



GRUPO XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA CORRELACIONADA À MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS UTILIZADAS NO SETOR ELÉTRICO.

Eliseu Esmanhoto* **Sandra Mara Alberti** **Elaine Dalledone Kenny** **Marilda Munaro** **Gabriel P. Santos**
LACTEC **LACTEC** **LACTEC** **LACTEC** **LACTEC**

Ana Teresa Calmon **Luiz Eduardo Linero** **Luiz Carlos Harttman**
LACTEC **Copel – DIS** **Copel - DIS**

RESUMO

O presente trabalho descreve as atividades e os resultados preliminares obtidos no projeto “Avaliação dos Impactos da Poluição Atmosférica Correlacionada à Manutenção de Estruturas Utilizadas no Setor Elétrico”. Para avaliar a poluição do ar e os seus efeitos nocivos às estruturas, foi necessário contar com uma medição contínua não só de poluentes atmosféricos, como também de parâmetros meteorológicos através de estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas na Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e litoral paranaense. Foram também instaladas estações de intemperismo natural com 60 corpos de prova. Sulfatos e cloretos também foram medidos através de velas coletoras para comparação com as medidas realizadas pelas estações automáticas na RMC. Foi instalada uma rede experimental de distribuição de energia elétrica na RMC e no litoral paranaense. Foi determinada a taxa de corrosão em função dos materiais depositados sobre a superfície dos corpos de prova, e também nas peças e acessórios das linhas convencionais e nos cabos protegidos das linhas experimentais instaladas. Durante o projeto a qualidade do ar na RMC permaneceu entre bom e regular, segundo o Índice de Qualidade do Ar (IQA). Pela avaliação dos corpos de prova e das redes experimentais de distribuição, e pelas concentrações de poluentes observados, concluiu-se que, das áreas estudadas, a única que apresentou alta corrosividade foi a do litoral, situada a 100m da praia, e a de menor corrosividade foi a de Santa Cândida (STA) na RMC. Foi também realizado um levantamento do custo de manutenção das redes de distribuição da COPEL/PR. Estes dados, bem como os dados do monitoramento automático (dados meteorológicos e concentração de poluentes), taxa de corrosão, agressividade da região, dados das redes experimentais, e ensaios de envelhecimento acelerado fazem parte de um banco de dados que subsidiará o modelo econômico para a elaboração, desenvolvimento e implantação do modelo denominado “Função Dose-Resposta” que resultará numa ferramenta de manutenção preditiva.

PALAVRAS-CHAVE

Meio Ambiente, Materiais, Corrosão, Degradação, Modelos de Dispersão.

1.0 - INTRODUÇÃO

A poluição do ar é considerada uma fonte primária de conseqüências negativas para o meio biótico, com efeitos diretos ou indiretos na saúde humana, causando danos aos ecossistemas. Experiências passadas têm mostrado que a degradação de diversos materiais, expostos ao ambiente poluído, é de grande importância para a humanidade e tem sido levada em consideração em estudos de avaliação de impactos ambientais.

A corrosão atmosférica é controlada pela deposição de poluentes sobre o material exposto. O processo de deposição é determinado pela concentração do poluente e a velocidade de deposição. Ambos os parâmetros são influenciados pelas condições atmosféricas, tais como, velocidade e direção dos ventos, perfil de temperatura, umidade relativa, radiação solar e altura da camada de inversão.

A umidade sobre as superfícies, causada pela alta umidade relativa do ar ou ainda pela formação de neblina, promove a corrosão de superfícies metálicas e aumenta o fluxo de deposição de gases solúveis tais como o dióxido de enxofre (SO₂) e o ácido nítrico (HNO₃). A presença de sais higroscópicos, tais como o cloreto de sódio

(NaCl), tende a abaixar a umidade relativa crítica na superfície do metal, e os processos de corrosão, nesse caso, irão depender das características da superfície metálica (tipo de metal), bem como das condições ambientais como o balanço de radiação sobre a superfície e a velocidade dos ventos. Nos casos de abaixamento da umidade relativa crítica, a corrosão de metais passa a ser governado pelos processos de oxidação.

Materiais poliméricos têm sido exaustivamente utilizados como sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica, tanto em cabos aéreos como em subterrâneos. A ampla utilização de polímeros para essas funções está relacionada às suas excelentes propriedades como isolantes elétricos e as propriedades físicas e químicas que conferem estabilidade e resistência à solvência. Entretanto, atualmente é bastante aceita a teoria de que tais materiais experimentam o envelhecimento quando sujeitos a situações de “stress” que podem levar a quebras da cadeia polimérica. A ação combinada de campo elétrico e umidade tem sido vista como um fenômeno catalisador do processo eletroquímico que leva à degradação morfológica de polímeros, produzindo a degradação estrutural. Tem sido registrado que isoladores poliméricos em linhas de transmissão e distribuição oferecem significantes vantagens sobre os de porcelana. Silicone e EPDM têm sido os polímeros mais utilizados para esse propósito. Continuam, entretanto, as dúvidas dos usuários com respeito à *performance* desses materiais. Para elucidar essas dúvidas, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas com respeito à resistência a intemperismos, hidrofobicidade, resistência à erosão e ao trilhamento, formulação, processos de fabricação e testes de qualidade. Estudos de resistência às condições ambientais específicas têm sido considerados de grande importância para, corretamente, correlacionar envelhecimento e estudos de degradação de materiais poliméricos.

A degradação de materiais, sejam eles metálicos, poliméricos ou cerâmicos, causada pela deposição ácida e a poluição do ar, atualmente tem sido tratada do ponto de vista econômico e sua importância tem sido medida em dólares. Para se poder estimar o custo associado às questões de degradação de materiais, provenientes da poluição ambiental, é necessário que se tenha informações da distribuição espacial de vários tipos de material bem como de seus diversos usos. É necessário também, para um método mais real de avaliação do processo de degradação, a utilização da chamada função “dose-resposta” para cada tipo de material exposto, do poluente, dados das variáveis ambientais independentes usadas na função e, dados das conseqüências econômicas provenientes de danos aos materiais. Esta função “dose-resposta” descreve as relações físico-químicas entre a degradação do material e o poluente ao qual este material está exposto. Medidas de corrosão atmosférica têm sido desenvolvidas em laboratório e em campo. Estudos de laboratório têm a vantagem de poderem ser desenvolvidos em menor tempo, devido à possibilidade de aceleração dos processos de corrosão. Além disso, as condições de testes como a umidade relativa, temperatura, radiação e concentração de poluentes podem ser eficientemente controladas. O principal objetivo do projeto é, portanto, o de aperfeiçoar procedimentos e minimizar custos de manutenção advindos de processos de corrosão e degradação de materiais que compõem as redes de transmissão e distribuição de energia.

2.0 - METODOLOGIA

O LACTEC, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, gerencia uma rede de monitoramento automático da qualidade do ar composta de oito estações, sendo quatro delas localizadas em Curitiba, três em Araucária e uma no Balneário Shangrilá, litoral paranaense. Na pode ser observada a disposição geográfica das estações, que estão interligadas via linha telefônica a uma central de recebimento de dados instalada no LACTEC. Os parâmetros medidos pelas estações e usados no projeto foram: temperatura, direção de vento, velocidade do vento, umidade relativa, SO₂, O₃, NO, NO₂, NO_x, MPTS. Esses parâmetros geram médias a cada cinco minutos na central local de cada estação e estas são transferidas via telefone para a central no LACTEC. As estações em azul (ASSIS, CIC, STA E LITORAL) são as estações que geraram os dados para o presente estudo, e onde foram monitorados também os parâmetros de sulfatos e cloretos pela metodologia de velas coletoras.

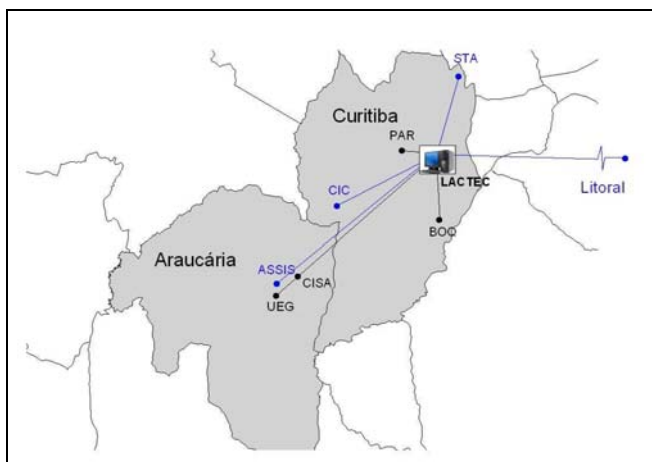


Figura 1 – Disposição Geográfica da Rede de Monitoramento da Qualidade do ar da Região Metropolitana de Curitiba

Foram instaladas estações de intemperismo natural, com 60 corpos de prova, (aço carbono, cobre e alumínio) para exposição na região metropolitana de Curitiba e no litoral. Estes corpos de prova foram identificados e preparados conforme procedimentos indicados na norma ABNT NBR 6210, para acompanhamento dos efeitos da poluição sobre esses materiais. Eles foram avaliados mensalmente por meio de observação visual em cada inspeção realizada às estações, e a cada seis meses foram retirados corpos de prova para ensaio de perda de massa a ser realizado em laboratório, para determinação da taxa de corrosão.

Foram também utilizados sistemas gravimétricos tradicionais para medição de sulfatos e cloretos, para comparação com as medidas realizadas pelas estações automáticas na RMC. Mensalmente as velas coletoras de cloretos e sulfatos foram substituídas. Ambas foram colocadas em exposição por um período próximo a trinta dias e foram então levadas ao laboratório para análise. Essas substituições foram realizadas sempre na primeira semana do mês. Nas proximidades da estação de Assis, em Araucária, e da estação meteorológica situada no litoral paraense foram instaladas redes experimentais de distribuição. A rede do litoral é constituída de três seções, a 100 m, a 400 m e a 800 m de distância da orla marítima. Foi feita uma avaliação dos materiais depositados sobre as superfícies das peças e acessórios das linhas convencionais e das linhas teste com cabos protegidos. Essas linhas estão sob investigação e continuarão até o final do projeto.

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dados Meteorológicos

A velocidade do vento e a estabilidade térmica da atmosfera são os parâmetros mais importantes para as condições de dispersão de poluentes. Boas condições de dispersão significam que os poluentes estão sendo bem dispersos pelos mecanismos de transporte, evitando assim uma acumulação dos mesmos próximos às fontes. Se as condições estão desfavoráveis à dispersão, observamos sempre esta acumulação, que resulta em altas concentrações dos poluentes, que muitas vezes ultrapassam os padrões estabelecidos. É importante lembrar deste detalhe quando interpretamos os resultados do monitoramento: uma concentração de certo poluente menor do que no ano anterior não significa necessariamente que houve menor lançamento para atmosfera. Esta situação pode ser causada pelas condições mais favoráveis à dispersão do poluente no período avaliado.

3.1.1 Direção e Velocidade dos Ventos

O comportamento entre as três estações monitoradas foi similar. Para a estação STA, verificamos valores um pouco menores quanto à velocidade. Este fato é decorrente da localização da estação, próxima a diversas árvores de grande porte que influenciam na direção e velocidade dos ventos.

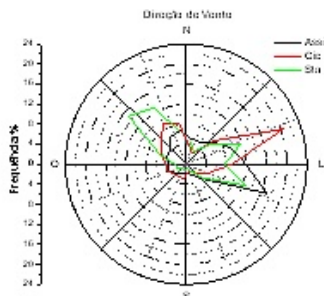


Figura 2– Direção dos Ventos

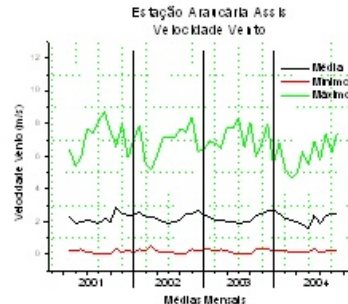


Figura 3 – Velocidade dos Ventos em Assis

3.1.2 Temperatura e Umidade

A temperatura apresenta influências que se contrapõem. Se por um lado, um aumento de temperatura acelera o processo corrosivo, aumentando as velocidades das reações eletroquímicas, por outro lado favorece a evaporação, mantendo seca a superfície metálica.

Um aumento da umidade relativa sempre acelera o processo corrosivo, sendo críticos os valores acima dos quais se forma um filme de eletrólito na superfície metálica. Para cada metal tem-se um valor de umidade relativa denominada crítica, acima do qual ocorre a condensação.

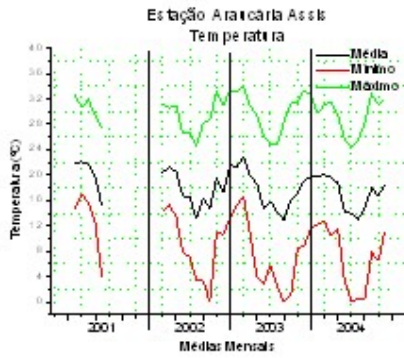


Figura 4 – Dados de Temperatura de Assis

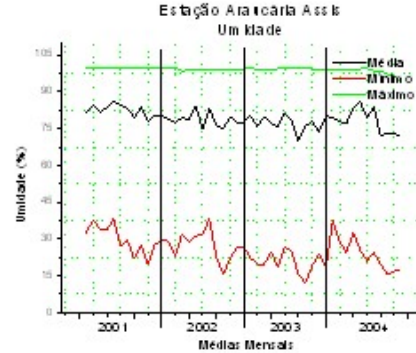


Figura 5– Dados de Umidade de Assis

3.2 Dados de Poluição

O dióxido de enxofre, SO_2 , apresentou maiores concentrações na estação ASSIS, vindo em seguida a estação CIC. A estação STA apresentou os menores valores. Isso ocorre devido ao fato das duas primeiras estações estarem situadas em área industrial e com grande densidade demográfica.

O Ozônio é um poluente secundário proveniente da reação dos óxidos de nitrogênio e radiação solar. No caso dos poluentes secundários não podemos concluir que, onde registramos altas concentrações, estes ambientes sejam classificados como localidades poluídas. Mesmo em lugares afastados das fontes dos poluentes precursores, podemos encontrar alta concentração de O_3 .

Observamos que para o material particulado total houve uma elevação gradativa no decorrer do período avaliado, em 2001 de $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2002 de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2003 de $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e 2004 de $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Observamos um aumento gradativo nos três primeiros anos, havendo uma diminuição no último ano avaliado, 2004.

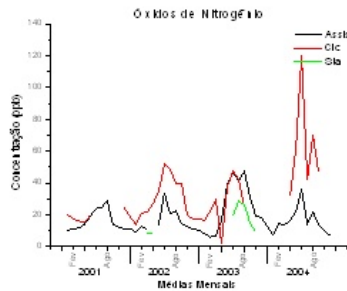


Figura 6– Concentração de NO2

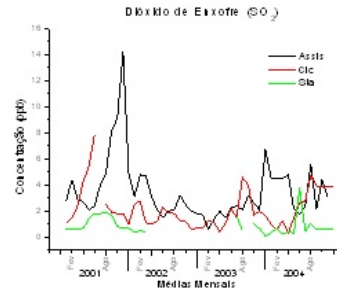


Figura 7– Concentração de SO2

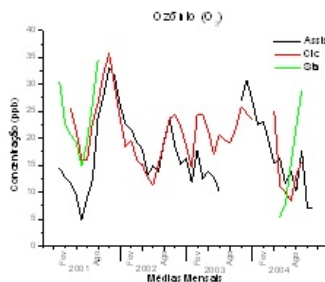


Figura 8 – Concentração de O3

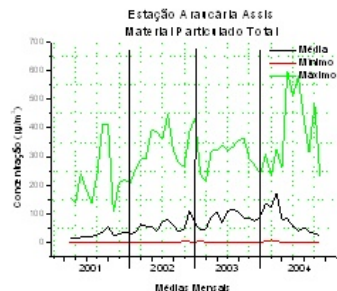


Figura 9 – Concentração de MPTS

3.3 Coletores de Cloretos (Cl^-) e Sulfatos (SO_3)

Pela avaliação dos resultados podemos classificar as áreas estudadas quanto à agressividade aos materiais como: STA – Corrosividade baixa (C2), CIC e ASSIS – Corrosividade média (C3). Já para o Litoral temos as seguintes características: 100 m – Corrosividade alta (C4) e 400 m e 800 m – Corrosividade média (C3).

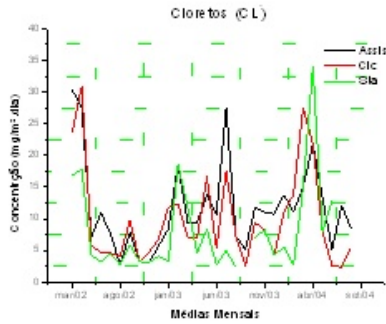


Figura 10 – Deposição de Cloretos

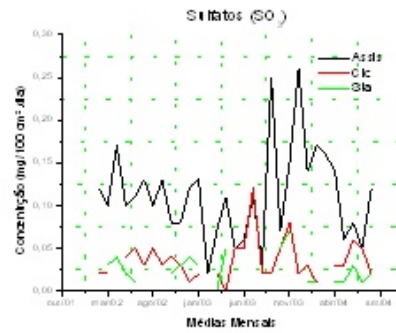


Figura 11 – Deposição de Sulfatos

3.4 Modelo de Dispersão de Poluentes

Para complementar o estudo da corrosão que ocorre no litoral paranaense, foi feita uma modelagem da dispersão atmosférica e da deposição de íons cloreto utilizando o ISCST3, *Industrial Source Complex – Short Term*, versão 3, modelo de pluma gaussiana desenvolvido pela agência de proteção ambiental americana, a U.S. EPA. Foram utilizadas as opções *default* de operação do modelo, que se referem a considerações quanto à subida da pluma, dispersão induzida por flutuação, uso de médias quando ocorrem calmarias, valores padrão para expoente de perfil de vento e gradiente vertical de temperatura. Foram necessários dados de quatro categorias diferentes:

- Dados Meteorológicos - Os dados meteorológicos horários e contínuos foram obtidos a partir da estação de monitoramento instalada no Balneário Shangrilá, litoral paranaense, a partir de maio de 2003. Foram medidos velocidade e direção dos ventos, temperatura, radiação global, quantidade de chuva e umidade relativa. Para a modelagem da deposição foram usados dados de 01/09/2003 à 29/02/2004.
- Dados da Fonte Emissora - Os parâmetros espaciais da emissão da névoa salina estão ilustrados na Figura 12. Foi considerada uma fonte tipo área, usada para modelar dispersões próximas ao solo sem subida de pluma, com eixo X de 500 m, eixo Y de 2000 m; ângulo de rotação de 30°, no sentido horário a partir do Norte; taxa da emissão de 0.00001 g/s – m²; altura da emissão de 0 m; variáveis de deposição: diâmetro da partícula de 1.0; fração de massa de 1; densidade da partícula de 1.02 g/cm³. Esses parâmetros foram detalhadamente estudados de forma a melhor simular a área costeira no litoral paranaense e a influência da névoa salina sobre a região.
- Dados Topográficos - Os dados topográficos foram obtidos a partir da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da NASA, realizada em fevereiro de 2000, que coletou dados 3D de mais de 80% de toda a superfície da Terra. O modelo digital de elevação gerado a partir desses dados com resolução de aproximadamente 90m deu origem a uma grade altimétrica contendo pontos a cada 100m que foi usada no modelo.
- Dados dos Receptores - Os dados de receptores referem-se às coordenadas X, Y, Z onde se desejou modelar a concentração ou deposição. Foram utilizadas duas redes de receptores para melhor acomodar as necessidades do modelo da deposição da névoa salina: 1) uma rede de 61 receptores discretos situados linearmente a cada 20 m na perpendicular traçada a partir do centro de um dos lados da área de emissão, visando cobrir com detalhes as distâncias onde foram instaladas as redes experimentais de distribuição e onde foram colocadas as velas para medição dos íons cloretos (a 100, a 400 e a 800 metros da arrebenção); 2) uma grade cartesiana de 80 x 80 pontos com espaçamento de 100 m, distribuídos numa área de 8.000 m x 8.000 m.

3.4.1 Resultados Obtidos na Modelagem

Após rodar o modelo ISCST3 para cada mês no período de estudo, foram obtidos resultados da deposição para a rede de receptores discretos e para a grade cartesiana. Os dados referentes aos receptores discretos e à malha de receptores foram georreferenciados e visualizados em um software de geoprocessamento, o ArcView 9.0 da ESRI. Os pontos da malha de receptores foram interpolados e deram origem a uma superfície contínua de deposições formada por células de 100 metros, como mostra a Figura 13, com os resultados obtidos para o mês de setembro/03.

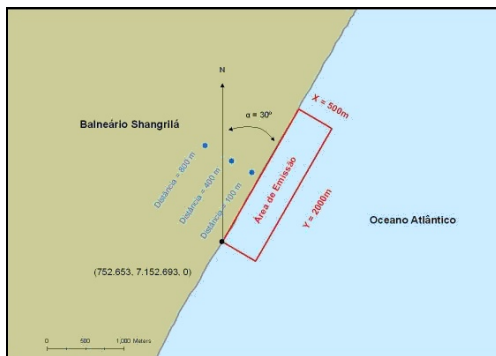


Figura 12 - Dados de Emissão

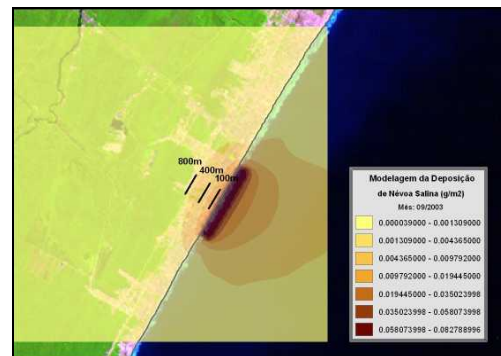


Figura 13- Modelagem da Deposição de Névoa Salina para o mês 09/2003

A pluma modelada da dispersão da névoa salina manteve-se relativamente uniforme para os meses de 09/2003 a 02/2004, com concentrações maiores a sudeste da área de emissão. Dos meses estudados, a grade de receptores demonstrou valores mais altos para o mês de setembro de 2003 (de 0,03 a 82,78 mg/m² de cloretos) e valores mais baixos para janeiro de 2004 (de 0,02 a 69,46 mg/m² de cloretos).

Foi feito um estudo comparativo entre os dados modelados nos receptores lineares e os dados medidos em campo para cada mês processado. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos no mês de setembro/03.

Tabela 1– Deposição de Cloretos em Setembro/2003

Distância	Modelado			Medido Dep (mg/m ²)	Diferença Erro (%)
	Dep / h (mg/m ²)	Dep / 24h (mg/m ²)	Relação		
100m	11.9	285.6	1.0	178.0	60.45
400m	3.1	74.4	3.8	41.5	79.28
800m	1.3	31.2	9.2	39.5	-21.01

Verificou-se que os receptores lineares modelados reportaram valores mais altos nos meses de janeiro e fevereiro de 2004 e mais baixos no mês de novembro de 2003. Notou-se também que a concentração medida de íons cloretos na região de estudo sofreu uma variação maior, mês a mês, do que a concentração modelada.

3.5 Materiais Metálicos e Poliméricos

3.5.1 Metálicos

Os materiais ensaiados nas estações de intemperismo foram o aço carbono, alumínio e cobre. Os resultados da taxa de corrosão obtidos a partir do ensaio de perda de massa sobre os corpos de prova instalados nas estações de Araucária e no litoral do Paraná estão apresentados na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 - Taxa de Corrosão
Estação Assis (Araucária)

CP	Tempo de Exposição (dias)	Perda de massa	
		(g/m ² .h)	(μm/ano)
Cobre			
9	366	0,0016	1,58
0	489	0,0010	0,97
Alumínio			
5	366	0,0000	0,12
9	489	0,0000	0,03
Aço Carbono			
5	366	0,0181	20,10
0	489	0,0178	19,85

Tabela 3 - Taxa de Corrosão
Estação Litoral do Paraná

CP	Tempo de Exposição (dias)	Perda de massa	
		(g/m ² .h)	(μm/ano)
Cobre			
1_1	280	0,0032	3,12
1_7	365	0,0029	2,83
1_8	517	0,0023	2,29
Aço Carbono			
1_1	280	0,0423	36,84
1_5	365	0,0294	32,71
1_9	517	0,0275	30,56

Com base nos resultados de taxa de corrosão obtidos durante o período de exposição dos metais padrões, as estações de corrosão atmosférica (ECA) foram classificadas em diferentes categorias de corrosividade, segundo norma ISO 9223: para o aço-carbono e alumínio, C2, que indica corrosividade baixa e para o cobre, C3, indicando corrosividade média.

3.5.2 Poliméricos

As redes de distribuição instaladas a diferentes distâncias da orla marítima foram inspecionadas e foi realizada documentação fotográfica, apresentada a seguir:

- Rede instalada a 100 m da orla marítima

Inspeção de 6 meses – foram observadas várias regiões de deterioração causada principalmente por trilhamento elétrico nos materiais instalados, sendo necessário substituir os cabos que apresentaram tal trilhamento (Figura 14).

Inspeção de 12 meses - devido aos indícios do trilhamento que novamente começou a ocorrer, tornou-se necessária a substituição dos espaçadores de 15kV por outros maiores de 35kV, a fim de aumentar a distância entre os cabos, aumentando com isso a distância de escoamento e diminuindo a intensidade do campo elétrico.

Inspeção de 15 meses - não se observou alterações significativas nos cabos nem nos espaçadores.

Inspeção de 20 meses - notou-se novamente indícios de trilhamento elétrico, no entanto, como os cabos não haviam sido substituídos quando da troca dos espaçadores, estes podem ter sido sensibilizados pela utilização dos antigos espaçadores de 15 kV.

- Rede instalada a 400 m da orla marítima

Não foi observada a presença de trilhamento nos cabos instalados a 400m da orla marítima, somente deposição de poluentes facilmente removíveis (Figura 15).

- Rede instalada a 800 m da orla marítima

Cabos, espaçadores e amarrações não apresentaram alterações significativas após 20 meses de instalação, semelhantemente à rede instalada a 400m da praia.



Figura 14 - Imagem do cabo e do laço de amarração a 100m apresentando trilhamento

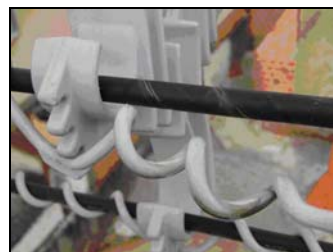


Figura 15 – Imagem do cabo e laço de amarração a 400m apresentando apenas deposição de poluentes

4.0 - CONCLUSÕES

A qualidade do ar avaliado na RMC nestes quatro anos de monitoramento permaneceu entre bom e regular, segundo o IQA, Índice de Qualidade do Ar. Podemos observar que há um sensível aumento dos poluentes avaliados devido ao aumento de veículos em circulação em toda a região metropolitana, fato que pode aumentar o comprometimento dos materiais utilizados. Observamos também que a diminuição na concentração de poluentes, se comparado aos anos anteriores, se deu pelo fato de ter havido mais dias favoráveis à dispersão e não pela diminuição das fontes móveis e fixas de emissão.

Pela avaliação dos corpos de prova, perda de massa, e pelas concentrações de poluentes observados, podemos classificar as áreas estudadas como: STA – Corrosividade baixa (C2), CIC e ASSIS – Corrosividade média (C3). Já os do Litoral apresentaram as seguintes características: 100 m – Corrosividade alta (C4) e 400 m e 800 m – Corrosividade média (C3).

Pelos resultados apresentados para Sulfatos (SO_3), verificamos concentrações deste composto maiores no Litoral do que as apresentadas na RMC. Deve ser observado que há diferença de fontes de origem, no Litoral os sulfatos

analisados são provenientes da água do mar, sendo um sal, já na RMC os sulfatos analisados em sua maioria são provenientes das emissões industriais e veiculares.

Modelo de dispersão utilizado para modelar a nevoa salina se mostrou eficiente para a caracterização, do aspecto de corrosão e degradação de sistemas similares, porém deve ser feitos alguns ajustes e calibragem.

O sistema da rede protegida na configuração atual não é adequado para locais com grande concentração de poluentes, com a substituição dos espaçadores espera-se resultados melhores, no entanto outras modificações podem ser realizadas buscando a melhoria de desempenho da rede em ambientes poluídos;

As redes instaladas a 400 e 800m da orla marítima não apresentaram alterações que possam comprometer o bom funcionamento da rede até o momento.

Foi observada a presença de microorganismos na superfície de alguns equipamentos, que podem ou não comprometer o desempenho dos mesmos, o que deve ser observado nas próximas fases do projeto.

Dados econômicos e modelo dose resposta, com o banco de dados formado podemos adaptar um modelo dose-resposta que poderá servir de eficiente ferramenta para uso em diversos meios.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Materiais Metálicos não Revestidos – Ensaio não Acelerado de Corrosão Atmosférica*. NBR 6209. Rio de Janeiro, 1986.
- (2) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Preparo, Limpeza e Avaliação da Taxa de Corrosão de Corpos de Prova em Ensaio de Corrosão Atmosférica*. NBR 6210. Rio de Janeiro, 1982.
- (3) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Determinação de Cloretos na Atmosfera pelo Método da Vela Úmida*. NBR 6211. Rio de Janeiro, 1980.
- (4) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Sulfatação Total na Atmosfera – Determinação da Taxa pelo Método da Vela de Dióxido de Chumbo*. NBR 6921. Rio de Janeiro, 1981.
- (5) ALBERTI, S. M. KENNY, E. D., MUNARO, M., SOUZA, G. P., ESMANHOTO, E., JR. NOVAES, J. V., LINERO, L. E., ADONIS, N. G. A., HARTMANN, L.C., LUZ, G.; *Avaliação dos Impactos da Poluição Atmosférica Correlacionada à Manutenção de Estruturas Utilizadas no Setor Elétrico*, Relatório FASE I, LACTEC, 2002.
- (6) CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente – Resolução 03 de 28/06/90, *Padrões Nacionais de Qualidade do Ar*, 1980.
- (7) DIXON, J., SHERMAN, P.; *Economics of Protected Areas: A New Look at Benefits and Costs*, Island Press, Washington, D.C., 1990.
- (8) HEDMOND, H.F., FECHENER, E.J.; *Chemical Fate and Transport in the Environment*, Academic Press, INC, 337pp, 1994.
- (9) IAP – Instituto Ambiental do Paraná, LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, *Relatório da Qualidade do Ar de Curitiba e Região Metropolitana*, LACTEC, 2002.
- (10) ISO - International Organization of Standardization – ISO 9223: *Corrosion of Metal and Alloys - Classification of Corrosivity of Atmospheres*. Genebra, 1992.
- (11) PIAZZA, F., MUNARO, M., SOUZA, G. P., FERRACIN, R., RUVULO, A., LINERO, .L.E., TOMIOKA, J.; *Fatores de Influência na Compatibilidade de Cabos Protegidos, Isoladores e Acessórios Utilizados em Redes Aéreas Compactas de Distribuição de Energia Elétrica, sob Condições de Multi-estressamento*, LACTEC, 2003
- (12) RIBEIRO, R. M., ALBERTI, S. M.; *Caracterização Química da Deposição Úmida Associada a Direção dos Ventos e a Influência na Corrosão na Região de Curitiba e Araucária*, Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2001.
- (13) SANTOS, R., MARTINHO, S., ANTUNES, P., *Avaliação Econômica dos Impactos Ambientais do Sector Elétrico*, 2º. Relatório, Centro de Economia Ecológica e Gestão do Ambiente, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2001.
- (14) TURNER, K., PEARCE, D., BATEMAN, I.; *Environmental Economics – An Elementary Introduction*, The John Hopkins. Univ. Press, Baltimore, 1993.