XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

MAPEAMENTO DA CORROSIVIDADE ATMOSFÉRICA DO ESTADO DO CEARÁ

Anadite M. de Luna[1]	Iêda N. S. Montenegro[2]	Antônio R. M. Filgueira[3]
NUTEC	NUTEC	COELCE
anadite@uol.com.br	inadja@nutec.ce.gov.br	aribamar@coelce.com.br
Narcélio A. Pereira[4]	Waydson M. Ferreira[5]	Jocilane A. Rodrigues[6]
CENTEC	NUTEC	NUTEC
narcelioap@yahoo.com.br	engwaydson@yahoo.com.br	jocilane@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE

Corrosão Atmosférica;
Ceará;
Mapa da Corrosividade;
Materiais Elétricos;

RESUMO

A agressividade atmosférica no Ceará, em áreas litorâneas, é uma das maiores do mundo. Os seus efeitos, traduzidos principalmente pela corrosão e a degradação dos materiais, são sentidos por todos os segmentos da sociedade. Os resultados obtidos nas estações de estudo instaladas em 18 municípios representativos de todos os microclimas existentes no nosso estado, na pesquisa do Projeto de corrosão, permitiram a realização da classificação da agressividade atmosférica em todo o estado do Ceará, apresentada em forma de mapas. Esta classificação foi feita através de estudos estatísticos do somatório dos resultados obtidos dos ensaios das amostras coletadas mensalmente nas estações de estudo, em função de várias variáveis, como: teores de cloretos, sulfatos e partículas sedimentáveis; taxa de corrosão dos materiais padrões, representativos dos materiais utilizados na rede de distribuição de energia elétrica, como aço carbono, cobre eletrolítico, bronze (± 80% de Cu), aço galvanizado, liga de alumínio 6063, liga de alumínio 1100 e estanho metálico; temperatura e umidade relativa do ar, as quais resultam em tempo de umectação e Dados meteorológicos. Os mapas apresentam a classificação da agressividade atmosférica segundo o tempo de superfície úmida e as categorias de corrosividade atmosférica para os materiais elétricos estudados na pesquisa.

---

1 Especialista, Engenheira Eletricista – NUTEC
2 Doutora, Química Industrial – NUTEC
3 Especialista, Engenheiro Eletricista - COELCE
4 Mestre, Engenheiro Civil - CENTEC
5 Mestre, Engenheiro Mecânico – NUTEC
6 Técnica em Química - NUTEC

1. INTRODUÇÃO

Para ampliar conhecimentos quanto às origens da agressividade atmosférica e adoção de procedimentos mais efetivos buscando soluções para minimizar os efeitos destes agressores, a COELCE iniciou através do NUTEC, em parceria com o CENTEC e a FUNCEME, em 2003, o Projeto "Corrosão e Degradação Atmosférica dos Materiais Elétricos – Ciclo II", aprovada no âmbito da ANEEL e que se encontra em fase de desenvolvimento.

A classificação da corrosividade de atmosferas foi feita por meio de estudos estatísticos do somatório dos resultados obtidos dos ensaios das amostras coletadas durante as monitorações mensais, no período de junho de 2003 a março de 2007, em função de várias variáveis, das quais citamos os dados meteorológicos das estações distribuídas em diferentes microclimas; teores de cloretos, de sulfatos e de partículas sedimentadas coletados em 18 Estações distribuídas no Estado do Ceará (Itapipoca, Acaraú, Sobral, Camocim, Inhuçu, Nutec, Cofeco, Maracanaú, Pecém, Barra de Sucatinga, Itaiçaba, Limoeiro do Norte, Quixadá, Crateús, Iguatú, Crato, Guaramiranga e Pacoti) e analisados no Laboratório do NUTEC; taxa de corrosão dos materiais padrões (aço carbono, aço carbono galvanizado, cobre eletrolítico, bronze (± 80% de Cu), liga de alumínio 6063, liga de alumínio 1100 e estanho metálico) expostos em seis das Estações acima citadas (Camocim, Nutec, Cofeco, Maracanaú, Pecém, Iguatú). Estes materiais são representativos dos que são utilizados na rede de distribuição de energia elétrica; Foram considerados, também, os valores de tempo de umectação que foram calculados das medidas de temperatura – acima de 0ºC e umidade relativa do ar – acima de 80%. Tais valores foram detectados por meio de sensores expostos nas 18 estações. Baseados em todos estes parâmetros citados, algumas tabelas representativas destes resultados foram elaboradas e compactadas na forma dos Mapas da Corrosividade Atmosférica do Estado do Ceará (junho de 2003 a março de 2007). Estes Mapas orientam a aplicação dos materiais elétricos quanto à resistência à corrosividade das atmosferas dos microclimas determinados neste trabalho. (1-4)

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com base nos fundamentos da norma NBR 14643:2001 – Corrosão atmosférica – Classificação da corrosividade de atmosferas (8).

E os resultados obtidos nas Estações de Estudo de Corrosão, no período de junho de 2003 a maio de 2007, quanto as Classificações em Categorias de Corrosividade da Atmosfera para os materiais metálicos (aço carbono, zinco e cobre e alumínio) e de Tempo de Superfície Úmida foram situados dentro do Mapa do Ceará apresentados nas Figuras 1 e 2. Da análise do somatório destes resultados foram feitas extrapolações para os demais municípios do Estado que originou o Mapa do Ceará apresentado na Figura 3, isto é, foram identificadas cinco (05) micro-regiões existentes no território cearense que se caracterizam pela categoria de Corrosividade – TSU 80.

3. CONSIDERAÇÕES

3.1. Dados Meteorológicos

Foram consideradas as variáveis meteorológicas, fornecidas pela FUNCEME e UFC: os valores mensais médios de volume de precipitação em mm; velocidade dos ventos em m/s; temperatura em ºC; umidade relativa do ar em %; e horas de insolação.

3.2. Tempo de Superfície Úmida

Calculado a partir do binômio, temperatura – umidade relativa do ar. O tempo de superfície úmida calculado é o somatório dos intervalos de tempo presentes dentro de um determinado período de

exposição do material para estudo de desenvolvimento de corrosão atmosférica, sob as condições de umidade relativa do ar (UR) superior a 80% e temperatura (T) superior a 0°C.

As medidas de temperatura e de umidade relativa do ar foram feitas conforme a norma NBR 14643:2001 para a determinação do tempo de superfície úmida e a classificação quanto ao enquadramento dos resultados medidos nas estações dentro da categoria foram extrapolados para todo o território do Estado do Ceará [(1)].

3.3. Classificação da agressividade atmosférica das Estações de estudo de corrosão do Ceará

Estes resultados estão determinados em função de algumas variáveis, como: tempo de superfície úmida, concentrações dos poluentes presentes na atmosfera (cloretos, sulfatos e partículas sedimentáveis) e demais tipos de agressividade oriundas dos parâmetros meteorológicos comuns nos micro climas que caracterizam cada estação (volume de precipitação por mês (em mm), velocidade dos ventos (em m/s), direção dos ventos, temperatura (em ^{o}C), umidade relativa do ar (em %) e horas de insolação (em h)).

3.4. Categoria de Corrosividade da Atmosfera

Também conforme tabela 1 da NBR 14643:2001, a categoria de corrosividade da atmosfera (C_1, C_2, C_3, C_4 e C_5) tem a agressividade respectivamente classificada como corrosividade (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta), e é feita através da classificação da atmosfera em termos de dados atmosféricos (tempo de superfície úmida e concentração de poluentes atmosféricos, ou de medidas de taxas de corrosão de metais padrão).

Os fatores atmosféricos relevantes na corrosão de metais e ligas são os tempos de superfície úmida e os teores de SO_2 e Cl^-.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teores de poluentes atmosféricos

Os resultados dos poluentes atmosféricos são correspondentes aos valores obtidos das monitorações realizadas mensalmente, em 18 estações distribuídas no estado do Ceará, no período de junho de 2003 até março de 2007, Tabela 1. Estes resultados são referentes aos teores de Cloretos (em mg de Cl^-/m².dia) e de Sulfatos (em mg de SO_2/m².dia).

4.2. Classificação da agressividade atmosférica das Estações de estudo de corrosão do Ceará

A **Tabela 2** corresponde aos resultados da classificação da agressividade atmosférica das Estações de Estudo de Corrosão, obtidos no referido período da pesquisa, segundo NBR 14643:2001, estes resultados estão em função da classificação em termos de tempo de superfície úmida, da categoria respectiva à classificação por SO_2 e da categoria respectiva à classificação por Cl^-**.**

4.3. Categorias de corrosividade estimada baseada em dados atmosféricos

Ainda de acordo com a NBR 14643:2001, as Categorias de Corrosividade Estimada de Atmosfera apresentadas na **Tabela 3,** são os resultados correspondentes aos dados coletados na pesquisa quanto à classificação em termos de contaminação por SO_2 (categorias referentes aos resultados das médias das taxas de deposição de SO_2 expressas em mg/ (m^2. dia)) e em termos de contaminação por Cl^- (categorias referentes aos resultados das medias das taxas de deposição de Cl^- expressas em mg/(m^2.dia)), sob as condições de tempo de superfície úmida. Estes resultados são específicos de cada Estação.

4.4. Categorias de corrosividade quantificada em taxa de corrosão de material padrão após o primeiro ano de exposição dos corpos – de – prova nas Estações

Na **Tabela 4** estão apresentadas às categorias de corrosividade para os corpos-de-prova confeccionados com material padrão, aço carbono – (I) e cobre eletrolítico (III), os quais tiveram as taxas de corrosão determinadas experimentalmente através da perda de massa após o primeiro ano de exposição nas Estações de Estudo de Corrosão Atmosférico do Ceará; e as respectivas conclusões quanto às categorias de corrosividade da atmosfera quantificadas.

Estas categorias foram quantificadas tendo por base os valores determinados na NBR 14643:2001 – tabela 6 – "Taxa de corrosão para o primeiro ano de exposição para cinco categorias de corrosividade".

4.5. Compactação dos resultados na forma de Mapas, Figuras 1 e 2

As classificações da corrosividade atmosférica das Estações de Estudo de Corrosão em termos de poluentes e tempo de superfície úmida quantificados levaram a estimativa da categoria de corrosividade da atmosfera destas Estações para os materiais padrão referido na norma NBR 14643:2001 (aço carbono, zinco, cobre e alumínio). Estas categorias de corrosividade das estações estão mostradas em 2 (dois) mapas. O primeiro (Figura 1) apresenta a classificação para o material-padrão aço carbono exposto em micro climas diferentes que estão assim destacados no mapa pelas diferentes categorias de corrosividade – TSU 80 existentes no território cearense e o segundo (Figura 2), da mesma forma, apresenta a classificação para os materiais padrão zinco, cobre e o alumínio.
Estes Mapas da Corrosividade Atmosférica do Estado do Ceará informam em uma legenda para cada estação: primeiramente, o nome que identifica a Estação; a localização geográfica (latitude e longitude); As concentrações dos poluentes atmosféricos (valores das médias dos teores de cloretos e de sulfatos expressos respectivamente em mg. Cl^-/m².dia e mg. SO_2/m^2.dia); E o Tempo de Superfície Úmida (TSU 80) em horas/ano; Finalmente para orientar a utilização de determinado material no micro clima característico da estação em questão, temos a classificação das categorias de corrosividade atmosférica (C_n) para os materiais padrão, o valor de n varia de 1 até 5 (C_1, C_2, C_3, C_4, e C_5), respectivamente classificando a corrosividade da atmosfera para o material como (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). E em outra legenda de um mesmo mapa para informar diferenciando por cores cada classificação de categoria de corrosividade da atmosfera.

4.6. Extrapolação dos resultados na forma de Mapa, Figura 3

Podemos observar que em todas as Estações se encontram as condições de UR > 80% e a temperatura T > 0º C, as quais são os requisitos necessários para o desenvolvimento de reações eletroquímicas caracterizadas como corrosão atmosférica dos materiais, porque provocam a existência da superfície úmida (t_3, t_4 e t_5) apta a sofrer ataque corrosivo. Por extrapolação para todo o território do Estado do Ceará podemos afirmar que proporcional aos teores dos poluentes atmosféricos, na ordem de menores quantidades para maiores, a corrosividade da atmosfera se tornará mais agressiva. Portanto, os resultados da pesquisa de corrosão e degradação atmosférica dos materiais elétricos, quanto aos dados coletados das Estações de Estudo de Corrosão Atmosférica realizada no período de junho de 2003 até março de 2007 segundo a norma NBR 14643:2001 foram fundamentados no escrito neste último parágrafo, os quais estão apresentados por meio dos mapas do Ceará apresentados nas Figuras 1 e 2, para serem extrapolados para todos os municípios cearenses na Figura 3 – Mapa do Ceará: Corrosividade – TSU 80 em função dos micro climas (extrapolação dos resultados obtidos das Estações de Estudo da Corrosão Atmosférica) – Junho de 2003 a Março de 2007.
Este Mapa informa nas legendas, as identificações de cada micro clima pelas cores (verde, vermelha, azul, laranja e amarela), as quais destacam as características das atmosferas denominadas, respectivamente (marinha, marinha/sertão, sertão/central, sertão (Inhamus, Centro-Sul e Sul) e serrana) e as seguintes informações: descrições das atmosferas caracterizadas quanto à categoria de corrosividade para os materiais padrão; teores máximos quantificados de cloretos, sulfatos e TSU – 80. E finalmente, as categorias de corrosividade atmosférica (C_n) para os materiais padrão da pesquisa, o valor de n varia de 1 até 5 (C_1, C_2, C_3, C_4, e C_5), respectivamente classificando a corrosividade da atmosfera para o material como (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta)

Tabela 1 - Teores de Poluentes Atmosféricos, junho de 2003 até março de 2007.

Identificação da Estação		Concentração de Sulfatos (em mg de SO_2/m².dia)				Concentração de Cloretos (em mg de Cl^-/m².dia)				Ambiente Atmosférico
N.º	**Nome**	**Ano 1**	**Ano 2**	**Ano 3**	**Ano 4**	**Ano 1**	**Ano 2**	**Ano 3**	**Ano 4**	
1	Itapipoca	11,98	23,17	46,97	56,36	52,84	32,09	37,02	30,98	Rural Urbana
2	Acaraú	36,75	25,56	59,27	141,61	105,60	160,47	41,25	43,95	Marinha
3	Sobral	0,00	49,53	58,00	115,47	37,71	82,95	21,71	37,90	Rural Urbana
4	Camocim	25,56	50,33	76,05	73,95	303,56	1146,20	453,25	260,91	Marinha
5	Inhuçu	165,36	45,53	53,76	72,13	30,07	30,85	20,73	43,95	Urbana
6	Nutec	26,36	47,93	21,62	26,76	27,79	34,03	41,96	51,61	Rural Urbana
7	Cofeco	399,42	163,76	155,77	324,72	1518,36	3219,19	2217,34	2664,52	Marinha
8	Maracanaú	63,11	72,69	25,88	82,37	15,53	24,02	22,51	32,46	Rural Urbana
9	Pecém	24,76	79,08	32,43	31,23	27,26	55,73	37,81	38,80	Marinha
10	B.Sucatinga	71,89	91,87	21,89	79,04	272,02	272,69	325,01	248,79	Marinha
11	Itaiçaba	59,11	59,11	24,16	95,08	65,71	50,65	43,12	51,20	Marinha
12	Aracati (*)	24,76	28,76	-	-	15,76	15,96	-	-	Rural Urbana
13	Limoeiro	42,34	238,05	28,87	79,37	9,91	22,93	33,21	26,86	Rural Urbana
14	Quixadá	64,31	35,15	35,02	69,01	11,82	19,46	17,22	26,86	Urbana
15	Crateús	37,55	52,33	29,53	49,71	11,54	12,70	19,77	19,95	Rural Urbana
16	Iguatú	48,73	48,73	23,25	39,09	45,26	11,52	19,77	22,25	Rural Urbana
17	Crato	59,91	50,33	43,42	69,59	72,41	7,11	7,84	18,70	Rural Urbana
18	Guaramiranga	51,92	51,92	52,25	162,97	84,25	73,92	56,54	53,72	Marinha
19	Pacotí (**)	-	-	56,23	73,07	-	-	21,15	25,40	Urbana

Observações:

A Estação Pacotí (**) foi instalada após 24 (vinte e quatro meses) após iniciado a pesquisa das demais estações, por transferência das instalações da Estação Aracati (*).

Tabela 2 - Classificação da Agressividade Atmosférica

Identificação da Estação		CAT (1)	Classificação por SO_2				Classificação por Cl^-			
N.º	Nome		CT. 1	CT. 2	CT. 3	CT. 4	CT.A	CT.B	CT.C	CT.D
1	Itapipoca	t_4	A_1	A_1	A_2	A_2	B_1	B_1	B_1	B_1
2	Acaraú	t_4	A_2	A_1	A_2	A_3	B_2	B_2	B_1	B_1
3	Sobral	t_4	A_0	A_2	A_2	A_3	B_1	B_2	B_1	B_1
4	Camocim	t_5	A_1	A_2	A_2	A_2	B_3	B_3	B_3	B_2
5	Inhuçu	t_5	A_3	A_2	A_2	A_2	B_1	B_1	B_1	B_1
6	Nutec	t_3	A_1	A_2	A_1	A_1	B_1	B_1	B_1	B_1
7	Cofeco	t_5	$*A_3$	A_3	A_3	$*A_3$	$*B_3$	$*B_3$	$*B_3$	$*B_3$
8	Maracanaú	t_4	A_2	A_2	A_1	A_3	B_1	B_1	B_1	B_1
9	Pecém	t_4	A_1	A_2	A_1	A_1	B_1	B_1	B_1	B_1
10	B.Sucatinga	t_5	A_2	A_3	A_1	A_2	B_2	B_2	B_3	B_2
11	Itaiçaba	t_4	A_2	A_2	A_1	A_3	B_2	B_1	B_1	B_1
12	Aracati	t_5	A_0	A_1	-	-	B_1	B_1	-	-
13	Limoeiro	t_3	A_2	A_3*	A_1	A_2	B_1	B_1	B_1	B_1
14	Quixadá	t_4	A_2	A_2	A_2	A_2	B_1	B_1	B_1	B_1
15	Crateús	t_3	A_2	A_2	A_1	A_2	B_1	B_1	B_1	B_1
16	Iguatú	t_3	A_2	A_2	A_1	A_2	B_1	B_1	B_1	B_1
17	Crato	t_3	A_2	A_2	A_2	A_2	B_1	B_1	B_1	B_1
18	Guaramiranga	t_5	A_2	A_2	A_2	A_3	B_2	B_2	B_1	B_1
19	Pacotí (*)	t_5	-	-	A_2	A_2	-	-	B_1	B_1

Observações:

CAT (1) - Classificação em termos de Tempo de Superfície Úmida;

Classificação Por SO_2 - Classificação em Termos de Contaminação por SO_2 (Categorias Referentes Aos Resultados das Médias das Taxas de Deposição de SO_2 Expressas em $mg/(m^2.d)$ – Média para cada ano da pesquisa (Ano1, Ano2, Ano 3 e Ano 4), respectivamente (CT.1, CT.2, CT.3 e CT.4);

Classificação por Cl^- - Classificação em Termos de Contaminação por Cl^- (Categorias Referentes aos Resultados das Médias das Taxas de Deposição de Cl^- Expressas em $mg/(m^2.d)$ - Média para cada ano da pesquisa (Ano1, Ano2, Ano 3 e Ano 4), respectivamente (CT.A, CT.B, CT.C e CT.D);

*A e *B – Teor de Sulfatos e de Cloretos acima dos valores classificados na Norma NBR 14643:2001

Tabela 3 - Categorias de Corrosividade Estimada da Atmosfera

ESTAÇÃO	AÇO CARBONO					ZINCO E COBRE					ALUMÍNIO				
	CT1	CT2	CT3	CT4	C.1	CT1	CT2	CT3	CT4	C.2	CT1	CT2	CT3	CT4	C.3
1. Itapipoca	3	3	4	4	C_4	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3
2. Acaraú	4	4	4	5	C_5	4	4	3	4	C_4	4	4	3	4	C_4
3. Sobral	3	4	4	5	C_4	3	4	3	4	C_4	3	4	3	4	C_4
4. Camocim	5	5	5	5	C_5	5	5	5	5	C_5	5	5	5	5	C_5
5. Inhuçu	5	4	5	5	C_5	5	4	4	4	C_5	5	4	4	4	C_5
6. NUTEC	2	3	2	2	C_2	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3
7. COFECO	5*	5*	5*	5*	C_5 *	5*	5*	5*	5*	C_5 *	5*	5*	5*	5*	C_5 *
8. Maracanaú	4	4	3	5	C_4	4	3	3	4	C_4	4	3	3	4	C_4
9. Pecém (**)	3	4	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3
10. B. de Sucatinga	5	5	5	5	C_5	5	5	5	5	C_5	5	5	5	5	C_5
11. Itaiçaba	4	4	3	5	C_4	4	3	3	4	C_4	4	3	3	4	C_4
12. Aracati (**)	3	3	-	-	C_3	3	3	-	-	C_3	4	4	-	-	C_4
13. Limoeiro	4	4	2	3	C_4	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3
14. Quixadá	4	4	4	4	C_4	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3
15. Crateús	3	3	2	3	C_3	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3
16. Iguatú	3	3	2	3	C_3	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3
17. Crato	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3	3	3	3	3	C_3
18. Guaramiranga	5	5	5	5	C_5	5	5	5	5	C_5	5	5	5	5	C_5
19. Pacotí (*)	-	-	5	5	C_5	-	-	5	5	C_5	-	-	5	5	C_5

CT1 – Categorias de Corrosividade Estimada de Atmosfera respectiva ao Ano 1 (Junho de 2003 a Junho de 2004);

CT2 – Categorias de Corrosividade Estimada de Atmosfera respectiva ao Ano 2 (Junho de 2004 a Junho de 2005)

CT3 – Categorias de Corrosividade Estimada de Atmosfera respectiva ao Ano 3 (Junho de 2005 a Junho de 2006);

CT4 – Categorias de Corrosividade Estimada de Atmosfera respectiva ao Ano 4 (Junho de 2006 a Março de 2007)

C.1 - Conclusões quanto à categoria de corrosividade estimada da atmosfera com relação ao AÇO CARBONO;

C.2 - Conclusões quanto à categoria de corrosividade estimada da atmosfera com relação ao ZINCO E COBRE;

C.3 - Conclusões quanto à categoria de corrosividade estimada da atmosfera com relação ao ALUMÍNIO.

* – Resultado mais elevado que os valores classificados na Norma NBR 14643:2001

(**) - Estações situadas distantes em torno de 10 km da orla marinha, com barreiras existentes entre a orla e estas Estações.

Tabela 4 - Categorias de Corrosividade Quantificada em função das Taxas de Corrosão dos Corpos-de-Prova Após o Primeiro Ano de Exposição

ESTAÇÃO	AÇO CARBONO – (I)			COBRE ELETROLÍTICO – (III)		
	TAXA (I)	CAT. (I)	CONC. (I)	TAXA (III)	CAT. (III)	CONC. (III)
4. CAMOCIM	735,55	C_5	muito alta	75,85	C_5 (*)	muito alta
6. NUTEC	193,05	C_2	baixa	29,13	C_5	muito alta
7. COFECO	6589,97	C_5 (*)	muito alta	69,28	C_5 (*)	muito alta
8. MARACANAÚ	1365,83	C_5	muito alta	24,20	C_4	alta
9. PECÉM	252,91	C_3	média	39,31	C_5	muito alta
16. IGUATU	83,62	C_2	baixa	10,88	C_3	média

Observações:

TAXA (I) = Taxa de Corrosão expressa em grama por metro quadrado ano (g/(m^2.a)) determinada para os corpos-de-prova confeccionados em AÇO CARBONO - (I);

TAXA (III) = Taxa de Corrosão expressa em grama por metro quadrado ano (g/(m^2.a)) determinada para os corpos-de-prova confeccionados em COBRE ELETROLÍTICO - (III);

CAT. (I) = Categorias de corrosividade para os corpos-de-prova confeccionados em aço carbono – (I) que tiveram as taxas de corrosão determinadas experimentalmente através da perda de massa, após o primeiro ano de exposição nas Estações;

CAT. (III) = Categorias de corrosividade para os corpos-de-prova confeccionados em cobre eletrolítico (III) que tiveram as taxas de corrosão determinadas experimentalmente através da perda de massa, após o primeiro ano de exposição;

CONC. (I) = Conclusão quanto à corrosividade da atmosfera das estações identificada relativa ao comportamento dos corpos-de-prova em aço carbono (I);

CONC. (III) = Conclusão quanto à corrosividade da atmosfera da estação identificada relativa ao comportamento dos corpos-de-prova em cobre eletrolítico (III);

A Categoria de Corrosividade expressa como C_5 (*) corresponde ao valor da taxa de corrosão superior ao limite máximo estipulado para categoria C_5. Trata-se de estações com atmosfera altamente corrosiva para o material padrão em questão.

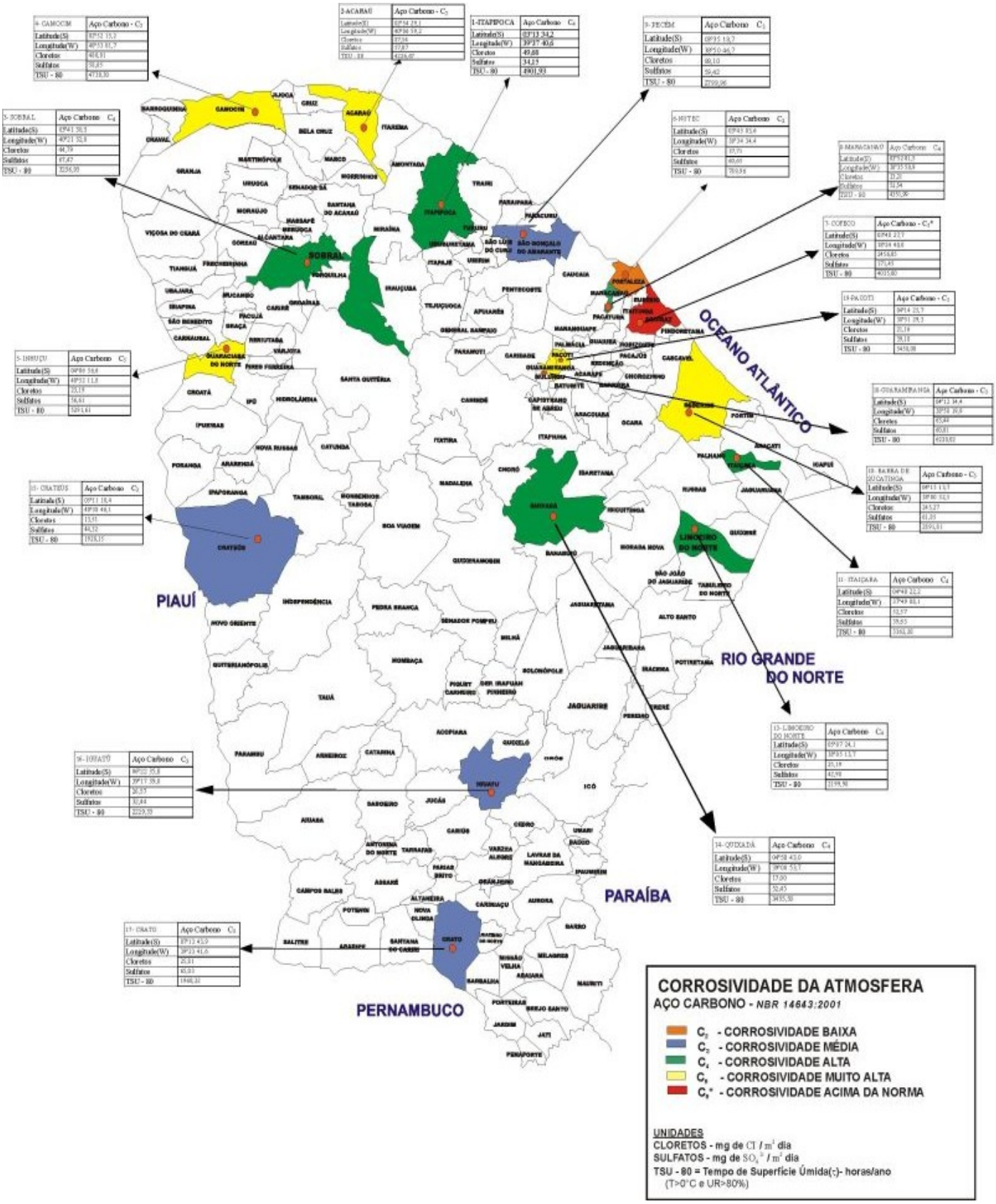

Figura 1 – Mapa da Corrosividade Atmosférica do Aço Carbono nas Estações de Estudo de Corrosão do Estado do Ceará – Junho de 2003 a Maio de 2007

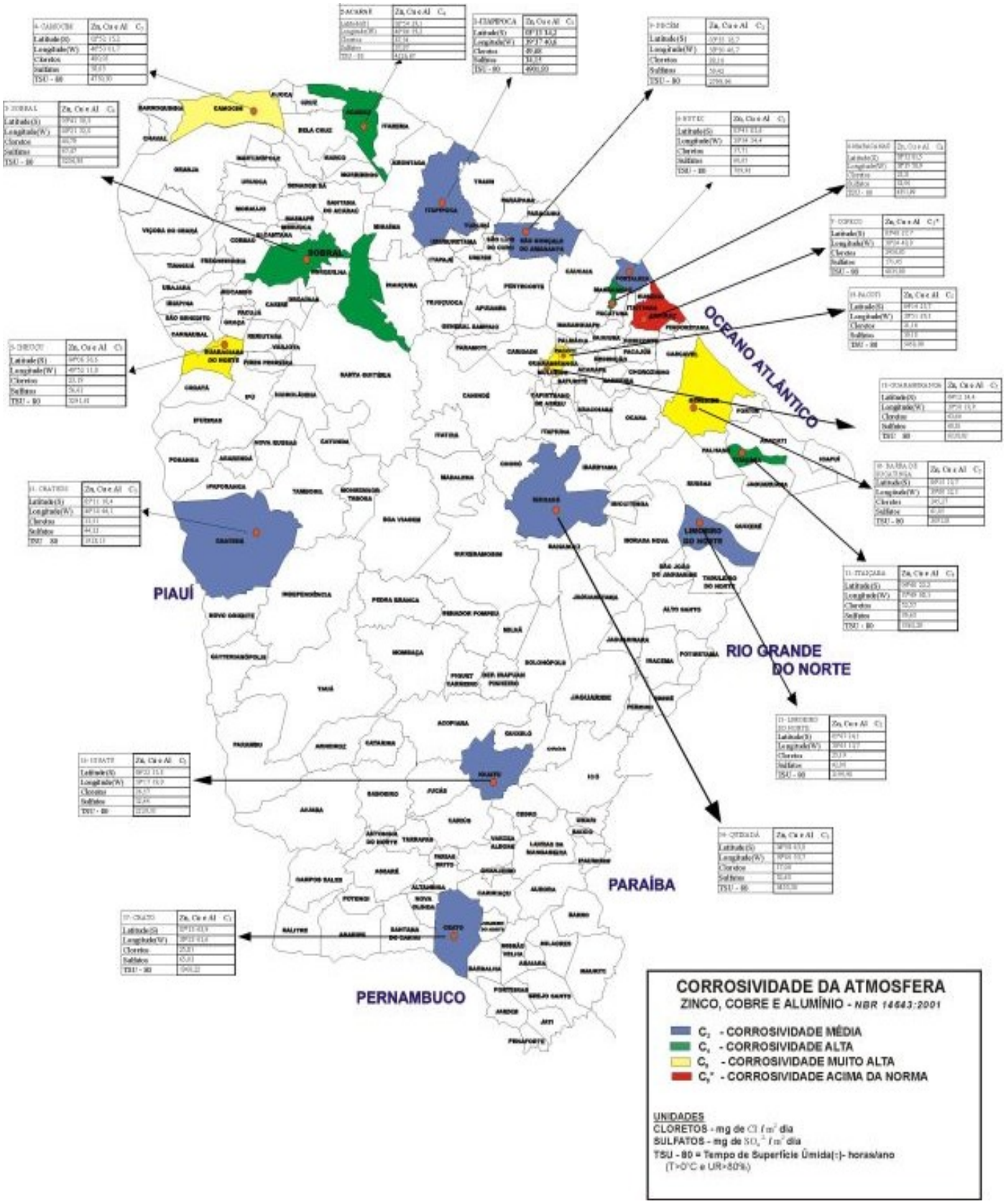

Figura 2 – Mapa da Corrosividade Atmosférica para Zinco, Cobre e Alumínio nas Estações de Estudo de Corrosão do Estado do Ceará – Junho de 2003 a Maio de 2007

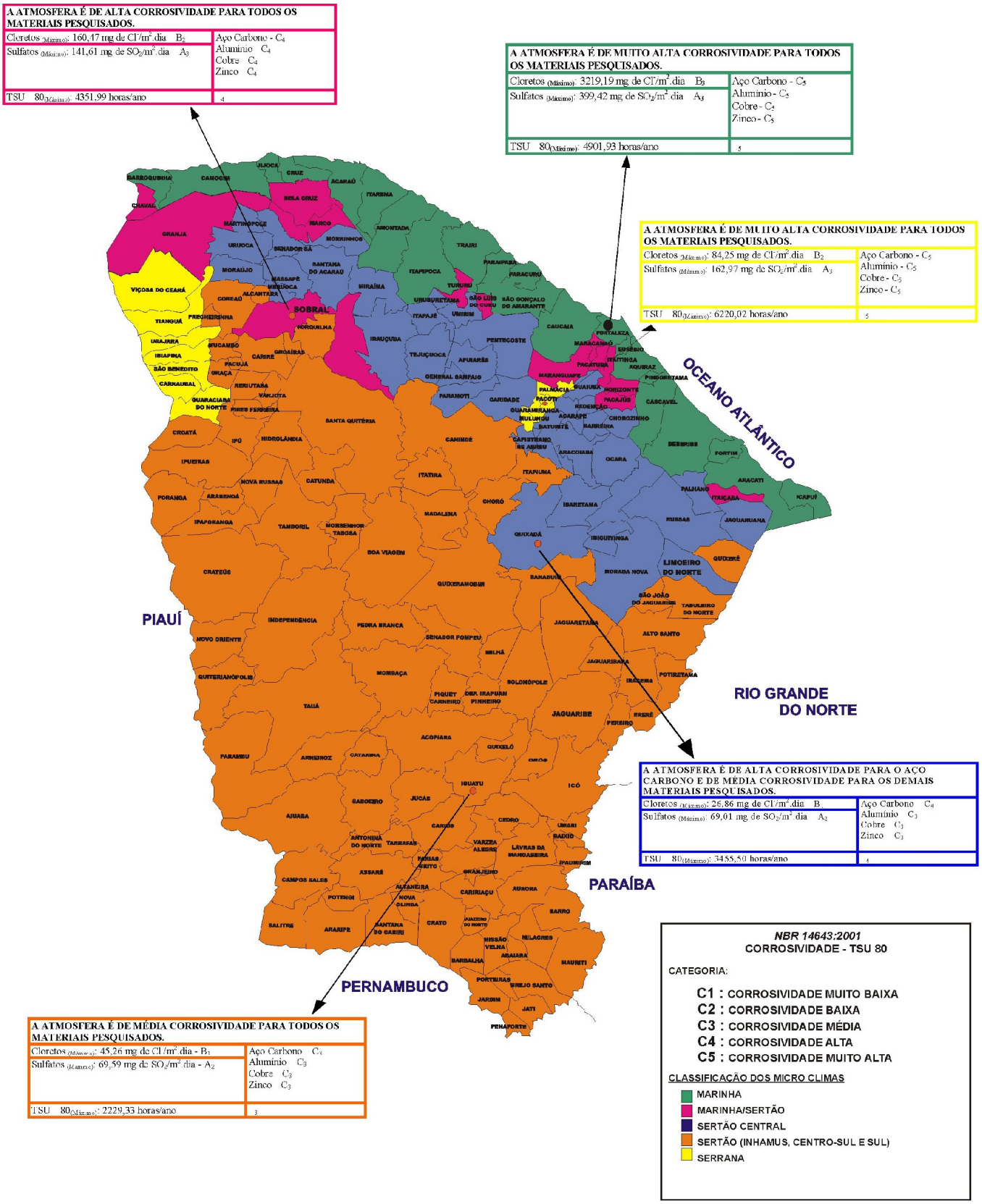

Figura 3 – Mapa do Ceará: Corrosividade – TSU 80 em função dos micros climas (extrapolação dos resultados obtidos das Estações de Estudo da Corrosão Atmosférica) – Junho de 2003 a Março de 2007

5. CONCLUSÕES

Se interpretarmos os resultados puramente absolutos desta pesquisa apresentados nas Figuras 1 e 2, podemos concluir que somente as estações situadas diretamente em frente ao mar (Camocim, COFECO e Barra da Sucatinga) e as Estações situadas nos pontos mais elevados (as serras) do Estado (Guaramiranga, Pacotí e Inhuçu – Serra Grande) são classificadas como C_5 para todos os materiais pesquisados. As estações que ainda sofrem influência da atmosfera marinha, ou sejam, as quais não se encontram diretamente em frente ao mar, bem como, não existem grandes elevações entre as localizações destas Estações e a costa litorânea cearense (Acaraú, Sobral, Maracanaú, Itaiçaba, Quixadá e Itapipoca). Elas são classificadas de C_3 - C_4 - C_5, dependendo da resistência do material pesquisado e as estações que praticamente não sofrem influência da atmosfera marinha (NUTEC, Limoeiro, Crateús, Iguatú e Crato) são classificadas como C_2 -C_3.

Então, por extrapolação das classificações das agressividades atmosféricas em termos de Corrosividade – TSU 80 valorizadas nas Estações foram identificadas e classificadas para o território do Ceará a existência de cinco (05) micros climas, conforme as seguintes considerações:

- Toda área do território cearense a beira mar a qual corresponde a uma extensão litorânea em torno de 600 km de comprimento e 30 km de largura, ou seja, 18.000 km^2 são classificadas na categoria C_5, na Figura 3 está destacada com a cor verde. Portanto, é considerada como um tipo de atmosfera de muito alta corrosividade para todos os materiais pesquisados;
- As regiões serranas do Ceará (Serra Grande e Maciço de Baturité) foram quantificadas por extrapolação com categoria C_5, correspondendo a 8% dos municípios do Estado, na Figura 3 está destacada com a cor amarela. Portanto, é considerada, também, como um tipo de atmosfera de muito alta corrosividade para todos os materiais pesquisados;
- Podemos considerar as áreas situadas nas vizinhanças da faixa destacada como região marinha (diretamente em frente ao mar), como uma atmosfera mista em termos de TSU – 80 que é elevado e de concentração de poluentes na atmosfera como sendo baixa - média. Estas condições climáticas são, possivelmente, devidas ao fato de se encontrarem em certa distância do mar, não muito próximas e não contarem com a existência de grandes barreiras. Estas são condições suficientes para não impedirem as mais fortes correntes de maresias arrastadas pelos ventos de chegarem até as mesmas. Sendo assim, estas áreas se apresentam com valores médios quanto aos teores de cloretos e foram quantificadas por extrapolação com categoria C_4, em torno de 10% dos municípios do Estado, na Figura 3 está destacada com a cor rosa. Portanto, é considerada, também, como um tipo de atmosfera de alta corrosividade para todos os materiais pesquisados;
- Podemos considerar as áreas, também, situadas nas vizinhanças da faixa destacada como região marinha (diretamente em frente ao mar), como uma atmosfera mista em termos de TSU – 80 que é elevado e de concentração de poluentes na atmosfera como sendo mais baixa do que nas áreas de cor rosa. Estas condições climáticas são, possivelmente, devidas ao fato de se encontrarem um pouco mais distantes do mar e contarem com a existência de algumas barreiras, pequenas serras nas vizinhanças. Estas são condições suficientes para impedirem as mais fortes correntes de maresias arrastadas pelos ventos de chegarem até as mesmas. Sendo assim, estas áreas se apresentam com valores baixos quanto aos teores de cloretos e foram quantificadas por extrapolação com categoria C_4 para o aço carbono e C_3 para os demais materiais pesquisados, em torno de 15% dos municípios do Estado, na Figura 3 está destacada com a cor azul. Portanto, é considerada, também, como um tipo de atmosfera de alta corrosividade para o aço carbono e de média corrosividade para os demais materiais pesquisados;

- As Estações situadas no sertão dos Inhamus, Centro Sul e Sul do Estado, respectivamente Crateús, Iguatú e Crato foram quantificadas na categoria C_3, na Figura 3 está destacada com a cor laranja. Portanto, por extrapolação podemos considerar toda esta região do Ceará na categoria C_3, correspondendo a 60% dos municípios do Estado, como um tipo de atmosfera de média corrosividade para todos os materiais pesquisados.

Finalmente podemos observar a definição de cinco micros climas distintos existentes no Estado do Ceará, sendo: categoria C_5, região marinha e serrana as que mais propiciam o desenvolvimento de reações de corrosão atmosférica com muito alta agressividade; conforme observado no mapa de classificação da atmosfera em termos de Corrosividade TSU - 80 extrapolado para todo o Estado.Estes mapas permitem orientar as decisões na seleção de materiais para utilização na rede de distribuição de energia elétrica, telecomunicações, transportes, construção civil, metal-mecânica, entre outras, a fim de se tornarem mais adequadamente e resistentes às condições de agressividade de climas tropicais marinho, típicos do Ceará e do Nordeste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) COELCE/NUTEC/CENTEC. **Relatório do projeto de pesquisa de corrosão e degradação atmosférica dos materiais elétricos.** Dezembro de 2007.

(2) Montenegro, I. N. S.; Luna, A. M.; Pereira, N. A.; Filgueira, A. R. M.. **Estrutura Física e Monitoração do Projeto Corrosão e Degradação Atmosférica dos Materiais Elétricos do Ceará.** In: Congresso Latino Americano de Corrosão, 2006, Fortaleza. ABRACO. Rio de Janeiro, 2006.

(3) Montenegro, I. N. S.; Maia, A. L.; Luna, A. M.; Pereira, N. A.; Filgueira, A. R. M. . **Resultados Parciais da Classificação da Agressividade Atmosférica Quanto à Corrosão e Degradação Atmosférica dos Materiais Elétricos do Ceará.** In: Congresso Latino Americano de Corrosão, 2006, Fortaleza. ABRACO. Rio de Janeiro, 2006.

(4) Montenegro, I. N. S.; A. R. M. Filgueira. **Corrosão Atmosférica no Estado do Ceará.** In: II Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 2003, Salvador. Anais do II Citenel. Brasília: ANEEL, 2003, 2003. v. I. p. 1-596.

(5) Montenegro, I. N. S. . **Corrosão Atmosférica no Estado do Ceará.** In: 7ª Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos, 2003, Florianópolis. 7ª COTEQ / 23º CONBRASCORR, 2003.

(6) Montenegro, I. N. S. **Corrosão Atmosférica nos Materiais Utilizados no Setor Elétrico em Fortaleza.** 1996. Dissertação de Mestrado - Depto. de Química, UFRN, Natal, 1996.

(7) CYTED, **Corrosão e Proteção de Metais nas Atmosferas da Iberoamerica, Parte 1- Mapas da Iberoamerica de Corrosividade Atmosférica (Projecto Micat, Xy.1/Cyted)**, Editores: Manuel Morcillo - Centro Nacional de Investigaciones, CSIC - Madrid (España); M. Elisabete M. Almeida – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial - Lisboa (Portugal); Blanca M. Rosales – Instituto de Investigaciones Cientificas Y Técnicas de las Fuerzas Armadas - Buenos Aires (Argentina); Jorge Uruchurtu – Instituto de Investigaciones Eléctricas - Cuernavaca (México); Marcelo Marrocos – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Rio de Janeiro Brasil). 1998**.**

(8) Silva, J. R. A. **Productos eletro-eletrônico en ambientes tropicales.** Sitta Gráfica, Campinas, SP, 2003.

(9) Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 14643 - Corrosão atmosférica – Classificação da corrosividade de atmosferas**. Jan. 2001.

(10) International Electrical Congress – IEC. **IEC Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions** - IEC – 815. 1986.

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.