

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO

VICTOR SALVINO BORGES

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO
DURANTE ENSAIOS DE ALTA TENSÃO DE EPIs E EPCs PARA
TRABALHO EM LINHA VIVA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA - PR

2013

VICTOR SALVINO BORGES

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO
DURANTE ENSAIOS DE ALTA TENSÃO DE EPIs E EPCs PARA
TRABALHO EM LINHA VIVA**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho”
Orientador: Prof. Dr. Cezar Augusto Romano

CURITIBA - PR

2013

VICTOR SALVINO BORGES

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO
DURANTE ENSAIOS DE ALTA TENSÃO DE EPIs E EPCs PARA
TRABALHO EM LINHA VIVA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Dr. Cezar Augusto Romano
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus

Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus

Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus

Curitiba.

Prof. Msc. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus

Curitiba.

Curitiba
2013

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho primeiramente a todos que contribuíram para a realização do mesmo direta ou indiretamente, seja nas orientações, realização dos testes e aqueles que me incentivaram a continuar durante os momentos em que o cansaço apareceu.

Dedico também a minha família e amigos que por muitas vezes tive que abdicar de suas companhias para que pudesse me tornar Engenheiro de segurança do trabalho.

Dedico este trabalho aos colegas e em especial aos amigos que fiz na turma do XXV CEEST.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Romano pelo apoio na realização deste trabalho.

Agradeço ao LACTEC pelo apoio na realização deste trabalho, em especial aos meus colegas Kowalski, Guilherme pelo apoio e ajuda na a realização dos ensaios.

Agradeço também aos colegas Eliseu, Rafael e Luiz da divisão de meio ambiente que auxiliaram na realização das medidas de ozônio.

Agradeço a Copel na pessoa do Anselmo Pombeiro e a ANNEL pelo financiamento dos trabalhos de P&D que possibilitaram a aquisição dos equipamentos para a realização do presente trabalho.

RESUMO

BORGES, Victor S.. **Medição dos níveis de concentração de ozônio durante ensaios de alta tensão de EPIs e EPCs para trabalho em linha viva.** 44 f. Monografia (Especialização em engenharia de segurança do trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Em ensaios de EPIs e EPCs isolados é comum a percepção da presença do ozônio durante os ensaios sendo que alguns ensaiadores relatam que após a jornada de trabalho sentem dor de cabeça, náuseas e irritações na garganta. Avaliou-se um ambiente de ensaio com o objetivo de quantificar os valores de concentração ozônio e compará-los ao que determina a legislação brasileira que regulamenta a exposição ocupacional a agentes químicos (NR-15), para isso foram realizadas três medições de concentração de ozônio por um período de 30 minutos cada durante um período da jornada de trabalho em um laboratório de ensaio. Constatou-se que o ambiente estudado deve-se ser considerado como insalubre, pois as três medidas realizadas apresentaram valores que ultrapassaram o valor máximo, o qual segundo a NR-15 não pode ser ultrapassado em nenhum momento durante a jornada de trabalho.

Palavras-chave: Linha-viva, ozônio, EPI, EPC, NR-15.

ABSTRACT

BORGES, Victor S.. **Measurement of ozone levels concentration during high voltage tests of IPs and CPs for live line work.** 44 f. Monografia (Especialização em engenharia de segurança do trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013

In tests of IPs and CPs insulated is common the perception of the presence of ozone during electric tests. Some worker report that after a workday thy feel headache, nausea and irritation of the throat. Was evaluated a test environment in order to quantify these values of ozone concentration and compare them to what determines the Brazilian legislation regulating occupational exposure to chemical agents (NR-15), to reach this objective were made three measurements of ozone concentration for a period of 30 minutes each during a period of the normal day of work in one test laboratory. It was found that the studied environment must be considered unhealthy, because the three measurements had values that exceeded the maximum value allowed per law, which according to NR-15 can not be exceeded at any time during the workday.

Key-words: Live line, ozone, EPIs, EPCs, NR-15.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Efeito corona.....	15
Figura 2: Luvas isolantes.....	20
Figura 3: Mangas isolantes.....	21
Figura 4: Calçado de segurança.....	22
Figura 5: Trabalhador utilizando conjunto completo de EPIs necessários para realização de trabalho em linha viva.....	22
Figura 6: Exemplo de manta isolante e coberturas isolantes.....	23
Figura 7: Trabalhadores de linha viva realizam a instalação de coberturas de proteção sobre condutores.....	24
Figura 8: Fluxograma de avaliação de riscos.....	27
Figura 9: Elementos de um sistema de amostragem.....	28
Figura 10: Esquemático para ensaio de luvas isolantes.....	29
Figura 11: Esquemático para realização de ensaio em coberturas isolantes.....	29
Figura 12: Esquemático para realização de ensaio em mantas isolantes.....	30
Figura 13: Medidor de ozônio HORIBA APOA-370.....	31
Figura 14: Ponto de coleta do ar.....	32
Figura 15: Ambiente de ensaio.....	33
Figura 16: Arranjo para ensaio de luvas isolantes.....	34
Figura 17: Luva isolante pronta para ser ensaiada.....	34
Figura 18: Operador realizando a montagem do arranjo de ensaio.....	35
Figura 19: Cobertura de condutor montada para o ensaio.....	35
Figura 20: Manta isolante pronta para ser ensaiada.....	36
Figura 21: Operador preparando o ensaio de mantas isolantes.....	36
Figura 22: Primeira medição de concentração de ozônio durante o ensaio de uma cobertura de condutor classe 3, 2 luvas classe 2 e uma classe 4.....	37
Figura 23: Segunda medição de concentração de ozônio durante o ensaio de uma manta isolante classe 3 e uma classe 4.....	38
Figura 24: Terceira medição de concentração de ozônio durante o ensaio de duas mantas isolante classe 4.....	38
Figura 25: Teste com o ventilador para aumentar a dispersão do ozônio no ambiente.....	40
Figura 26: Medição com o ventilador.....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Problemática	10
1.2	Delimitação do Problema de Pesquisa.....	11
1.3	Objetivos da Pesquisa	11
1.3.1	Objetivo Geral	11
1.3.2	Objetivos Específicos	11
1.4	Justificativa e Contribuições	11
1.5	Estrutura do Trabalho	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Ozônio.....	14
2.1.1	Características físico-químicas	14
2.1.2	Processos de geração de ozônio.....	14
2.1.3	Efeitos do ozônio na saúde humana	15
2.2	Equipamentos de Proteção para Trabalhos em Redes Energizadas.....	17
2.2.1	Método ao contato	18
2.2.2	Método à distância.....	18
2.2.3	Equipamentos de proteção individuais	19
2.2.3.1	Luva isolante de borracha	19
2.2.3.2	Mangas de proteção isolante	20
2.2.3.3	Calçado de proteção	22
2.2.4	Equipamentos de proteção coletiva	22
2.2.4.1	Equipamentos de isolamento de partes energizadas	23
2.3	Normas Pertinentes	24
2.4	Métodos de Amostragem	26
2.5	Ensaio elétrico	28
3	METODOLOGIA.....	31
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	33
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	41
5.1	TRABALHOS FUTUROS	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica ocupa um papel essencial na sociedade moderna, seja nos lares das pessoas ou impulsionando a economia alimentando indústrias, empresas, veículos de transporte. Devido este papel importante na sociedade e também na economia, cada vez mais se têm aumentado às exigências quanto à qualidade do fornecimento de energia elétrica, sendo estes níveis de continuidade ou qualidade da energia elétrica.

Dentre os parâmetros de qualidade de serviço a continuidade do sistema elétrico brasileiro que é representado pelos índices de DEC (Duração Equivalente de Continuidade), FEC (Frequência Equivalente de Continuidade), DIC (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora) e FIC (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora) (ANEEL) que representam uma preocupação para as empresas que constituem o sistema elétrico brasileiro, pois estas empresas recebem multas quando os níveis máximos de desligamento estabelecidos pela ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) são ultrapassados. Com isso as concessionárias de energia elétrica vêm sendo obrigadas cada vez mais a realizarem seus serviços de manutenção com as redes energizadas, também chamados de trabalhos em linha viva.

Para que isto seja possível os trabalhadores devem utilizar equipamentos de proteção individual e coletivos isolados (EPIs e EPCs) para que os mesmos se protejam contra choques elétricos.

Segundo a norma regulamentadora nº 10 (NR-10) (BRASIL, 2004) estes EPIs e EPCs devem ser testados conforme recomendações do fabricante, normas e ou procedimentos internos da empresa. O período de reteste para estes equipamentos varia entre 6 meses a um ano.

1.1 Problemática

Para a realização dos testes elétricos destes EPIs e EPCs os mesmo são submetidos a uma diferença de potencial elétrico que pode chegar a ordem de 50 kV dependendo de sua classe de isolamento. Devido a alta tensão elétrica aliada as geometrias dos arranjos de ensaio se tem a intensificações do campo elétrico resultando em na ocorrência de descargas parciais

do tipo corona. Estas descargas do tipo corona são responsáveis pela geração de ozônio durante estes ensaios (BORGES, 2011).

1.2 Delimitação do Problema de Pesquisa

Durante a realização destes ensaios é possível sentir o odor característico do ozônio, este odor tem como característica ser irritante, e em algumas pessoas pode causar reações alérgicas, náuseas e dores de cabeça (DEVELIN & RAUB, 1997).

Com isso surgem os questionamentos se os níveis que os trabalhadores ficam expostos durante sua jornada de trabalho estão dentre os aceitáveis pela legislação brasileira.

1.3 Objetivos da Pesquisa

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é comparar os níveis de concentração de ozônio na realização de ensaios de rotina de EPIs e EPCs isolados, com os valores máximos previstos em norma.

1.3.2 Objetivos Específicos

Analisar a atividade de ensaio elétrico de rotina de EPIs e EPCs em um laboratório e medir as concentrações de ozônio presentes no ambiente de trabalho durante a atividade.

1.4 Justificativa e Contribuições

Há sempre uma preocupação quando se trata de serviços realizados em eletricidade em geral, mas principalmente quando o mesmo é realizado em uma linha energizada, pois o perigo não apresenta nenhum indicativo como cheiro, ruído, coloração, alguma característica que possa indicar de forma sensorial a presença da eletricidade sem que apresente um risco a integridade física.

Por este motivo as consequências de um acidente tanto ao patrimônio como para as pessoas podem ser drásticas e irreversíveis. Em sua maioria adota-se sempre a redundância e

cuidados adicionais para que se tenha a maior segurança possível durante toda a atividade realizada.

Porém verifica-se que no quesito ambiental, e mais especificamente durante os ensaios realizados dos equipamentos de proteção para trabalhos em linha viva este mesmo cuidado não tem sido tomado. Pensando na continuidade desta segurança, para que além dos trabalhadores que utilizam estes equipamentos os que os ensaiam também tenham o máximo de segurança e salubridade em seus ambientes de trabalho, pretende-se avaliar um laboratório de ensaio de equipamentos de proteção para linha viva. Os resultados do presente trabalho poderão auxiliar na avaliação de outros ambientes de outras empresas que exerçam as mesmas atividades.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho será dividido em cinco partes, sendo estas:

- Fundamentação teórica

Este tópico será subdividido em três temas de abordagem:

- Ozônio:

Neste subitem terá uma breve apresentação do que é o ozônio e os resultados de suas interações com o corpo humano. Também serão abordados os processos de geração de ozônio durante os ensaios de alta tensão.

- Equipamentos de proteção:

Neste subitem serão apresentados os principais equipamentos de proteção isolados utilizados por eletricitista de linha viva e suas aplicações.

- Normas pertinentes:

No subitem “Normas Pertinentes” serão apresentadas normatizações quanto aos níveis de ozônio máximos permitidos, entre outras discussões sobre o assunto encontradas na bibliografia.

- Métodos de amostragem:

Neste subitem serão abordados alguns métodos de amostragem que podem ser utilizados na avaliação de agentes químicos assim como a indicação do mais adequado para a realização do presente trabalho.

- Ensaio elétrico:

No subitem “Ensaio Elétrico” serão abordadas as formas de serem realizados os ensaios elétricos dos EPIs e EPCs abordados durante o presente trabalho.

- Metodologia

Será descrito todos os materiais e métodos empregados para se realizar o levantamento dos níveis de ozônio durante a realização dos testes elétricos.

- Apresentação e discussão dos resultados

Neste tópico serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das medições realizadas em laboratório.

- Conclusões e recomendações

Após todas as análises e discussões serão apresentadas as conclusões e recomendações obtidas a partir do trabalho realizado.

- Trabalhos futuros:

Este tópico tem como finalidade indicar possíveis trabalhos a serem realizados que possam complementar e evoluir ainda mais o trabalho já realizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ozônio

2.1.1 Características físico-químicas

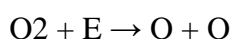
O ozônio também conhecido como ozona é um alótropo triatômico do oxigênio (O_3) muito mais instável e reativo do que o diatômico (O_2), por se tratar de três átomos de oxigênio possui peso molecular igual a 48 ua. Suas temperaturas de fusão e ebulição são respectivamente $-192,5\text{ }^\circ\text{C}$ e $-111,9\text{ }^\circ\text{C}$, portanto a temperatura ambiente e condições normais de pressão o ozônio se apresenta no estado gasoso (LISEVSKI, 2011; BOCCI, 2005; BROWN *et al.*, 2002).

O mesmo possui uma coloração azulada e um odor irritante característico, é o terceiro agente oxidante mais forte, perdendo somente para o flúor e persulfato o que explica sua alta reatividade (BOCCI, 2005).

O tempo de vida do ozônio é dependente da temperatura sendo que a 20°C o tempo de meia vida é de aproximadamente de 40 minutos, a 30°C é 25 minutos enquanto que a $-50\text{ }^\circ\text{C}$ o tempo de meia vida pode ser maior que três meses (LISEVSKI, 2011; BOCCI, 2005).

2.1.2 Processos de geração de ozônio

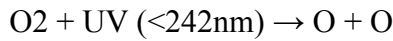
A geração de ozônio parte de um processo endotérmico onde uma molécula de oxigênio (O_2) é dissociada a partir da absorção de uma determinada quantidade de energia criando dois átomos de oxigênio livre ($2O$), estes átomos ao se colidirem com duas moléculas de oxigênio ($2O_2$) produzem duas moléculas de ozônio ($2O_3$), esta reação pode ser melhor observada na equação 1 (LISEVSKI, 2011; BOCCI, 2005).



O processo de geração de ozônio mais conhecido por todos se dá na estratosfera, o resultado dessa reação é o que dá origem a camada de ozônio. Neste processo a energia necessária para a dissociação da molécula de oxigênio é proveniente da absorção dos raios ultravioleta (comprimentos de onda $<242\text{nm}$) pelas moléculas de oxigênio. Este processo tem

como consequência a filtragem dos raios ultravioletas, assim reduzindo a intensidade dos mesmos ao atingirem a superfície da terra (LISEVSKI, 2011; BOCCI, 2005).

A reação que ilustra este processo pode ser vista na equação 2.



Esta energia necessária para a ocorrência da separação da molécula de oxigênio também pode ser proveniente de uma descarga elétrica no ar. Bocci (2005) relata em seu livro que durante uma tempestade onde se tem um número elevado de ocorrência de raios e trovões pode-se sentir um leve odor de ozônio no ar.

Desta forma descargas parciais do tipo corona são aquelas que ocorrem principalmente entre pontas, cantos energizados e o ar, sendo sua intensidade e número de ocorrências ligadas diretamente ao nível de tensão aplicada. Durante ensaios de alta tensão aliada as geometrias de arranjos de ensaio, ou até mesmo de equipamentos, há uma ocorrência considerável de descargas do tipo corona. Um exemplo de descargas corona a partir de uma ponta energizada pode ser visto na Figura 1 (BOCCI, 2005; BORGES, 2011; LISEVSKI, 2011).

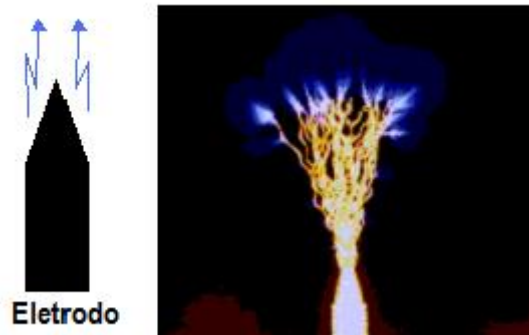


Figura 1: Efeito corona.
Fonte: Borges, V. S. (2011).

2.1.3 Efeitos do ozônio na saúde humana

O ozônio possui baixa solubilidade em água o que resulta em uma menor eficiência no processo de filtragem do sistema respiratório superior quando comparado com poluentes mais solúveis como o dióxido de enxofre (SO_2) ou o gás cloro (Cl_2). Por isso a maior parte do ozônio inalado alcança o sistema respiratório inferior dissolvendo-se na fina camada do fluido epitelial por meio das vias pulmonares (DEVLIN & RAUB, 1997; KOWALSKI, *et al.*, 2008).

Alguns dos efeitos da inalação do ozônio sobre a saúde humana são (DEVLIN, 1991):

- Sintomas respiratórios como tosse, irritação da garganta, dor, queimação ou desconforto no peito ao respirar profundamente, constrição do peito, chiado e falta de ar;
- Diminuição da capacidade pulmonar;
- Inflamação das vias respiratórias.

Experimentos realizados para determinar os efeitos a saúde de seres humanos expostos a uma concentração aguda de 0,4 ppm durante 2 horas mostram que após esta exposição iniciam-se mudanças bioquímicas no pulmão que conduzem a inflamação e dano agudo dos mesmos, assim como podem conduzir a efeitos de longo prazo como fibrose. Entretanto populações podem ser expostas a níveis inferiores a este por períodos prolongados e apresentarem as mesmas mudanças bioquímicas (DEVLIN, 1991).

Indivíduos que possuíam um histórico médico detalhado os quais eram não fumantes, não apresentaram históricos de alergias, asma ou nenhuma infecção respiratória nas seis semanas anteriores ao estudo foram expostos a concentrações de 0,10 ppm de ozônio com ar filtrado e 0,08 ppm de ozônio em ar comum por um período de 6,6 horas a uma taxa de 40 litros por minuto. Chegando a conclusão de que exposições a níveis baixos de ozônio por tempos prolongados já é suficiente para iniciar processos de inflamação do pulmão (DEVLIN, 1991; KRISHNA, 1997).

A fim de se avaliar as consequências da exposição recorrente ao ozônio, dezesseis homens adultos saudáveis foram exposto durante 2h por dia a taxas de 0,4 ppm de ozônio durante 5, 10 e 20 dias consecutivos. Após análise dos indivíduos constatou-se que os medidores celulares e bioquímicos que indicam processos inflamatórios tiveram um aumento após uma única exposição ao ozônio sendo atenuados após 5 dias consecutivos de exposição. Porém os marcadores de ferimento da célula epitelial tiveram seus valores aumentados, podendo indicar um efeito cumulativo da exposição ao ozônio (DEVLIN, 1997).

2.2 Equipamentos de Proteção para Trabalhos em Redes Energizadas

Quando se pensa em segurança do trabalho em eletricidade, o primeiro pensamento que se tem é o de se desligar a alimentação, o qual é o mais seguro e correto. Ao seguir todo o procedimento 10.5.1 da NR-10 (BRASIL, 2004), de seccionar, bloquear o religamento, verificar a ausência de tensão, instalar aterramento temporário, proteção de elementos energizados e instalação de sinalização dificilmente se teria acidentes envolvendo eletricidade.

Porém ao se considerar uma intervenção rápida em algum componente elétrico em uma residência como a troca de lâmpadas, o conserto de uma tomada ou um reparo no chuveiro, nestes casos seria necessário o simples desligamento de um disjuntor que deixaria um cômodo ou até mesmo toda a residência sem energia durante o tempo necessário até o término do trabalho.

Para uma residência pode-se pensar em um desconforto durante este tempo sem energia, ao aumentar a escala e considerar a manutenção em empresa ou indústria uma intervenção na rede elétrica que significasse o desligamento da alimentação poderia resultar em uma parada de produção ou interrupção das atividades de toda a empresa.

Enquanto que a desenergização de uma linha de transmissão pode acarretar na interrupção de fornecimento de energia de toda uma cidade ou até mesmo de toda uma região, resultando em perda de receita para as empresas de energia elétrica, parada de indústrias, empresas, hospitais, serviços que sejam dependentes da energia elétrica, como fornecimento de água (bombas hidráulicas), controle de tráfego, metrô, entre outros.

A partir deste cenário a ANEEL criou os índices de DEF, FEC, DIC e FIC (ANEEL) os quais limitam os números de interrupção de fornecimento de energia que pode existir em cada região, sejam estes desligamentos programados ou não. Caso as concessionárias de energia não cumpram o que foi preestabelecido pela ANEEL estas são penalizadas financeiramente através de multas.

Frente a este panorama surge a necessidade de que as intervenções e trabalhos nas redes elétricas sejam feitos com as redes energizadas, sem que as mesmas sejam desligadas, também conhecido como trabalhos de linha viva.

Para a realização de trabalhos com as redes energizadas são adotados basicamente dois métodos de trabalho, ao contato e a distância (COPEL, 2012).

Outro conceito para melhor compreensão das funções dos equipamentos de proteção isolantes são os de proteção contra o contato direto e eventual. O contato direto ocorre quando este o contato do electricista com a rede é realizado de maneira intencional, por exemplo, quando este utiliza uma luva isolante para tocar a rede energizada durante um serviço de troca de isoladores (KOWALSKI *et al.*, 2008).

O contato eventual ocorre quando o electricista não tem a intenção de tocar a rede, um exemplo deste contato seria a situação onde durante a atividade o electricista toca o cotovelo na rede energizada por um breve momento. Quando estes riscos estão presentes na atividade a ser realizada o trabalhador deve utilizar obrigatoriamente mangas isolantes, coberturas isolantes, entre outros equipamentos de proteção para proteger as partes energizadas (KOWALSKI *et al.*, 2008).

2.2.1 Método ao contato

Neste método o electricista entra em contato direto com as partes energizadas, o mesmo fica isolado do potencial de terra pela utilização de cestos aéreos, andaimes, escadas e plataformas isolados. Os electricistas também devem utilizar botas isoladas, luvas e mangas de borracha isolante, bastões de manobra e coberturas isolantes para proteção do electricista contra contatos diretos e eventuais com as partes energizadas.

O princípio deste método é a utilização de dupla proteção, caso haja a falha em alguma proteção o trabalhador estará seguro devido à outra (COPEL, 2012; SANTOS, 2009).

2.2.2 Método à distância

No método à distância as atividades são realizadas considerando o electricista em um potencial de terra, o que significa que este não está posicionado em estruturas isoladas como é feito no método ao contato. Neste caso o trabalho é realizado a partir de escadas comuns de madeira, esporas, ou até mesmo do chão.

Durante a realização deste trabalho é imprescindível à utilização dos equipamentos de segurança e ferramentas isoladas. Durante toda a atividade os serviços serão realizados através de bastões de manobra isolados, mesmo utilizando luvas isolantes não é permitido que o electricista toque diretamente as partes energizadas (COPEL, 2012; SANTOS, 2009).

Ao se utilizar bastões de manobra para a realização de serviços o electricista tem um ganho de segurança por não entrar em contato direto com a rede energizada, porém perde em agilidade e destreza, com isso o método à distância é empregado em atividades mais simples nas redes de distribuição, como (SANTOS, 2009):

- Substituição de isoladores de pinos, acessórios (pinos, amarração, entre outras);
- substituição de cruzetas;
- instalação e ou substituição de postes com estrutura simples.
- entre outros.

2.2.3 Equipamentos de proteção individuais

Em todos os ramos de atividades é imprescindível que trabalhadores utilizem os equipamentos de proteção adequados, pensando nisso a Fundacentro disponibilizou um material técnico de suporte de segurança para trabalhos em eletricidade, este material foi elaborado pelo Grupo Tripartite de Segurança nas Instalações Elétricas, instituídas pela Superintendência Regional do Trabalho e Emprego (SRTE) do estado de São Paulo (FUNDACENTRO, 2005).

Junto a este material há o Manual de treinamento da NR-10 (CPN, 2004) o qual lista os principais equipamentos de proteção individual que os electricistas devem utilizar em suas atividades.

A seguir são apresentados os EPIs isolados indispensáveis nos trabalhos de linha viva, com ênfase nos principais equipamentos utilizados pelas equipes de empreiteiras e concessionárias de energia brasileiras.

2.2.3.1 Luva isolante de borracha

As luvas isolantes são um dos principais equipamentos de proteção dos electricistas, pois protegem as mãos e braços dos trabalhadores contra choques elétricos. Sempre que autorizado o uso destas luvas deve ser informada a tensão máxima que a luva pode ser utilizada, as luvas devem conter uma marcação que informa a classe da luva e sua tensão máxima de uso, estas classes e suas respectivas características podem ser vistas na Tabela 1 (BRASIL, 1989; CPN, 2004).

Por se tratar de um EPI que protege contra o contato direto com partes energizadas, durante os ensaios de recebimento e periódicos das luvas, deve-se medir a corrente de fuga do material sendo este um dos parâmetros de reprovação do material.

A Figura 2 apresenta um exemplo de luvas isolantes encontradas no mercado nacional.

Tabela 1: Classes de luvas isolantes
Fonte: COPEL DISTRIBUIÇÃO. (Outubro de 2006).

Classe	Tensão máxima de uso [V]	Cor da marcação
00	500	Bege
0	1000	Vermelha
1	7500	Branca
2	17000	Amarela
3	26500	Verde
4	36000	Laranja



Figura 2: Luvas isolantes

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. (2009).

2.2.3.2 Mangas de proteção isolante

A função da manga isolante é proteger contra choque elétrico os braços e antebraço do electricista durante trabalhos em linha viva, na maioria das vezes este contato é realizado de maneira eventual, ou seja sem a intenção do electricista, com isso as mangas isolantes

desempenham um papel importante por ajudar na proteção do electricista durante um momento de distração ou descuido (CPN, 2004; HUBBELL, 2012).

Assim como as luvas isolantes as mangas isolantes também são classificadas conforme sua tensão máxima de uso, só não possuem a classe 00 que só é encontrada nas luvas isolantes. Esta classificação pode ser vista na Tabela 2 (BRASIL, 1989).

A Figura 3 apresenta uma manga isolante do tipo curva classe 2.

Tabela 2: Classes de manga isolante
Fonte: COPEL DISTRIBUIÇÃO. (Outubro de 2006).

Classe	Tensão máxima de uso [V]	Cor da marcação
0	1000	Vermelha
1	7500	Branca
2	17000	Amarela
3	26500	Verde
4	36000	Laranja



Figura 3: Mangas isolantes
Fonte: Próprio autor

2.2.3.3 Calçado de proteção

Os calçados de segurança têm como principais funções as de proteger contra torções, escoriações, derrapagens e umidade. No caso dos que possuem isolamento elétrico este isolamento é de no máximo 600 V corrente alternada (CA). A Figura 4 mostra uma botina de segurança utilizada por eletricitistas (CPN, 2004).



Figura 4: Calçado de segurança
Fonte: Próprio autor

Pode ser visto na Figura 5 um trabalhador devidamente protegido para a realização de trabalhos em redes energizadas.



Figura 5: Trabalhador utilizando conjunto completo de EPIs necessários para realização de trabalho em linha viva

Fonte: Próprio autor.

2.2.4 Equipamentos de proteção coletiva

Segundo a NR-10 (BRASIL, 2004) deve-se sempre priorizar as medidas de proteção coletiva, sendo listada como a principal nos trabalhos em eletricidade a desenergização. Como

discutido nos itens anteriores várias intervenções na rede elétrica são realizadas com as mesmas energizadas, para isto também é estabelecido pela NR-10 algumas proteções coletivas que devem ser tomadas, sendo estas:

- isolação das parte energizadas;
- obstáculos;
- barreiras;
- sinalização;

2.2.4.1 Equipamentos de isolamento de partes energizadas

Durante as atividades de linha viva deve-se isolar as partes energizadas próximas a área de trabalho para proteger o eletricista contra contatos eventuais (não intencional) com alguma parte energizada próxima a sua área de trabalho. Estas proteções podem ser realizadas através de lençóis isolantes também conhecidos como mantas isolantes e coberturas isolantes. Alguns exemplos destes equipamentos podem ser vistos na Figura 6. A Figura 7 mostra um exemplo de aplicação da proteção isolante em condutores energizados (CPN, 2004; MILANO ELETROFERRAGENS, 2010).



Figura 6: Exemplo de manta isolante e coberturas isolantes

Fonte: CPN - Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado de São Paulo. (2004).



Figura 7: Trabalhadores de linha viva realizam a instalação de coberturas de proteção sobre condutores
Fonte: Milano Eletroferragens. (2010).

2.3 Normas Pertinentes

Neste tópico serão abordadas algumas normas e recomendações que regulamentam o uso de EPIs e EPCs em trabalhos em redes energizadas, assim como a obrigatoriedade dos testes elétricos e normatizações quanto às concentrações máximas de ozônio permitidas no ambiente.

No Brasil a NR-10 (BRASIL, 2004) é a norma que estabelece os requisitos mínimos para controle e prevenção dos riscos em trabalhos em instalações elétricas e serviços com eletricidade garantindo a segurança e saúde dos trabalhadores.

Quanto a utilização de EPIs e EPCs a NR-10 estabelece que prioritariamente deve-se realizar a desenergização elétrica do circuito onde será realizado o trabalho sendo esta a principal proteção coletiva a ser adotada. Caso não seja possível a desenergização é obrigatório o uso de proteções coletivas para a isolação das partes energizadas, utilização de obstáculos, barreiras e sinalizações (BRASIL, 2004).

Sempre que houver a inviabilidade na implementação de medidas de proteções coletivas ou estas forem insuficientes para controlar os riscos é obrigatório a utilização de proteções individuais, como luvas isolantes, mangas isolantes, botina de segurança, capacete, entre outros EPIs abordados anteriormente no presente trabalho (BRASIL, 2004).

A NR-10 define que os equipamentos, dispositivos, ferramentas que possuam isolamento elétrico devem ser inspecionados e testados segundo regulamentações existentes

ou recomendações dos fabricantes, sendo que no caso da ausência de regulamentação estes equipamentos devem ser ensaiados anualmente (BRASIL, 2004).

Os fabricantes destes equipamentos de proteção recomendam que as luvas isolantes sejam submetidas a ensaios elétricos de seis em seis meses, enquanto que os outros equipamentos de proteção isolantes como mangas isolantes, coberturas isolantes e mantas isolantes devem ser ensaiadas anualmente (HUBBELL, 2012).

A Companhia Paranaense de Energia (COPEL) determina em seu manual de instruções técnicas (MIT) de procedimentos de ensaios de ferramentas de linha viva (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2006) que os ensaios dos equipamentos devem ser realizados em ambiente com boa ventilação, caso o local possua pouca ventilação, devem ser observados os níveis de concentração de ozônio presentes no ambiente.

A NR-9 (BRASIL, 1994) instaura legalmente a obrigatoriedade por parte dos empregadores da prevenção da saúde e da integridade de seus trabalhadores, por meio da realização do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), que possui a finalidade de antecipar, reconhecer, avaliar e controlar os riscos ambientais que existam ou possam vir a existir no ambiente de trabalho.

São considerados agentes químicos substâncias, compostos ou produtos que penetram no organismos do trabalhador a partir de vias respiratórias, ou dependendo da atividade podem ser absorvidas pela pele ou ingeridas. Para que estas substâncias sejam consideradas como riscos ambientais as mesmas em função de sua natureza, concentração e tempo de exposição sejam danosas à saúde do trabalhador (BRASIL, 1994).

A NR-15 (BRASIL, 2011) tem como finalidade instaurar as atividades e operações insalubres, introduzindo o conceito de “Limite de Tolerancia” que é definido como concentração ou intensidade máxima ou mínima que para um determinado tempo de exposição a um agente químico, físico ou biológico, não causará prejuízos a saúde do trabalhador.

Para o efeito de prevenção a NR-09 define como “Nível de ação” como valor que ao ser ultrapassado deve-se ter início as medidas de prevenção e controle para reduzir a probabilidade dos agentes ambientais (físico, químico, biológico) ultrapassarem os limites de tolerancia. Para agentes químicos o nível de ação corresponde a metade do limite de tolerancia apresentado pelo anexo 11 da NR-15 (BRASIL, 1994; BRASIL, 2011)

Ao se consultar alguns órgãos internacionais como OSHA (Occupational Safety and Healthy Administration), NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) e ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). quanto a concentração máxima de ozônio no ambiente de trabalho se tem uma leve divergência quanto as análises, porém os valores se apresentaram em sua maioria próximos a 0,1 ppm (NJDOH - New Jersey Department of Health, 2003).

A OSHA define o limite de tolerância de exposição ao ozônio em 0,1 ppm de média durante um período de trabalho de oito horas, o que significa que há uma tolerância a valores superiores com tanto que a média se mantenha em 0,1 ppm. No enquanto a NIOSH define que o limite de tolerância deve ser os mesmo 0,1 ppm que a OSHA define, porém este valor não pode ser excedido em nenhum momento da jornada de trabalho (NJDOH, 2003; OSHA, 2006).

A ACGIH foi a que apresentou uma referência mais completa quanto a exposição ao ozônio, indicando os valores de tolerância, em média, como sendo 0,05 ppm para trabalho pesado, 0,08 ppm para trabalho moderado, 0,10 ppm para trabalho leve e 0,20 ppm para períodos de trabalho menores que 2 horas (NJDOH, 2003).

No Brasil o limite de tolerância definido pela NR-15 para o ozônio é de 0,08 ppm de média, sendo o nível de ação 0,04 ppm. A NR-15 também define que durante a jornada de trabalho a concentração de ozônio não pode exceder em nenhum momento três vezes (F.D. – Fator de Desvio igual a 3 para concentrações entre 0 e 1 ppm) o limite de tolerância, o que significa que em nenhum momento a concentração de ozônio pode ser superior a 0,24 ppm (BRASIL, 2011).

2.4 Métodos de Amostragem

A OHTA (Occupational Hygiene Training Association) elaborou um material para auxiliar higienistas ocupacionais em suas análises chamado “*Student Guide – Basic Principles in Occupational Hygiene*”, onde são abordados vários temas voltados a análises quantitativas e qualitativas de agentes físicos, químicos e biológicos (OHTA, 2010).

A Figura 8 retirada do manual da OHTA, citado anteriormente, mostra um fluxograma para auxílio das análises ocupacionais, sendo que o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a exposição (Bloco 3) no ambiente de trabalho.

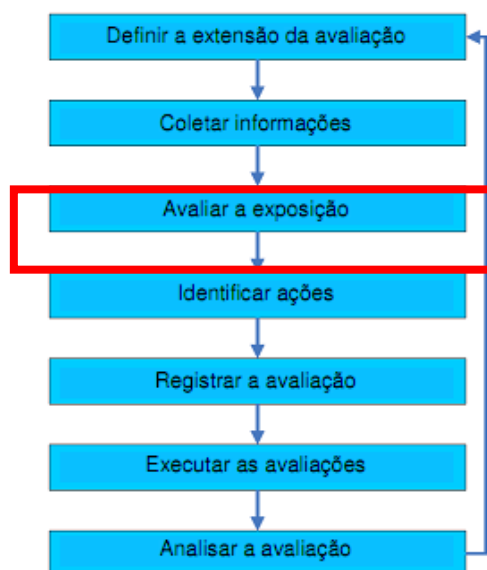


Figura 8: Fluxograma de avaliação de riscos
 Fonte: OHTA - Occupational Hygiene Training Association. (2010).

Na etapa de avaliação da exposição, o manual apresenta uma série de métodos de amostragem, podendo ser do tipo rápida, curto prazo, longo prazo e contínuo (OHTA, 2010).

- Rápida: Utilizada como técnica de triagem, auxiliando na identificação e confirmação da presença do contaminante em um ambiente.
- Curto prazo: Determina a concentração de determinado agente em um curto período de amostragem, em média entre 10 a 15 minutos, onde os resultados são extrapolados a partir de médias ponderadas para se comparar com os limites de exposição para toda a jornada de trabalho, normalmente são utilizadas estas análises quando há a exposição a perigos intensos, como o cádmio.
- Longo prazo: Normalmente são adotados períodos que podem variar entre o tempo específico para conclusão de uma tarefa, meio turno (4 horas) ou até mesmo em período de trabalho inteiro de 8 horas.
- Contínuo: Este monitoramento possibilita a visualização da distribuição no tempo das concentrações do poluente no ambiente, possibilitando a identificação de picos de concentração.

No estado do Paraná as empresas que realizam ensaios de rotina em EPIs e EPCs isolados seguem o procedimento criado pela Copel (Companhia Paranaense de Energia), o

qual foi desenvolvido baseado em normas nacionais e internacionais de ensaio destes equipamentos. O Manual de Instrução Técnica (MIT) – “Procedimentos de Ensaios de Ferramentas e Equipamentos de Linha Viva” (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2006) descreve os arranjos e procedimentos para a realização dos ensaios de rotina destes equipamentos.

O manual da OHTA (OHTA, 2010) apresenta como exemplo de método de amostragem a Figura 9. Onde pode se ver a posição do ponto de coleta do ar próximo a região respiratória do trabalhador.



Figura 9: Elementos de um sistema de amostragem
Fonte: OHTA - Occupational Hygiene Training Association. (2010)

2.5 Ensaios elétricos

Para melhor compreensão dos ensaios de EPIs e EPCs isolados, neste tópico serão abordadas as formas de realização dos ensaios dos equipamentos avaliados durante a etapa de apresentação de resultados.

A Figura 10 mostra o esquemático do ensaio de luvas isolantes sugerido pela MIT 161703 da Copel (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2006) que é utilizado no laboratório avaliado.

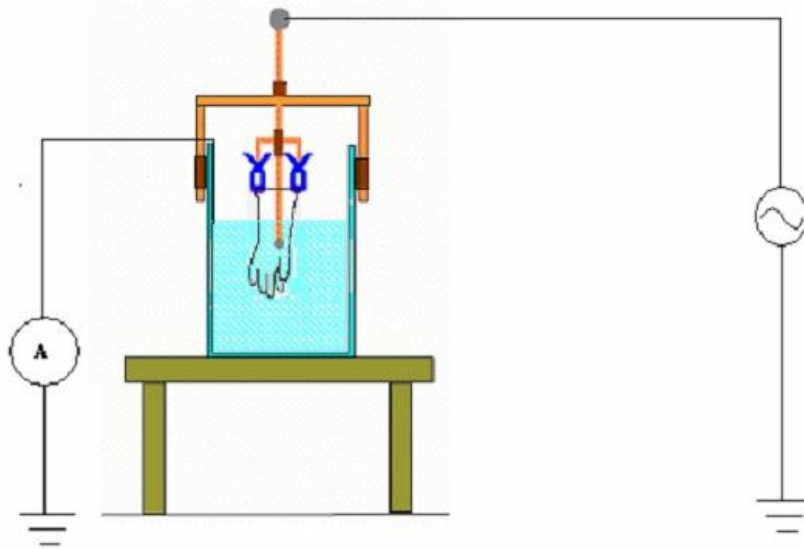


Figura 10: Esquemático para ensaio de luvas isolantes
Fonte: COPEL DISTRIBUIÇÃO. (2006).

O teste de luvas isolantes consiste basicamente e colocar a luva isolante em uma cuba e preencher a parte externa e interna da luva com água aplicando a tensão elétrica na água da parte interna da luva e aterra-se a parte externa. A aplicação de tensão é realizada durante três minutos e mede-se a corrente de fuga que está passando pela luva.

As luvas isolantes podem ser reprovadas por dois motivos, sendo o primeiro caso esta não suporte a tensão aplicada durante os três minutos e rompa, a segunda causa de reprovação é caso a corrente de fuga esteja acima dos valores permitidos (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2006).

A Figura 11 mostra o esquemático do ensaio de coberturas de condutor isolantes sugerido pela MIT 161703 da Copel (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2006) o qual é base para o arranjo utilizado no laboratório avaliado que pode ser visto na Figura 19.

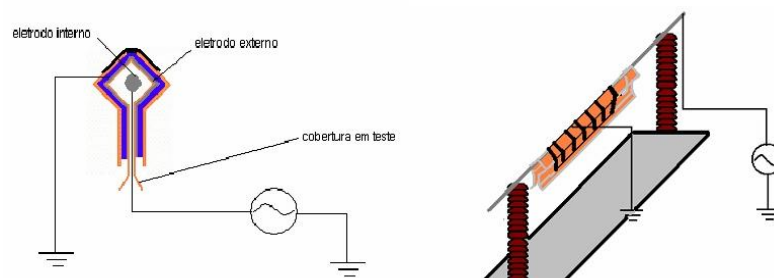


Figura 11: Esquemático para realização de ensaio em coberturas isolantes
Fonte: COPEL DISTRIBUIÇÃO. (2006).

Para a realização do ensaio de tensão aplicada em coberturas isolantes de condutor utiliza-se um cano de alumínio para simular o condutor e reveste-se a parte externa da cobertura com folhas de alumínio. A tensão elétrica é aplicada no cano de alumínio e aterrada-se a parte externa revestida com folhas de alumínio. O ensaio tem duração de três minutos, sendo que a cobertura só é reprovada caso a mesma rompa, não suportando a tensão aplicada durante este período.

Foi retirada da MIT 161703 da Copel (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2006) a Figura 12, a qual demonstra o esquemático a ser utilizado nos ensaio de tensão aplicada de mantas isolantes.

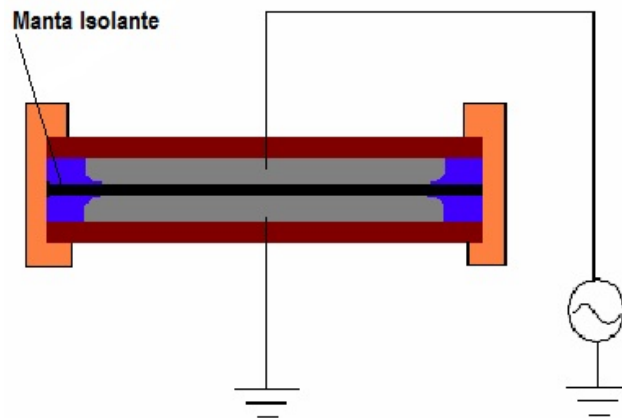


Figura 12: Esquemático para realização de ensaio em mantas isolantes
Fonte: COPEL DISTRIBUIÇÃO. (2006).

No ensaio de mantas isolantes utiliza-se duas placas de alumínio, uma em cima e outra em baixo da manta, aplicando a tensão elétrica na placa superior e aterrando a placa inferior. O ensaio segue o mesmo procedimento do da cobertura de condutor, onde a tensão elétrica é aplicada durante três minutos e o material é reprovado caso o mesmo não suporte a tensão aplicada durante os três minutos de ensaio.

3 METODOLOGIA

Para a definição do melhor método de amostragem realizou-se um estudo da norma de procedimentos de ensaios (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2006) e verificou-se que durante os ensaios de rotina a tensão elétrica é aplicada por um período de três minutos para verificar o estado do material. Como o ozônio é gerado pela alta tensão aplicada durante o ensaio o mesmo só é gerado durante estes três minutos.

Como visto no item 2.1.1 o ozônio é um agente instável com o tempo de meia vida curto (40 minutos a 20 °C) o que significa que após o cessamento da fonte geradora os níveis de concentração tendem a cair em seguida.

Para que o monitoramento de ozônio represente a situação mais real possível optou-se pelo método de monitoramento contínuo onde a cada 30 segundos o equipamento de medição de concentração de ozônio realiza uma medida. Descartou-se as medidas a partir de métodos de amostragem de longo prazo por não ser possível a detecção dos picos máximos de concentração, apenas a média geral da concentração no ambiente.

Também se descartou os métodos de curto prazo, pois neste caso o instante de amostragem pode ser tendencioso no resultado, caso o instante escolhido seja durante os três minutos em que a tensão é aplicada será medido somente os picos de intensidade, enquanto que se a medição for realizada após o desligamento da fonte de tensão elétrica não se terá a informação dos picos de intensidade.

Para a realização da análise quantitativa da concentração de ozônio no ambiente de trabalho utilizou-se o medidor de ozônio da marca HORIBA modelo APOA-370 (Figura 13).



Figura 13: Medidor de ozônio HORIBA APOA-370
Fonte: Próprio autor

As medições serão realizadas a partir do acompanhamento de um dia normal de trabalho dos ensaiadores de EPIs e EPCs de linha viva em um laboratório de alta tensão. Devido o tempo disponibilizado pelo laboratório para as medições e por serem atividades repetitivas e realizadas durante toda a jornada de trabalho serão realizadas três medição por um tempo de 30 minutos cada com intervalo entre as amostras de 30 segundos.

O medidor de ozônio disponibilizado se trata de um medidor de bancada não sendo possível o acoplamento do mesmo junto ao corpo do trabalhador o que proporcionaria uma maior mobilidade ao trabalhador como a forma mostrada na Figura 9.

Assim optou-se pela fixação da ponta da mangueira de coleta de ar próximo à região respiratória do trabalhador e por se tratar de uma mangueira comprida possibilitou que o mesmo se locomovesse com liberdade suficiente para a execução de suas atividades normais de ensaio.

A Figura 14 ilustra a fixação da mangueira de coleta junto ao trabalhador.



Figura 14: Ponto de coleta do ar
Fonte: Próprio autor

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No dia 15 de março de 2013 na cidade de Curitiba no estado do Paraná realizaram-se medidas de concentração de ozônio em um laboratório de ensaio de EPIs EPCs isolados para trabalho em linha viva.

Neste dia foi possível acompanhar o ensaio de duas luvas isolantes classe 2, cuja tensão elétrica máxima de uso é 17 kV e tensão elétrica do ensaio é 20 kV, uma luva classe 4 a qual possui tensão elétrica máxima de uso 36 kV e tensão elétrica de ensaio 40 kV.

Também foram realizados neste dia ensaios de uma cobertura de condutor classe 3 com tensão elétrica de uso 15,3 kV e de ensaio 24 kV, e de uma manta isolante classe 3 (tensão elétrica de uso 26,5 kV, tensão elétrica de ensaio 30 kV) e três classe 4 (tensão elétrica de uso 36 kV, tensão elétrica de ensaio 40 kV)

As Figura 15 mostra o ambiente onde são realizados os ensaios dos equipamentos de proteção.



Figura 15: Ambiente de ensaio
Fonte: Próprio autor

Na Figura 16 pode ser visto em detalhe o arranjo de ensaio de luvas isolantes montado antes da realização do ensaio elétrico.



Figura 16: Arranjo para ensaio de luvas isolantes
Fonte: Próprio autor

A Figura 17 mostra a parte interna da cuba onde é colocada a luva para a realização do ensaio com a mesma já acomodada para que seja iniciado o ensaio.



Figura 17: Luva isolante pronta para ser ensaiada
Fonte: Próprio autor

Pode ser visto na Figura 18 o operador ajustando o arranjo antes do início do ensaio da luva isolante.



Figura 18: Operador realizando a montagem do arranjo de ensaio
Fonte: Próprio autor

Pode ser visto na Figura 19 o arranjo de ensaio utilizado no laboratório para a realização do ensaio de tensão aplicada nas coberturas de condutor isolante.



Figura 19: Cobertura de condutor montada para o ensaio
Fonte: Próprio autor

O arranjo para ensaio de mantas isolantes utilizado no laboratório avaliado pode ser visto na Figura 20.

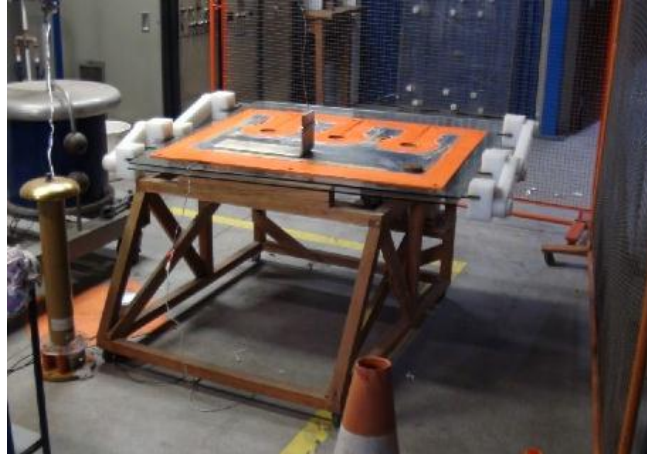


Figura 20: Manta isolante pronta para ser ensaiada
Fonte: Próprio autor

A Figura 21 ilustra um operador montando o ensaio de mantas isolantes.



Figura 21: Operador preparando o ensaio de mantas isolantes
Fonte: Próprio autor

Ao total foram realizadas três medições de concentração de ozônio por um período de 30 minutos cada, sendo que o instante zero de cada medição era o início do teste de um equipamento cujo método de ensaio adotado determina que a tensão elétrica deva ser aplicada durante 3 minutos (COPEL DISTRIBUIÇÃO, 2006). Após estes 3 minutos o operador realizava suas atividades normais como a troca do equipamento ensaiado, montagem e regulagem do arranjo de ensaio.

As figuras com os resultados das medições foram montadas a partir do seguinte método:

- Linha azul (Medidas): Medidas de concentração de ozônio.

- Linha vermelha (L.T. NR-15): Limite de tolerância para ozônio determinado pela NR-15 de 0,08 ppm (BRASIL, 2011).
- Linha verde (V.M. NR-15): Valor máximo o qual não pode ser ultrapassado em nenhum momento durante a jornada de trabalho 0,24 ppm.
- Linha roxa (Média): Representa a média entre os valores de concentração de ozônio medidos.

A Figura 22 mostra a primeira medição realizada onde durante o período de 30 minutos foram realizados os ensaios na seguinte ordem, uma cobertura de condutor, duas luvas isolantes classe 2 e uma luva isolante classe 4.

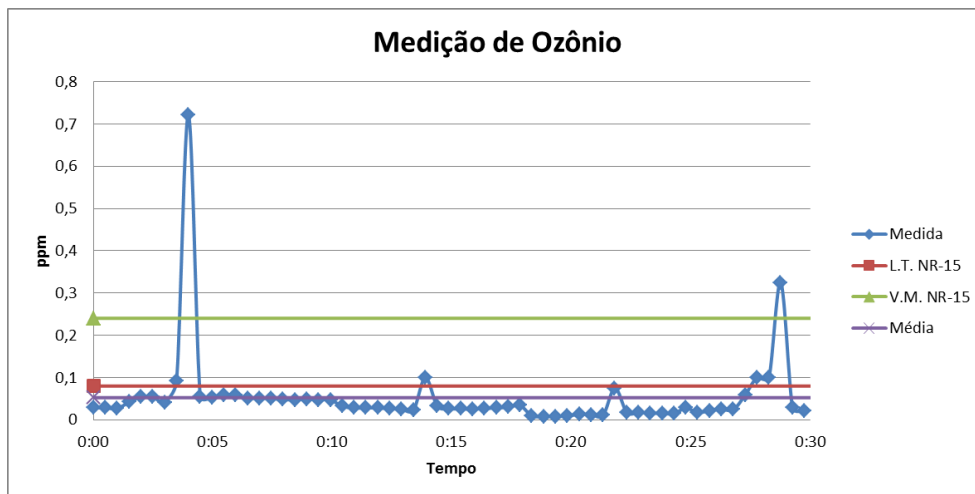


Figura 22: Primeira medição de concentração de ozônio durante o ensaio de uma cobertura de condutor classe 3, 2 luvas classe 2 e uma classe 4

Na primeira medição de concentrações de ozônio o início dos testes foram nos instantes 0:00, 0:10, 0:18, 0:25 e o operador se aproximou do arranjo nos instantes 0:04, 0:14, 0:22, 0:29 o que foi aproximadamente 1 minuto após o término do ensaio e retirada da tensão elétrica. Nos instantes que o operador se aproximou do arranjo de ensaio constatou-se um aumento da concentração de ozônio medida, pois mesmo com término do ensaio ainda havia uma quantidade de ozônio elevada próximo ao arranjo, mas a mesma logo se dispersava pelo ambiente.

Durante a segunda medição apresentada pela Figura 23 foi possível acompanhar a realização dos ensaios de uma manta isolante classe 3 e uma classe 4.

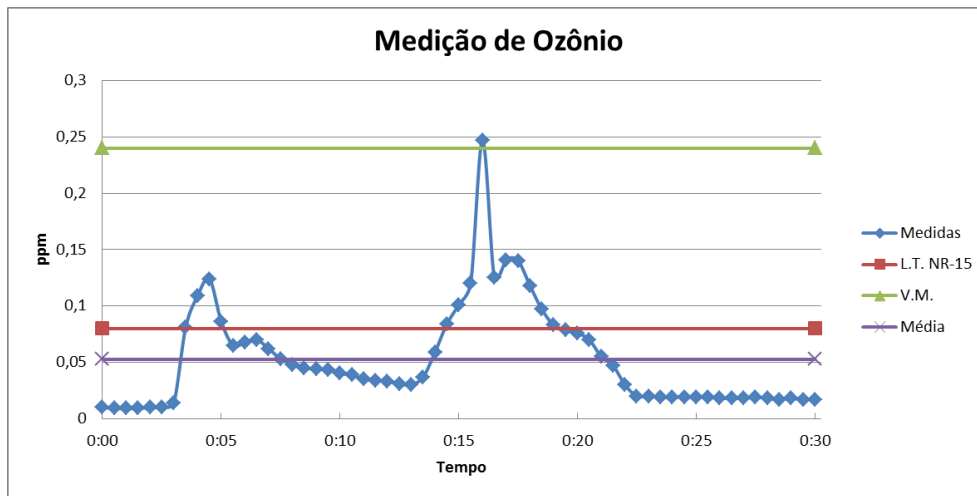


Figura 23: Segunda medição de concentração de ozônio durante o ensaio de uma manta isolante classe 3 e uma classe 4

Na segunda medição verificou-se uma situação semelhante a primeira, onde com a aproximação do operador (instantes 0:04 e 0:15) se tem o aumento da concentração de ozônio medida. Outro ponto interessante com o aumento da tensão elétrica no segundo ensaio por se tratar de uma manta classe 4 os níveis de ozônio tiveram um decaimento mais lento do que nas primeiras medidas.

A Figura 24 apresenta o resultado da terceira medição de concentrações de ozônio durante o ensaio de duas mantas isolantes classe 4.

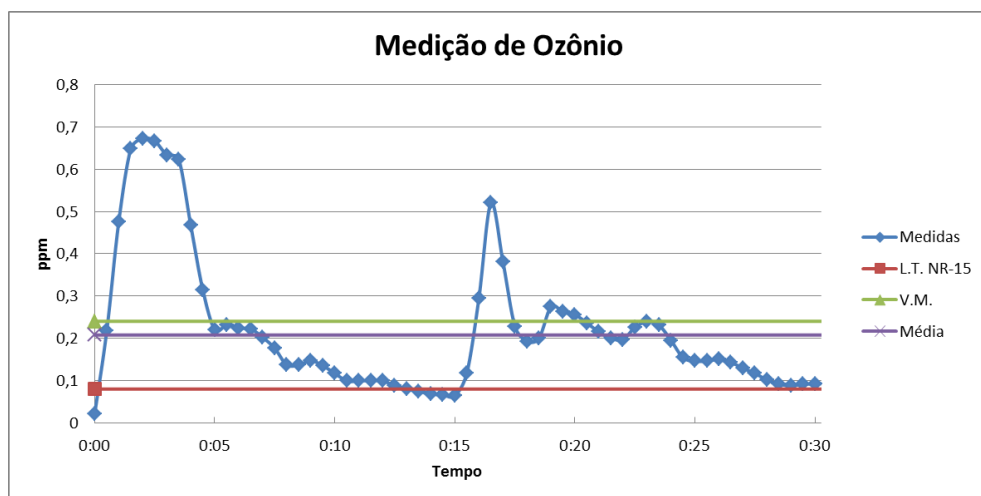


Figura 24: Terceira medição de concentração de ozônio durante o ensaio de duas mantas isolante classe 4

Durante a terceira medida percebeu-se que houve um aumento na quantidade de ozônio gerada consideravelmente, pois mesmo sem o operador se aproximar do arranjo já era possível medir intensidades da ordem de 0,6 a 0,7 ppm.

A Tabela 3 apresenta a compilação dos dados da Figura 22 a Figura 24.

Tabela 3: Quadro comparativo das medições e os parâmetros máximos definidos pela NR-15

Medição	Média [ppm]	Máximo [ppm]	Mínimo [ppm]	Limite de tolerância NR-15 [ppm]	Valor máximo NR-15 [ppm]
Primeira	0,052	0,721	0,009	0,08	0,24
Segunda	0,053	0,247	0,009	0,08	0,24
Terceira	0,207	0,673	0,021	0,08	0,24

Ao se considerar somente as médias, somente a média da terceira medição foi superior ao limite de tolerância de 0,08 ppm, porém em todas as três medidas houve valores que ultrapassaram o valor máximo de 0,24 ppm. Outra informação interessante que na terceira medida é possível verificar o início da saturação do ar, pois o valor mínimo medido é superior ao encontrado nas outras medições.

Após o término das três medições tentou-se avaliar uma possível solução para redução das concentrações de ozônio no ambiente. Instalou-se um ventilador próximo ao arranjo de ensaio para que houvesse o aumento da dispersão do ozônio no ambiente, como mostra a Figura 25.

Escolheu-se esta solução por se tratar de uma forma prática e barata sem a necessidade de grandes investimentos ou alterações no ambiente de trabalho por parte das empresas.



Figura 25: Teste com o ventilador para aumentar a dispersão do ozônio no ambiente
Fonte: Próprio autor

Foram monitoradas as concentrações de ozônio por um período de 10 minutos, este resultado pode ser visto na Figura 26.

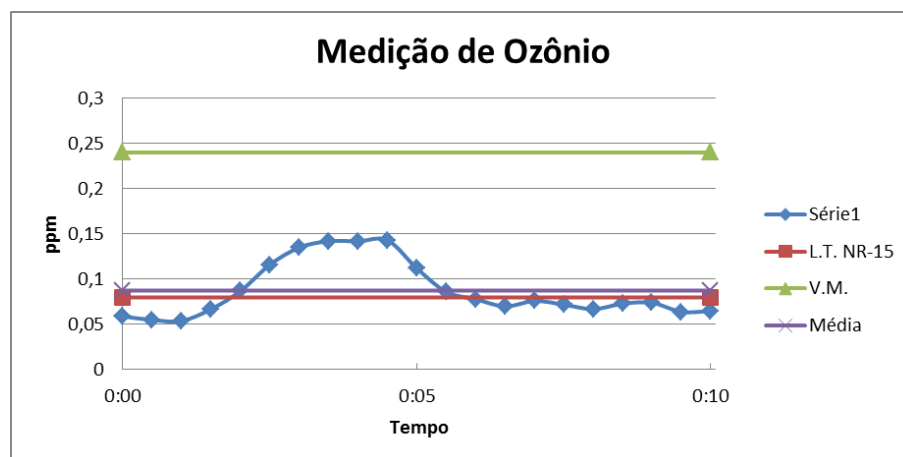


Figura 26: Medição com o ventilador

A média das concentrações medidas foi 0,087 ppm, com pico de 0,143 ppm e mínimo de 0,054 ppm, percebe-se que houve uma dispersão maior com a redução do pico de intensidade medido deixando a curva mais achatada, porém como o ar já estava saturado ao final da jornada de trabalho os níveis mínimos já se encontravam acima do nível de ação e a dispersão do ozônio no ambiente já se apresentou ser bem mais lenta.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante a realização da pesquisa apesar dos relatos de cheiro forte e algumas irritações percebidas por alguns ensaiadores de EPIs e EPCs isolados, não se tem verificado a preocupação por parte da maioria dos laboratórios de ensaios quanto aos níveis de concentração de ozônio em ensaios de EPIs e EPCs e tão pouco se adotado medidas para a redução dos níveis de ozônio o ambiente.

As medições realizadas puderam traçar o perfil de concentração de ozônio do ambiente em analisado, podendo verificar que em todas as três medições realizadas foram constatados níveis de concentração que ultrapassam o valor máximo permitido por norma no Brasil de 0,24 ppm o que caracteriza o ambiente como insalubre. Também se verificou que em somente duas das medições (primeira e segunda) as médias de concentração se encontraram abaixo do limite de tolerância de 0,08 ppm definido pela NR-15 (BRASIL, 2011), porém acima do nível de ação de 0,04 (50% de 0,08 ppm) definido pela NR-9 (BRASIL, 1994), o que significa que devem ser tomadas medidas de controle dos riscos ambientais.

Ao se comparar o resultado geral obtido com as recomendações internacionais (ACGIH, OSHA, NIOSH) de concentração de ozônio o ambiente avaliado também seria considerado insalubre, pois a média da terceira medida é superior a 0,1 ppm.

Também foi possível avaliar a possível solução onde se pretendeu aumentar a dispersão do ozônio no ambiente com o auxílio de um ventilador, a parte positiva deste método foi que realmente há uma redução das intensidades máximas medidas e nenhuma medida ultrapassou o valor máximo de 0,24 ppm, porém com o ar já saturado após um dia de trabalho constatou-se uma concentração residual no ambiente da ordem de 0,05 ppm e 0,06 ppm deixando a média dos valores acima do limite de tolerância, também caracterizando o ambiente como insalubre.

Conclui-se que o ambiente avaliado deve ser caracterizado como insalubre sendo obrigatório por parte dos responsáveis pelo local de trabalho a adequação do ambiente para o controle dos riscos. Possíveis soluções para este problema podem ser a instalação de exaustão forçada no ambiente ou o enclausuramento do risco, o que significa a construção de uma área fechada para realização dos ensaios de EPIs e EPCs isolados.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Avaliação de outros laboratórios de ensaio de EPIs e EPCs a fim de verificar se há a insalubridade ou não em outros ambientes de trabalho semelhantes.

Realizar a adequação do laboratório de ensaios para que se tenha a redução ou eliminação da exposição ao ozônio.

Reavaliação do ambiente de trabalho após as modificações realizadas.

REFERÊNCIAS

- ABOZ - Associação Brasileira de Ozonioterapia. (s.d.). *O que é Ozonioterapia*. Acesso em 07 de 03 de 2013, disponível em ABOZ- Associação Brasileira de Ozonioterapia: http://www.aboz.org.br/Web/secoes_site.asp?id=4
- Acces Energy Cooperative. (s.d.). *Our Safety Equipment*. Acesso em 12 de 03 de 2013, disponível em Acces Energy Cooperative: <http://www.accessenergycoop.com/our-safety-equipment/default.aspx>
- ANEEL. (s.d.). *Qualidade do Serviço e do Produto* . Acesso em 05 de 03 de 2013, disponível em ANEEL: <http://www.aneel.gov.br/79.htm>
- BOCCI, V. (2005). *Ozone: a new medical drug*. s.l.: Springer.
- BOCCI, V. A. (26 de 05 de 2005). Scientific and Medical Aspects of Ozone Therapy. State of the Art. *Archives of Medical Research*, pp. pg. 425 - 435.
- BORGES, V. S. (2011). Estudo e desenvolvimento de detector de isoladores com falhas. *Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Paraná - UFPR*. Curitiba, Paraná, Brasil.
- BRASIL. (29 de dezembro de 1994). NR 9 - Programa de prevenção de riscos ambientais. *Portaria SSST n.º 25*. Brasil: Ministério do Trabalho.
- BRASIL. (07 de dezembro de 2004). NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade. *Portaria GM n.º 598*. Ministério do Trabalho.
- BRASIL. (08 de dezembro de 2011). NR 15 - Atividades e operações insalubres. *Portaria SIT n.º 291*. Ministério do Trabalho.
- BRASIL, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (fevereiro de 1989). NBR 10622 - Luvas isolantes de borracha. Brasil: ABNT.
- BRASIL, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (Fevereiro de 1989). NBR 10623 - Mangas isolantes de borracha. Brasil: ABNT.
- BRASIL, Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. (2009). Procedimento de Fiscalização - Luvas Isolantes de Borracha. *Portaria Inmetro n.º 229/2009 - Código 3427*.
- BROWN, T. L., & AL., E. (2002). *Chemistry: The Central Science* (9th edition ed.). s.l.: Patience Hall.

- COPEL. (Dezembro de 2012). MANUAL DE INSTRUÇÕES TÉCNICAS. *Manutenção de redes de distribuição - Procedimentos de manutenção e construção em redes convencionais e compactas energizadas.*
- COPEL DISTRIBUIÇÃO. (Outubro de 2006). Procedimento de Ensaios de Ferramentas e Equipamentos de Linha Viva. *Manual de Instruções Técnicas, 161703.* Curitiba, Paraná, Brasil: SED/DPOM.
- CPN - Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado de São Paulo. (2004). Manual de treinamento. *Curso básico segurança em instalações e serviços com eletricidade - NR-10.*
- DANIEL, L. A. (2001). Métodos alternativos para a desinfecção de água. São Carlos: Prossab.
- DEVLIN, R. (1997). Inflammation and cell damage induced by repeated exposure of humans to ozone. *Inhakatuib Tixucikigy, Vol. 9*, pp. pp. 211 - 235.
- DEVLIN, R. B. (1991). Exposure of human to ambient levels of ozone for 6.6 hours causes cellular. *Am J Respr Cell Mol Biol., Vol. 4*, pp. 77 - 81.
- DEVLIN, R. B., & RAUB, J. A. (1997). Health Effect of Ozone. *Science & Medicine, Vol. 3, n. 3.*
- FUNDACENTRO. (s.d.). *Material de apoio no setor elétrico - NR - 10.* Acesso em 18 de 03 de 2013, disponível em FUNDACENTRO: <http://www.fundacentro.gov.br/conteudo.asp?D=CTN&C=1479&menuAberto=1479>
- HUBBELL. (2012). *Instruções de utilização de mangas isolantes de borracha.* Acesso em 21 de 03 de 2013, disponível em Hubbell Power Systems: <http://www.hubbelpowersystems.com/resources/instructions/chance-hot-line-tools/pdf/07-1104-por.pdf>
- KOWALSKI, E. L., & AI., E. (2008). *Estudo para a redução de ozônio gerado em ensaios de tensão aplicada em materiais isolantes.* Relatório Final, LACTEC - Instituto Para o Desenvolvimento.
- KRISHNA, M. (1997). Effects of ozone on epithelium and sensory nerves in the bronchial mucosa of healthy humans. *Am J Resp Crit Care Med, Vol. 156*, pp. pp. 943 - 950.
- LENNTECH. (s.d.). *History of Ozone.* Acesso em 07 de 03 de 2013, disponível em Water Treatment Solutions: <http://www.lenntech.com/library/ozone/history/ozone-history.htm>
- LISEVSKI, C. I. (2011). Estudo do efeito do ozônio gerado em ensaios elétricos em equipamentos de manutenção de linha viva. *Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais da Universidade Federal do Paraná - UFPR.* Curitiba, Paraná, Brasil.

MASLENNIKOV, O. V., KONTORSHCHIKOVA, C. N., & GRIBKOVA, I. A. (2008). *Ozone Therapy In Practice*. Nizhny Novgorod, Russia: Ministry of Health Service of The Russian Federation.

Milano Eletroferragens. (09 de junho de 2010). *Milano Eletrotécnica Realiza Curso para eletricista de redes energizadas (linha viva)*. Acesso em 24 de 03 de 2013, disponível em Milano Eletroferragens: <http://milanoenergia.virtualiza.net/eletrotecnica/slir/w1000-h1000-c1000:1000/12914064691276088548dsc01705.jpg>

NJDOH - New Jersey Department of Health. (june de 2003). *Ozone. Hazardous substance facte sheet*. New Jersey, Estado Unidos.

OHTA - Occupational Hygiene Training Association. (Outubro de 2010). *Basic principles in occupational hygiene. Student manual*. Reino Unido.

OSHA - Occupational Safety and Health Administration. (setembro de 1978). *Occupational health guideline for ozone*. Estados Unidos.

OSHA - Occupational Safety and Health Administration. (28 de fevereiro de 2006). *Table Z-1 Limits for air contaminants*. Acesso em 26 de 03 de 2013, disponível em United Satates Department of Labor: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=992&p_text_version=FALSE

RITZ. (Fevereiro de 2010). *Grupo de Produtos - Equipamentos para trabalho ao potencial*. Acesso em 18 de 03 de 2013, disponível em Bagarel: http://www.bagarel.com.br/ritz/catalogo_geral/GRUPO%20H%20-%20EQUIPAMENTOS%20PARA%20TRABALHO%20AO%20POTENCIAL.pdf

SANTOS, D. E. (18 de Outubro de 2009). *SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ENERGIZADAS*. Acesso em 13 de 03 de 2013, disponível em Falando Sério NR-10: <http://santosde.blogspot.com.br/2009/10/seguranca-em-instalacoes-eletricas.html>

SPELLMAN. (s.d.). *Spellman High Voltage Electronics Corporation*. Acesso em 04 de 03 de 2013, disponível em <http://www.spellmanhv.com/Technical-Resources/Faqs/Technology->

SUNNEN, G. V. (Fall de 1988). *Ozone in Medicine: Overview and Future Directions. Journal of Advancement in Medicine, Vol. 1*, pp. pp. 159 - 174.

ZARPELON, A., & RODRIGUES, E. M. (s.d.). *OS TRIHALOMETANOS NA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO*. Acesso em 07 de 03 de 2013, disponível em SANEPAR: <http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/TRIHALOMETANOS.htm>