

Diagnóstico da Corrosividade dos Solos da Região de Afloramento das Torres Da Linha De Transmissão De Alta Tensão Acaray-Oviedo

Oscar Naoki Shinya¹, Mayara B. Stecanella², Eduardo Velázquez Castillo³, João C. Sihvenger⁵, José M. Silva⁶, Nora Díaz Mora²

¹ Laboratório de Materiais – Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” – UCA, Ciudad Del Este, Paraguay.

² Laboratório de Materiais – UNIOESTE, Foz do Iguaçu, PR.

³ Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu, PR.

⁵ Itaipu Binacional - Foz do Iguaçu, PR.

⁶ LACTEC, Curitiba, PR.

naoshin84@gmail.com, mayarastecanella@yahoo.com.br, evc@itaipu.gov.py, noradiaz@unioeste.br, sihvenge@itaipu.gov.br, maurílio@lactec.org.br

Abstract. *With the intention of assisting the ANDE (Administración Nacional de Electricidad) of Paraguay with the maintenance of the Line of Acaray-Oviedo Transmission of 220kV, was carried through physical and chemical analyses of the ground of the region of outcrop of the towers of this line to diagnosis the degree of corrosivity of ground. In this way, a forecast of the time of useful life of this Line of Transmission can be classified the corrosivity of the ground and be carried through.*

Resumo. *Com o intuito de auxiliar a ANDE (Administración Nacional de Electricidad) do Paraguai com a manutenção da Linha de Transmissão Acaray-Oviedo de 220kV, foi realizada análises físicas e químicas do solo da região de afloramento das torres desta linha para diagnosticar o grau de corrosividade dos solos. Desta maneira, pode-se classificar a corrosividade do solo e realizar uma previsão do tempo de vida útil desta Linha de Transmissão.*

1. Introdução

As perdas ocasionadas pelo processo de degradação dos metais, polímeros e/ou cerâmicas são, em geral, muito elevadas e tem motivado um amplo desenvolvimento da pesquisa neste campo. Estas perdas se produzem não somente pela necessidade de substituir as estruturas corroídas, mas também por outros efeitos derivados, tais como interrupção no funcionamento de estabelecimentos industriais, contaminação de produtos, danos a equipamentos próximos daquele no qual ocorre a falha, problemas de segurança (incêndios, explosões, liberação de produtos tóxicos, colapso das construções), etc. Estes problemas podem ocorrer simultaneamente quando as falhas ocorrem nos sistemas de geração, transmissão ou distribuição de energia (GARCIA, 2003).

As torres de uma linha de transmissão de energia elétrica são projetadas para atenderem a longos períodos de operação, devendo, portanto possuir proteção anticorrosiva compatível com o meio. As torres são fabricadas com perfis de aço revestidos com zinco (aço galvanizado), proteção esta que atende a maioria das condições de agressividade atmosférica e do solo, quando aplicada dentro dos padrões de qualidade adequados (SILVA,1999).

As torres de transmissão com fundações metálicas constituem um sistema peculiar sob o aspecto de corrosão, pois estão sujeitas à agressividade desses dois ambientes totalmente diferentes: a atmosfera (AYLLON,1982; D'ALKAINE,1985) e o solo (SILVA, 1990; BERTON,1990; SILVA, 1989).

Segundo Gentil (2003), o comportamento do solo como meio corrosivo deve ser levado em consideração, pois, grandes extensões de torres de linhas de transmissão estão aterradas, assim como tubulações de oleodutos e gasodutos. As características do solo que influem diretamente na ação corrosiva são as características físico-químicas como presença de água, presença de sais solúveis, presença de gases, acidez, pH, resistividade elétrica e potencial redox.

Além destas características, existem fatores que podem afetar a corrosão em solos, tais como, a formação de pilha de concentração iônica, pressão de compactação e presença de bactérias. A formação de pilha de concentração iônica, devido à existência de sais dissolvidos na água retida, está intimamente ligada a granulometria do solo podendo ocorrer a corrosão por pites, desde que na região, o solo local seja rico em cloretos.

Com a fragilização da estrutura, aumenta a possibilidade da queda de uma torre de linha de transmissão, a qual, quase sempre vem acompanhada do denominado efeito dominó, ou seja, a queda de várias torres causada pela primeira. Este feito traz como consequência direta, consideráveis perdas econômicas pela paralisação no fornecimento de energia e o dispêndio de recursos no período, geralmente grande, necessário para a recomposição do sistema. Cabe destacar que, um colapso desta natureza no sistema elétrico paraguaio deve constituir-se em uma advertência de que sucessivos casos poderiam vir a ocorrer.

Neste trabalho, são descritos os ensaios realizados em laboratório, sobre os principais parâmetros que influenciam a corrosividade do solo de aterramento de algumas torres da linha de transmissão Acaray-Oviedo. Ao mesmo tempo, são fornecidos alguns métodos e critérios básicos para a avaliação da mesma. Estes métodos e critérios não são únicos, havendo várias proposições que apresentam, na maioria dos casos, resultados satisfatórios. No entanto, nenhum desses métodos envolve todas as variáveis que atuam no processo de corrosão pelo solo, devendo ser sempre analisadas caso a caso, verificando qual o mais adequado para cada situação (DÍAZ MORA, 2007).

1.1. Resistividades do solo

A resistividade do solo é o parâmetro mais utilizado e mais importante no diagnóstico da agressividade do solo. Pelo solo ser uma mistura de rochas, gases, água e outros materiais orgânicos e inorgânicos faz com que a resistividade do solo dependa de outros fatores externos como a temperatura, umidade, conteúdo de sais (CANCHA, 2005).

Verifica-se na FIGURA 1 que o volume total do solo está ocupado por partículas sólidas (acomodadas formando uma estrutura) e poros (ocupadas por água e o ar). O comportamento da resistividade do solo depende da umidade, sendo assim, podendo

identificar dois diferentes tipos de fenômenos do comportamento do solo, sendo o primeiro estabelecido pela estrutura no qual a condutividade elétrica é realizada através da área em contato entre as partículas quando o solo está com a umidade de baixo da capacidade da retenção de água (C.R.H₂O) e a segunda é estabelecida pela presença de água quando o solo está com a umidade maior que a C.R.H₂O.

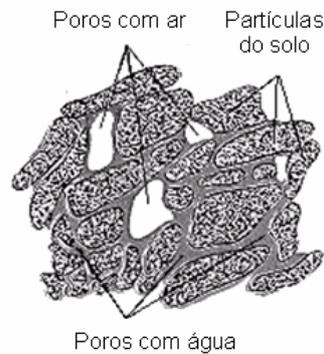


Figura 1. Estrutura do solo

Foi verificado pelo Departments of the Army (1985), que o solo comporta-se como um material ôhmico cumprindo a Lei de Ohm (01). Isto significa que o solo pode ser considerado como um condutor para o qual, a resistência é diretamente proporcional a queda de tensão em uma porção do condutor e inversamente proporcional a corrente que passa através dele.

$$R = \frac{V}{I} \quad \dots(01)$$

Como a resistividade é proporcional a resistência e a área de secção transversal onde circula a corrente e inversamente proporcional a longitude do condutor (02) é possível obter o nível de corrosividade de acordo a partir da resistividade do solo como mostrado na TABELA 1.

$$\rho = \frac{R \times A}{L} \quad \dots(02)$$

Tabela 1. Corrosividade do solo em função de resistividade. (GONZÁLEZ N., 2003)

Corrosividade do solo	Resistividade do solo (Ohm.cm)
Muito Corrosivo	<1.000
Corrosivo	1.000 – 10.000
Pouco Corrosivo	10.000 – 100.000
Nulo	>100.000

1.2. Capacidade de retenção de água

O solo se encontra na sua capacidade máxima de retenção de água quando todos os poros estão cheio de água e não há presença mais de ar. Este estado é passageiro, pois os poros maiores permitem uma rápida circulação dos líquidos, e assim, a velocidade de perda do líquido diminui de acordo com o vazamento nos poros maiores. Embora

permaneça a água no solo, a velocidade de perda chega um instante que se estabiliza até anular-se completamente, neste momento disse que o solo está na sua capacidade de retenção. Isto acontece quando o potencial matricial (expressada na unidade da pressão) se iguala ao valor da pressão atmosférica exercendo um empuxe ao líquido contido no sol, pode-se definir o potencial matricial como a força de união entre a fase sólida do solo e a líquida.

Uma vez chegado ao estado de capacidade de retenção de água, o solo só pode perder o líquido por evaporação ou pela sucção das plantas, porém a eliminação total da água não sucederá. A poucos centímetros da superfície, a água se ascende da parte mais profunda através do fenômeno da capilaridade, que provoca uma ascensão capilar de forma a equilibrar as forças na direção vertical (SILVA, 2005).

Por tanto, deve-se destacar que este parâmetro faz parte importante na análise física do solo para conhecer sua estrutura.

1.3. Permeabilidade do solo

A permeabilidade do solo é a característica associada aos valores absolutos da porosidade e da geometria do sistema poroso, também podendo ser definida como a facilidade que o solo tem para se deixar penetrar pelos líquidos.

Diversos fatores afetam a permeabilidade do solo como as fissuras e a erosão, sendo os fatores primordiais a textura, a estrutura e a composição da matéria orgânica. E pode-se dizer que quanto mais permeável o solo, maior será a filtração dos líquidos como o demonstra na FIGURA 2.a.

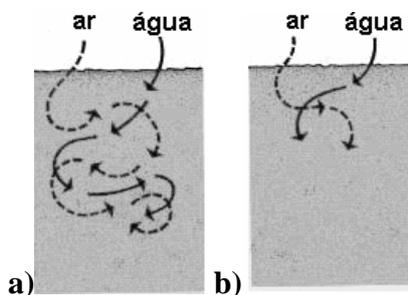


Figura 2. a) Solo com maior permeabilidade; b) Solo com menor permeabilidade.

Por outro lado, o tamanho e a quantidade de poros também são fatores que apresentam uma estreita relação com a textura e a estrutura do solo que conseqüentemente influem na permeabilidade. Na TABELA 2 observa-se que quanto mais fina apresenta-se a textura do solo, mais lenta será a permeabilidade, isto ocorre pela textura do solo estar relacionada com a proporção de partículas de diferentes tamanhos existentes no solo. Por tanto, em solos arenosos existe movimentos rápidos de ar e água no interior, enquanto que nos solos argilosos, uma circulação deficiente de ar e água (MENDEZ, 2006).

Tabela 2. Variação da permeabilidade segundo a textura.

Solos	Textura	Permeabilidade
Solos argilosos	Fina	Desde muito lenta ao Muito rápida
Solos limosos	Moderadamente Fina	
	Moderadamente Grossa	
Solos arenosos	Grossa	

2. Metodologia

2.1. A linha Acaray-Oviedo

A Linha de Transmissão em 220kV Acaray-Oviedo, que integra o sistema interconectado nacional do Paraguai, constitui um trecho da linha Acaray-San Lourenzo com uma extensão de 305Km. Esta linha entrou em operação em dezembro de 1988 e atualmente transporta uma grande parte da energia subministrada pela Itaipu Binacional, o que torna de vital importância manter e/ou melhorar a disponibilidade, controlando os parâmetros que influenciam na confiabilidade e conseqüente vida útil das instalações.

Inicialmente foi realizado um diagnóstico visual dos pontos de corrosão nas estruturas aéreas e pés de torres da linha em estudo, tomando-se o cuidado de registrar o ambiente no qual as mesmas estavam instaladas. A análise física e química foi iniciada com a coleta de amostras do solo dos pés de torre dos números: 500, 520, 550, 553, 570, 589, 606, 682, 783, 788, 798 e 806.

2.2. Coleta de amostras e preparação das amostras

O solo foi coletado a uma profundidade de 20 cm da superfície e retirado com uma pá. A amostra, de aproximadamente 3 kg foi colocada em saco plástico limpo e impermeável ao ar. As amostras foram colocadas na estufa para secagem por 24 horas e logo após foram destorroadas e peneiradas, posteriormente alíquotas foram utilizadas para ensaios de resistividade do solo em função da umidade, capacidade de retenção de água e preparação do extrato aquoso e do extrato de KCl.

2.3. Curva da resistividade do solo

A curva da resistividade do solo é a curva que relaciona a resistividade do solo com teor de água presente no solo para obter a resistividade mínima do solo. A mesma é obtida da seguinte forma: o amperímetro, soil-box (caixa padrão para colocar a mostra) e varivolt (fonte alternada variável de 0 a 240V) são colocados em serie. Logo, mede-se a corrente com amperímetro aumentando a tensão em 10.000mV gradativamente até 90.000mV. Esta medição é repetida adicionando 50ml de água destilada até um pouco antes que a amostra passe ao estado de lodo.

2.4. Umidade

Na cada aplicação de 50ml de água da análise anterior, uma pequena quantidade de amostra é retirada e colocada no recipiente de vidro que é pesada antecipadamente. Esta é pesada de novo e é colocada na estufa para ser secado. Depois de 12 horas que a amostra é colocada na estufa, é novamente pesada. A quantidade da água perdida por evaporação é representada em porcentagem.

2.5. Capacidade de retenção de água do solo

Esta propriedade foi obtida através do procedimento da norma ASTM D 2017 e expressa em porcentagem. Em um funil de "buchner", coberto com um papel de filtro qualitativo, foi adicionada uma quantidade de amostra até o topo. Colocou-se o funil cheio em um becker de capacidade de 400ml, retendo-o em posição para cima, pelas bordas do funil. Adicionou-se água ao becker a uma altura ligeiramente superior à do papel de filtro. Esperou-se até a amostra umedecer por capilaridade de modo a evitar encapsulamento de ar na coluna. Quando a parte superior da amostra de solo apresentava sinais de umidade, adicionava-se mais água até seu nível aproximar-se do topo do funil. Cobriu-se o becker, deixando amostra do solo umedecida no mínimo por 12 horas. Colocou-se o funil coberto em um frasco de sucção e após 15 minutos, remove-se o funil do frasco de sucção, transferindo-se a amostra do solo em um recipiente previamente pesado e determina-se o teor de umidade em porcentagem após de secagem.

2.6. Preparação e medição do pH do extrato aquoso

Em um becker de 100ml, foi adicionado 10g de terra fina (GCOI/SCM, 1995) e seca, juntamente com 25ml de água destilada, agitou-se durante 10 minutos em agitador magnético. Em seguida, foi feita a calibração do pH-metro, ligando o mesmo e deixando-o estabilizar por 15 minutos. Logo após, lavou-se com água destilada e enxugou com papel-lenço. Na sequência, o eletrodo combinado é mergulhado na amostra, esperou-se estabilizar o valor e anotou-se o valor obtido do extrato aquoso.

2.7. Acidez total

Uma amostra de 16g do solo foi depositada em um becker de 150ml e foi adicionado um volume de 40ml de KC l, 1N, agitou-se o conjunto durante meia hora com agitador magnético (GCOI/SCM, 1995) e, em seguida, foi deixado repousando por uma hora. Após a decantação, retirou-se 15ml do sobrenadante, que foi aquecido até a fervura, esfriado e titulado com NaOH, 0,1N. Na titulação deve ser usado fenolftaleína como indicador.

2.8. Determinação de cloretos, carbonatos e bicarbonatos

Foi retirado 25ml do extrato de saturação, adicionou-se 5 gotas do cromato de potássio (GCOI/SCM, 1995) e titulou-se com solução de nitrato de prata 0,05N até a formação de coloração vermelha persistente.

Na determinação de carbonatos, foi retirado 10ml do extrato de saturação (GCOI/SCM, 1995), adicionou-se 3 gotas de fenolftaleína (em presença de carbonato ou base a coloração é vermelha) e titulou-se com solução de ácido sulfúrico 0,025N até a viragem para incolor (fica ácido). Na determinação de bicarbonatos (GCOI/SCM, 1995), em 10ml do sobrenadante adicionou-se 4 gotas de metil orange e titulou-se com ácido sulfúrico até a viragem na cor rósea seja persistente.

3. Resultados e Discussões

3.1. Análise química

Os resultados da análise química referente às torres estudadas são apresentados a seguir. Na TABELA 3, são apresentados os resultados das medidas de acidez total e pH.

Tabela 3. Acidez Total e pH de amostras do solo de aterramento de algumas torres da LT 525kV Acaray-Oviedo.

Torre	500	520	550	553	570	589	606	682	783	788	798	806
Acidez Total/(mEq/100gsolo)	1,88	2,66	2,5	1,7	2,19	2,19	2,82	1,2	1,5	1,2	1	3,76
PH	6,1	5,2	5,4	5,6	5,7	5,8	5,2	5,7	5,7	5,8	6,3	5,1

Sabe-se que grande parte da corrosão de materiais encontra-se associada à concentração de íons dissolvidos na umidade do solo, assim, os íons mais importantes para serem analisados são : o cloreto e hidrogênio e algumas vezes o íon bicarbonato, o qual pode apresentar alguma influência. Entretanto, neste trabalho, para todas as amostras de solo analisadas, o teor de bicarbonatos e cloretos foi da ordem de 8ppm e 2ppm respectivamente.

3.2. 6.1. Análise física

Na maioria dos materiais a corrosão encontra-se associada a os parâmetros obtidos de gráfico de resistividade do solo com relação à porcentagem de água. Estes parâmetros foram determinados e pode ser verificada na TABELA 4.

Tabela 4. Dados físicos dos solos estudados.

Torre	ρ_s inicial em mil $\Omega.m$	Umidade Inicial em %	C.R.H ₂ O em %	ρ_s na C.R.H ₂ O($\Omega.m$)	ρ_s mínima ($\Omega.m$)	Umidade na ρ_s mínima em %
500	170	6	42	220	228	37
520	900	12	42	300	240	47
550	260	12	32	700	240	43
553	40	7	34	200	160	34
570	500	12	42	1000	1000	36
589	800	12	35	320	290	40
606	450	10	40	220	220	38
682	40	7	34	200	160	34
783	80	10	41	90	70	44
788	175	10	45	160	150	45
798	400	12	37	200	190	38
806	500	10	38	600	280	40

ρ_s = Resistividade

C.R.H₂O = Capacidade de retenção de água

3.3. Resistividade contra a umidade do solo

A condutividade elétrica em solos com baixo teor de umidade ocorre através da área de contato entre partículas, pois não há quantidade suficiente de água em poros interconectados e, nesse caso a estrutura do solo é um fator relevante. Por outro lado, em solos com teor de umidade alto, próximo à saturação do material, a condutividade elétrica ocorre mais facilmente pelos sais dissolvidos na fase líquida do solo. Estes dois fenômenos agem paralelamente, de modo que, nas condições iniciais a área de contato é que determina a resistividade, mas para a região de saturação é a dissolução de sais que determina o valor da resistividade. Na FIGURA 3 verifica-se que com o aumento de teor de água, a resistividade do solo sofre uma diminuição considerável, principalmente a umidade maior a 20% até o alcance de resistividade mínima. A resistividade do solo

está em função dos sais dissolvidos na água que é responsável da solubilidade dos sais existentes.

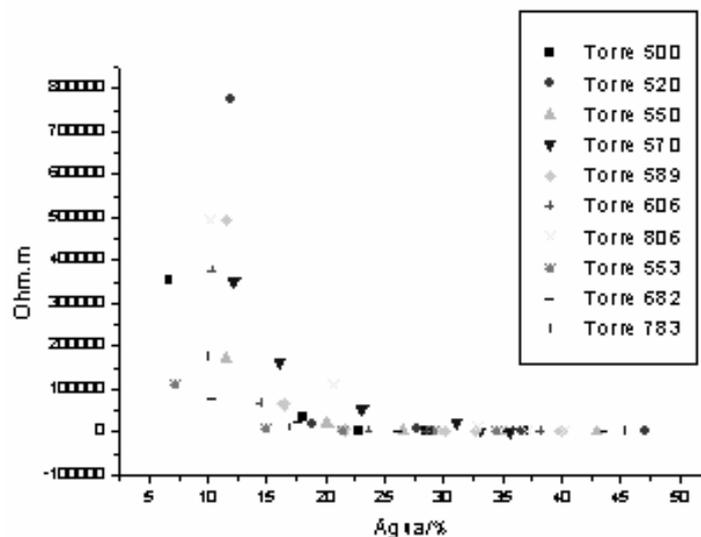


Figure 3. Resistividade versus teor de umidade para as torres estudadas.

3.4. Agressividade devido à textura do solo

A textura do solo refere-se à distribuição das partículas minerais de areia, limo e argilas no solo. A textura é um dos mais estáveis atributos do solo podendo só ser modificada ligeiramente por cultivo e outras práticas que causam a mistura das diferentes camadas do solo. Na FIGURA 4 verificam-se a resistividade do solo das torres 520 e 553. Observa-se que a resistividade na torre 553 manteve baixo nos todos os valores da umidade do solo, enquanto que na torre 520 observa-se uma variação considerável com a alteração da umidade. Esta diferencia existente no comportamento do solo respeito à resistividade é devido à textura do solo.

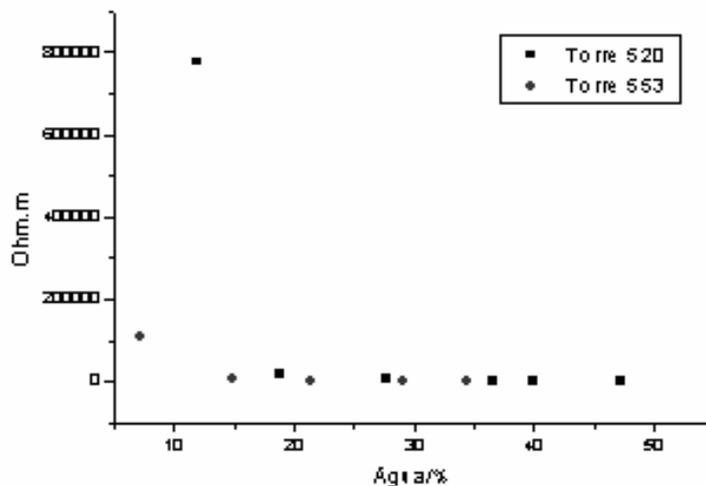


Figure 4. Resistividade versus teor de umidade para as torres 520 y 553.

Evidencia-se que a torre 553 está em uma região mais aerada que a torre 520. Este defeito homogêneo da torre 553 contido em solos grossos faz que a capacidade da retenção de água seja baixa e igualmente uma alta permeabilidade. Com respeito à aeração, o solo da torre 553 é menos agressivo que a torre 520. Sendo enterradas as

torres nos estes dois tipos de solos, a torre 553 está exposta a sofrer menos por corrosão por aeração diferencial na interfase de ar/solo.

Os solos têm por característica apresentar estruturas peculiares ao seu processo de formação. O arranjo entre partículas sólidas formam poros interconectados e poros isolados dentro da massa de solo. Se a estrutura não for destruída, alguns desses poros não têm conexão com o meio externo. Portanto, durante a saturação do solo, podem não ser preenchidos por água. Ao contrário, em um solo deformado, não existem vazios com ar no interior da massa. Ao se misturar água a um solo deformado todas as partículas sólidas entrarão em contato com a água. Portanto, é de se esperar que a capacidade de retenção de água tenha um valor superior ao teor de umidade de saturação de um solo indeformado. Na FIGURA 4, observa-se que a torre 553 está em um solo mais aerado que o solo da torre 520. Esta aeração está relacionada com uma menor intemperização deste solo em relação ao solo da torre 520. Esta pequena intemperização do solo na torre 553 é tão pronunciada, a tal ponto que, o solo em questão pode estar preenchido por defeitos homogêneos contendo grãos porosos este faz com que a capacidade de retenção de água (C.R.H₂O) deste solo seja baixa (em torno de 30%), bem menor que a (C.R.H₂O) do solo da torre 520 que é próximo de 50%. O solo da torre 520 é muito intemperizado, este fator é tão pronunciado, a tal ponto que, o solo dessa torre pode estar preenchido por defeitos heterogêneos contendo cimentação. Em termos de aeração, pode-se concluir que o solo da torre 553 é menos agressivo que o solo da torre 520, e ainda, neste solo as estruturas parcialmente enterradas, podem apresentar uma menor corrosão por aeração diferencial, na interface solo/ar, que em solos similares ao da torre 520.

4. Conclusão

Com um estudo generalizado, no qual envolve os efeitos de agressividade do solo devido: a sua textura física e a sua estrutura química, ora pela reação de redução do gás oxigênio, ora pela reação de redução do íon hidrogênio, pode-se classificar qualitativamente o solo de pés de torres da Linha Acaray–Oviedo do Paraguai. Para este trabalho, o solo foi classificado em 2 grupos de agressividade:

- Grupo 1 (solos poucos agressivos) composto pelas seguintes torres: 500, 570, 589, 798, 553, 783, 788 e 789, 520, 550, 606 e 806. Estas torres apresentam solo com tendência de taxa de corrosão entre 10 a 100µm/ano. Isto significa que as torres (cantoneiras de 6 a 10 mm de espessura) localizadas nesses solos terão vida útil próximo de 40 anos, desde que não seja feita manutenção.
- Grupo 2 (solo agressivo) composto pela torre 682. A torre composta de cantoneiras de 6 a 10 mm de espessura, terá vida útil próximo de 20 anos, desde que não seja feita manutenção.

Para ambos os grupos, caso seja feito algum tipo de manutenção, até mesmo, somente o processo de pintura na região de afloramento, esse tempo de vida aumentará. Com relação ao galvanizado dessas torres, pode-se concluir que em 10 anos de exposição nesse solo, haverá perda da galvanização e aparecimento de corrosão vermelha, além do comprometimento mecânico do metal base (aço carbono).

5. Referências Bibliográficas

- Ayllon, E.S.; Meybaum, B.R. (1982) "Controlling Factors in the Atmospheric Corrosion of Steel", Edited by Ailor W.H., John Wiley & Sons, New York.
- Berton, M.A.C.; Silva, J.M. (1990) "Previsão de Corrosão em Solos", In: 42ª SBPC.
- Cancha, Q.; René, W. (2005) "Diseño y Ejecución de una Puesta a Tierra de Baja Resistencia", Apresentada em Tesis Digitales UNMSM.
- D'Alkaine, C.V.; Cunha, M.R. "Conclusões e Perspectivas sobre Corrosão de Linhas Telefônicas Aéreas no Brasil" (1985) In: I Simpósio Internacional sobre Novas Tecnologias em Redes Telefônicas, p.73-79.
- Departments of the Army (1985) "Electrical Design, Cathodic Protection", Publication Number: Army TM 5-811-7.
- Díaz Mora, N.; Silva, J. M.; Castillo, E. V.; Coronel, R.; Stecanella, M. B.; Shynia, O. N. (2007) "Diagnóstico da Corrosão das Estruturas Metálicas nas Torres da Linha de Transmissão de Alta Tensão Acaray-Oviedo". In: Décimo Segundo Encontro Regional Ibero-Americano Do Cigré.
- Garcia, C. M.; Rattmann Freire, K. R.; Portella, K. F.; De Paula, J. F.; Joukoski, A.; Baron, O.; Vergés, G. R. (2003) "Estudo da Degradação de Materiais Utilizados na Rede de Distribuição de Energia Instalada na Orla de Aracaju", In: Citenel.
- Gentil, V. (2003) "Corrosão", Edidota LTc, 4ª Edição.
- GCOI/SCM (1989) "Obtenção da Curva Característica de Resistividade em Relação a Porcentagem de Água em Solos". In: III Encontro Técnico de Corrosão e Proteção. GCOI/SCM/CFQ,
- González N., M.A.; Malo T., J. M.; Ledo C., R. M.; Uruchurtu C., J. ; Castrejón G., Rafael; Sánchez G, L.; Algarra M., R.; Abreu L., E. (2003) "Evaluación y diagnóstico de la protección catódica en la margen izquierda del Río Tonalá de la Superintendencia General de Ductos Minatitlán". In: Boletín IIE.
- Méndez, M.; Haller, V.; Rios, J. G.; Spínola, A. G.; Cruz, M. J. S.; Flores, J. I. C. (2006) "Changes in time in the physical properties of the soil in rain fed maize end irrigated mango systems in Luvisols in the state of Campeche". In: Universidad y Ciencia.
- Silva, A. M. da (2005) "Banco de dados de curvas de retenção de água de solos brasileiros", Presentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Silva, J. M.; Hoffmann, J. N.; Lázaris, J. (1999) "Nova Formulação para Determinar a Corrente de Proteção nas Grelhas de Torres de Linha de Transmissão Convencional", In: VIII Encuentro Regional Latino – Americano De La Cigré.
- Silva, J.M.; D'alkaine, C.V. (1990) "Uso de Cordoalhas de Alumínio como Contrapeso em Linhas de Transmissão" In: II SEMEL.
- Silva, J.M. (1989) "Corrosão em Estruturas Enterradas (Previsão Diagnóstico e Recuperação)", In: III Encontro Técnico de Corrosão e Proteção GCOI/SCM/CFQ.