
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	2×10^4
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	$1,19 \times 10^5$
$Lz = Lo \times (cs/CT)$	$1,68 \times 10^{-3}$

$$Rz = Rz.E + Rz.T$$

$$Rz = (Ni.E \times Pz.E \times Lz) + (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$$

$$Rz = 1,13 \times 10^{-4}/\text{ano}$$

Resultado de R4

O risco R4 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R4 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

$$R4 = 3,38 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

Avaliação final do risco – Reciclagem

O risco é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que possa ocorrer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado. O risco para a estrutura é a soma dos riscos relevantes de todas as zonas da estrutura; em cada zona, o risco é a soma de todos os componentes de risco relevantes na zona.

Zona	R1	R4
Estrutura	$0,00015 \times 10^{-5}$	$0,338 \times 10^{-3}$

Foram avaliados os seguintes riscos da estrutura:

R1: risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes)

$$R1 = 0,00015 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de SPDA não é necessária, segundo a NBR5419/2015, pois $R \leq 10^{-5}$

R4: risco de perda de valor econômico

$$R4 = 0,338 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de SPDA não é necessária, segundo a NBR5419/2015, pois $R \leq 10^{-3}$