



**XVII REUNIÓN DE ADMINISTRADORES DE
PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS**

25 - 27 de septiembre, Punta Arenas - Chile

<i>XVII RAPAL</i>	
<i>DI</i>	<i>12</i>
<i>Presentado por:</i>	<i>Brasil</i>
<i>Fecha:</i>	<i>15 SET 2006</i>
<i>Versión:</i>	<i>-</i>
<i>Rev. N°:</i>	<i>-</i>
<i>Punto de Agenda:</i>	<i>12</i>

**TÍTULO: ESTAÇÃO DE CORROSÃO ATMOSFÉRICA
COMANDANTE FERRAZ - resultados preliminares (janeiro/2004 a
abril/2006)**

PAÍS: BRASIL

**AUTORES: Cristina Engel de Alvarez
Jordi G. Angelats
Manuel A. F. Castro**

ESTAÇÃO DE CORROSÃO ATMOSFÉRICA COMANDANTE FERRAZ: resultados preliminares (janeiro/2004 a abril/2006)¹

Cristina Engel de Alvarez²
Jordi G. Angelats³
Manuel A. F. Castro⁴

1 RESUMO

Os estudos específicos sobre a corrosão em elementos metálicos submetidos aos condicionantes antárticos se iniciaram em 2002, após a XII RAPAL, fruto da constatação pelos países participantes daquela reunião, da necessidade de se concentrar esforços para a busca de soluções a problemas comuns a todos os APAL. A partir de então, o Brasil tem desenvolvido estudos sistemáticos com a apresentação de resultados nas reuniões anuais subsequentes, realizadas em Montevidéu (2003), Guayaquil (2004) e Lima (2005).

Este artigo aborda especificamente os resultados do ensaio de corrosão não acelerado, realizados no período de janeiro de 2004 a abril de 2006, por meio da análise das imagens produzidas trimestralmente dos cupons (corpos de prova) instalados na Estação de Corrosão Atmosférica Comandante Ferraz, implementada pelo Brasil na Península Keller, Baía do Almirantado.

Embora o experimento esteja previsto para durar cinco anos, os resultados preliminares permitem afirmar que há uma perceptível influência do ambiente onde as superfícies são tratadas, visto que os corpos de prova pintados na Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) apresentaram pior desempenho do que aqueles de mesmo material com esquema de pintura realizado no Brasil. Observa-se ainda que a posição dos cupons em relação ao solo – 0°, 45° ou 90° - também interferem no grau de enferrujamento e, nas regiões de solda, quando aplicado um composto galvânico, tendem a ocorrer melhores resultados reduzindo a fragilidade desse ponto específico.

Os corpos-de-prova de aço *cor-ten* apresentaram a corrosão esperada, porém existe a necessidade de um maior tempo de observação para a análise efetiva dos resultados. Já os materiais considerados “nobres”, pelo alto custo de produção – como o alumínio e o titânio – estão apresentando excelentes resultados não sendo, ainda, realizados os estudos da relação custo x benefício ao longo da vida útil estimada.

¹ Parte da pesquisa foi financiada pelo CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

² Dra. Arquiteta, Coordenadora do Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.

³ M.Sc., Engenheiro Naval, Capitão-de-Fragata (EN), Gerente de Reparo de Navios Auxiliares do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, Marinha do Brasil.

⁴ Engenheiro Civil, Engenheiro de Tecnologia Militar, Departamento Técnico do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, Marinha do Brasil.

2 INTRODUÇÃO

Este artigo é o 4º de uma série iniciada após a XII RAPAL (2002), realizada em Buenos Aires, quando foi acordado, entre os países pertencentes ao grupo, a necessidade de concentração de esforços para estudar e solucionar problemas comuns, sendo a questão da corrosão um dos aspectos considerados como de maior relevância.

Em 2003, na XIV RAPAL, realizada em Montevidéu, foi apresentada a estratégia adotada pelo ARQUIANTAR⁵, destacando-se a busca da união de esforços entre uma instituição de pesquisa (UFES – Universidade Federal do Espírito Santo) e uma outra executora (AMRJ – Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro), resultando na elaboração da metodologia inicial (Alvarez e Souza, 2003) e posteriormente aprimorada com a criação do GT Corrosão junto ao AMRJ. Já naquele momento, ficava evidenciado que o objetivo de alcançar maior eficiência nas edificações metálicas, implantadas pelo Brasil na Antártica, significava não somente a busca na redução dos recursos humanos e financeiros necessários aos processos de manutenção, mas, também, na efetiva redução do impacto ambiental causado pelas superfícies em processo de corrosão, seja pela produção de lixo, pela grande quantidade de partículas levadas pelo vento e espalhadas na Baía do Almirantado, ou mesmo pelos impactos indiretos, tais como consumo de combustíveis, impacto visual, impacto acústico, dentre outros.

Em janeiro de 2004, foi instalada na Península Keller a Estação de Corrosão Atmosférica Comandante Ferraz (ECACF), composta inicialmente por dois suportes, totalizando 88 corpos de prova e com previsão de observações sistemáticas até 2009 (fig. 1). Posteriormente foi instalado um suporte adicional com 18 cupons, visando avaliar um esquema diferenciado de pintura, porém, a ênfase nas observações sistemáticas permaneceu no grupo de corpos de prova original. Os primeiros resultados obtidos com a ECACF foram apresentados durante a XV RAPAL, realizada em Guayaquil, no Equador (Angelats et al, 2004) e induziram o Brasil a realizar algumas modificações no esquema de pintura adotado para os procedimentos de manutenção das estruturas de Ferraz. A continuidade nas avaliações dos processos corrosivos dos corpos de prova instalados e os resultados efetivos observados a partir da prática de diferentes procedimentos em Ferraz produziram um novo artigo, apresentado na XVI RAPAL, realizada em Lima, no Peru (Angelats et al, 2005).

Considerando a importância dos ensaios não acelerados e a necessidade de complementação dos resultados apresentados anteriormente, foi enfatizado, neste artigo, a análise dos registros fotográficos dos corpos de prova (cupons) e os resultados comparativos obtidos desde a instalação da ECACF na Estação Antártica Comandante Ferraz.

⁵ O ARQUIANTAR – Arquitetura na Antártica - é a denominação dada ao único projeto de pesquisa tecnológica vinculado ao PROANTAR – Programa Antártico Brasileiro, atualmente coordenado pela Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.



Figura 1 – Suporte principal da Estação de Corrosão Atmosférica Comandante Ferraz.

3 OBJETIVO E MÉTODOS

Conforme definido em Alvarez e Souza (2003), o principal objetivo da Estação de Corrosão Atmosférica Comandante Ferraz é o estabelecimento de um “esquema de pintura” a ser adotado nos procedimentos de construção e manutenção das edificações que compõem a Estação Brasileira na Antártica, servindo também como local de ensaio para situações e materiais diferentes aos adotados pelo Programa Antártico Brasileiro, visando ampliar os resultados para outros países, especialmente aqueles pertencentes ao grupo RAPAL (Argentina, Chile, Equador, Peru e Uruguai).

Os procedimentos de confecção dos suportes e dos corpos de prova foram definidos por meio de normatização específica e apresentados em Angelats et al, 2004. A metodologia de análise sistemática dos cupons obedece à norma ABNT-NBR 5770, alicerçada principalmente no registro fotográfico trimestral ou quadrimestral dos cupons individualmente, objetivando avaliar a evolução do processo corrosivo e a determinação do grau de enferrujamento das superfícies (GE), sendo o índice F0 para os cupons isentos de corrosão e F1, F2, F3, F4 e F5 os níveis de corrosão subsequentes (Tab. 1). Para que os procedimentos de registro fotográfico pudessem ser efetuados por qualquer pessoa, mesmo não pertencente ao grupo de estudo, foi elaborada uma “Instrução de Trabalho” (IT-221-001), de âmbito interno, especificando claramente os procedimentos a serem adotados.

Tabela 1 - Determinação do grau de enferrujamento de superfícies pintadas conforme Norma ABNT-NBR-5770 .

GRAU DE ENFERRUJAMENTO	ENFERRUJAMENTO CORRESPONDENTE	ÁREA ESTIMADA DE ENFERRUJAMENTO AFLORANTE (%)	ÁREA ESTIMADA DE ENFERRUJAMENTO AFLORANTE COM ENFERRUJAMENTO SUBJACENTE (%)
F0	Isento de Ferrugem	0	0
F1	Figura 1 da norma	0,05	1
F2	Figura 2 da norma	1	3
F3	Figura 3 da norma	8	10
F4	Figura 4 da norma	15	30
F5	Figura 5 da norma	40	50

4 RESULTADOS

A fig. 2 apresenta um exemplo de seqüência de imagens no período entre janeiro de 2004 a abril de 2006 onde se verifica claramente a evolução do processo de corrosão no corpo de prova em epígrafe. Observa-se ainda a ausência de imagem em janeiro de 2005, ocasionada por perda do material fotografado por falha na mídia utilizada, destacando-se que, ocasionalmente, a obtenção de imagens era dificultada pelas condições climáticas.

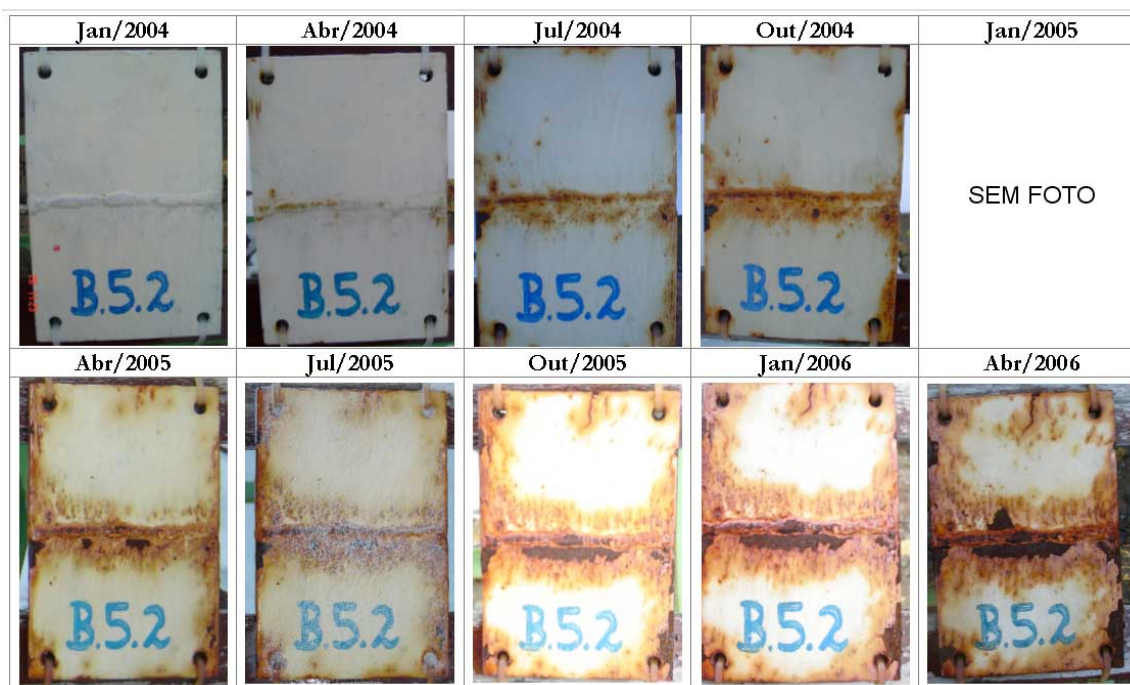


Figura 2 – Seqüência de imagens do corpo de prova B.5.2 ao longo do período de análise.

A tabela 2 apresenta o grau de enferrujamento (GE) dos corpos de prova da Estação de Corrosão Atmosférica Comandante Ferraz após 27 meses de exposição.

Tabela 2 - Grau de enferrujamento dos corpos de prova em abril de 2006.

ITEM	MATERIAL (Nº DO CORPO DE PROVA)	ESQUEMA DE PINTURA	LOCAL DE PINTURA	GE – GRAU DE ENFERRUJAMENTO
1	Aço Carbono Galvanizado a Quente (CP A.1.1, A.1.2 e A.1.3)	Alquídico	AMRJ	F1
2	Aço Carbono Galvanizado a Quente (CP A.1.5, A.1.4, e A.1.6)	Alquídico	EACF	F1
3	Aço Carbono Galvanizado a Quente (CP B.1.2, B.1.1 e B.1.3)	Epóxi sem Solvente	AMRJ	F0
4	Aço Carbono Galvanizado a Quente (CP B.1.6, B.1.4 e B.1.5)	Epóxi sem Solvente	EACF	F0
5	Aço Carbono (CP A.2.2, A.2.3 e A.2.1)	Alquídico	AMRJ	F2
6	Aço Carbono (CP A.2.5, A.2.6 e A.2.4)	Alquídico	EACF	F3
7	Aço Carbono (CP B.2.2, B.2.1 e B.2.3)	Epóxi sem Solvente	AMRJ	F0
8	Aço Carbono (CP B.2.6, B.2.4 e B.2.5)	Epóxi sem Solvente	EACF	F0
9	Aço Carbono + Filete de Solda (CP A.3.2, A.3.1 e A.3.3)	Alquídico	AMRJ	F2
10	Aço Carbono + Filete de Solda (CP A.3.5, A.3.4 e A.3.6)	Alquídico	EACF	F3
11	Aço Carbono + Filete de Solda (CP B.3.1, B.3.3 e B.3.2)	Epóxi sem Solvente	AMRJ	F0
12	Aço Carbono + Filete de Solda (CP B.3.6, B.3.4 e B.3.5)	Epóxi sem Solvente	EACF	F0
13	Aço Carbono + Filete de Solda + Galv. (CP C.1.3, C.1.2 e C.1.1)	Alquídico	EACF	F1
14	Aço Carbono + Filete de Solda + Galv. (CP D.1.2, D.1.3 e D.1.1)	Epóxi sem Solvente	EACF	F0
15	Aço Carbono Riscado (CP A.4.3, A.4.2 e A.4.1)	Alquídico	EACF	F3
16	Aço Carbono Riscado (CP B.4.1, B.4.3 e B.4.2)	Epóxi sem Solvente	EACF	F2
17	Aço Carb.+Fil. Solda+Galv.c/Pint s/Cont (CP A.5.2, A.5.1 e A.5.3)	Alquídico	EACF	F3
18	Aço Cor-tem (CP F.1.1, F.1.3 e F.1.2)	--	--	--
19	Aço Carbono sem Pintura (CP F.2.2, F.2.1, E.1.1, E.1.2, F.2.3, F.2.4, F.2.6, F.2.5, F.2.8, F.2.7 e F.2.9).	--	--	--
20	Titânio (CP F.3.1, F.3.2 e F.3.3)	--	--	--
21	Aço Carbono + Filete de Solda (CP B.5.1, B.5.3 e B.5.2)	Epóxi	EACF	F4
22	Aço Carbono (CP B.6.3, B.6.1 e B.6.2)	Epóxi NP	AMRJ	F1
23	Aço Carbono Galvanizado a Frio (CP F.4.3, F.4.1 e F.4.2)	--	--	F0
24	Alumínio (CP F.5.3, F.5.2 e F5.1)	--	--	--
25	Aço Carbono (Plano Vertical e Horizontal) (CP X.1.2 e X.1.1)	Alquídico	EACF	F2-F3

26	Aço Carbono + Filete de Solda + Galvanizado (Plano Vertical e Horizontal) (CP Y.1.1, Y.1.2, Y.1.3, Y.1.4, Y.1.5 e Y.1.6)	Alquídico	EACF	F2-F3
----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------	------	-------

A partir das observações constantes na tabela 2, pode-se efetuar as seguintes análises preliminares:

- Os cupons em aço carbono galvanizado a quente e esquema de pintura alquídico (itens 1 e 2) apresentam pequenos sinais de corrosão, observando-se apenas pequenos sinais de descolamento da tinta de acabamento nos corpos de prova pintados na EACF, com GE = F1. Já os cupons de mesmo material, porém com esquema de pintura epóxi sem solvente apresentam ótimo desempenho não havendo sinais de corrosão, podemos considerá-lo como GE = F0;
- Os corpos de prova referentes ao item 5 – aço carbono e pintura alquídica - apresentam sinais significativos de corrosão (GE = F2), destacando-se que o mesmo material e esquema, quando pintado na EACF, ocasiona uma progressão para GE = F3;
- O aço carbono, quando adotado o esquema de pintura com epóxi sem solvente, seja tratado no AMRJ ou na EACF (itens 7 e 8) apresentam ótimo desempenho, com GE = F0;
- Os corpos de prova em aço carbono com filete de solda e tratamento alquídico (itens 9 e 10) apresentam sinais evidentes de corrosão (GE = F2), destacando-se que, quando aplicado o esquema de pintura na EACF, ocorre uma progressão para GE = F3. Já o mesmo material, com filete de solda, quando submetido ao esquema de epóxi sem solvente (itens 11 e 12), apresentam ótimo desempenho com GE = F0. Se acrescentada a galvanização, quando aplicado o esquema de pintura alquídica (item 13), o resultado é de bom desempenho com os primeiros sinais de corrosão GE = F1, porém, se aplicado o esquema de epóxi sem solvente (item 14), o GE reduz para F0 demonstrando um ótimo desempenho;
- Nos corpos de prova em aço carbono riscado verifica-se o baixo desempenho, sendo pior a situação de pintura alquídica (item 15), com corrosão generalizada e GE = F3 em relação ao de pintura epóxi sem solvente, com GE = F2 (item 16);
- Os corpos de prova referentes ao item 17 apresentam sinais generalizados de corrosão podendo ser considerados GE = F3;
- Quando avaliados os corpos de prova referentes ao item 18, em aço *cor-tem* sem pintura, verifica-se um processo de corrosão uniforme, não apresentando mudanças significativas que possam ser observadas através das fotografias. Da mesma forma, os cupons em aço carbono sem pintura (item 19) apresentam corrosão generalizada, sendo de avaliação difícil por meio de imagens, prevendo-se posterior análise em laboratório;
- Como já previsto anteriormente, os corpos de prova referente ao item 20 (titânio) apresentam excelente desempenho, isento de corrosão;
- Os corpos de prova referentes ao item 21 apresentam o pior desempenho dos epóxios, podendo ser classificados como GE = F4;
- Os corpos de prova referentes ao item 22 apresentam bom desempenho com indícios de corrosão GE = F1;

- Os cupons produzidos em aço carbono galvanizado a frio, sem pintura (item 23), apresentam excelente desempenho com GE = F0, assim como o alumínio (item 24);
- No item 25, para o corpo de prova instalado no plano horizontal (X.1.2) verificou-se forte corrosão (GE = F2), porém, quando avaliado o corpo-de-prova instalado no plano vertical, (X.1.1) verifica-se uma ampliação do processo corrosivo com progressão do índice para GE = F3. Ainda observando-se o posicionamento dos corpos de prova, também no item 26, constatou-se que para aqueles instalados no plano vertical, ocorreu uma progressão para GE = F3, em relação àqueles instalados no plano horizontal (GE = F2). Já para os corpos-de-prova instalados no plano a 45°, observou-se um pequeno acréscimo de corrosão, podendo ser classificado entre GE= F2 e GE= F3.

As primeiras avaliações sinalizam que os dois esquemas de pintura em testes – referentes aos cupons instalados no suporte adicional -, estão apresentando resultados satisfatórios quando aplicados sobre superfícies de aço galvanizadas, porém, para superfícies não galvanizadas, os sinais de corrosão aparecem precocemente.

As atuais evidências demonstram que há uma perceptível influência na eficiência do processo como decorrência do ambiente onde as superfícies são tratadas, visto que os corpos de prova dos itens 6 e 10 apresentaram pior desempenho em relação aos dos itens 5 e 9, provavelmente por terem sido pintados na EACF.

A fragilidade da região das soldas, quando aplicado um composto galvânico, tende a apresentar bons resultados e deve ser mantida nos procedimentos adotados para Ferraz.

Os corpos-de-prova de aço *cor-ten* apresentam a corrosão esperada, porém existe a necessidade de um maior tempo de observação para a análise efetiva dos resultados. Já os materiais considerados “nobres” pelo alto custo de produção – como o alumínio e o titânio - estão apresentando excelentes resultados não sendo, ainda, realizados os estudos da relação custo x benefício ao longo da vida útil estimada.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

Observa-se que os principais esquemas de pintura estudados e passíveis de utilização imediata com os recursos humanos e materiais disponíveis, no âmbito do Programa Antártico Brasileiro, não apresentaram a performance esperada, assim, já está sendo avaliada a possibilidade de se explorar novos esquemas de pintura, inclusive os baseados em ferrugem protetora. No entanto, é importante esclarecer que, no cenário da pesquisa científica brasileira, tem sido constatada uma série de dificuldades, principalmente nos projetos de longo prazo que exigem, mesmo que de forma reduzida, algum investimento para a continuidade das ações, fato que nem sempre tem se verificado principalmente no setor voltado para o desenvolvimento tecnológico do Programa Antártico Brasileiro. Também deve ser enfatizado que a responsabilidade assumida pelo Brasil em 2002, junto aos países integrantes do grupo APAL, tem sido honrada, independente do apoio recebido, tanto na produção de novos conhecimentos como, principalmente, na divulgação e disponibilização dos resultados para qualquer nação interessada.

6 AGRADECIMENTOS

À Direção do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro; à Universidade Federal do Espírito Santo; às coordenações do PROANTAR (Programa Antártico Brasileiro) na SECIRM (Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) e no CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte técnico, financeiro e político de apoio a esta pesquisa.

Aos APAL, pela constante abertura de espaço para a apresentação e profícua discussão dos resultados obtidos por esta pesquisa.

7 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. E de, SOUZA, H. T. (2003) Estudo da corrosão nas edificações metálicas da Estação Antártica Comandante Ferraz In: XIV RAPAL - Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, 2003, Montevideo. **Documento de Informacion - RAPAL XIV**. Montevideo: Instituto Antártico Uruguayo, 2003.

ANGELATS, J. G., ALVAREZ, C. E. de, CASTRO, M. A. F., PALMA, M. A. W., SANTOS, S. D. O., FONTES, O. H. P. M., SOUZA, H. T. (2004) Estudo do processo de corrosão das estruturas metálicas da Estação Antártica Comandante Ferraz - Brasil In: XV RAPAL - Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, 2004, Guayaquil. **Documento de Informacion - RAPAL XV**. Guayaquil: Programa Antártico Ecuatoriano, 2004.

ANGELATS, J. G., ALVAREZ, C. E. de, SANTOS, S. D. O.; CASTRO, M. A. F. (2005) Resultados preliminares dos ensaios de corrosão (acelerado e não acelerado) visando a aplicabilidade em estruturas metálicas na Antártica. In: XVI RAPAL - Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, 2005, Lima, Peru. **Documento de Informacion - RAPAL XVI**. Lima: Programa Antártico Peruano, 2005.

Instrução de Trabalho IT-221-001 (2004): Fabricação, Preparação, Instalação, Monitoramento, Retirada e Análise dos Corpos-de-prova da Estação de Corrosão Atmosférica (ECA). Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, 2004 (documento interno).

NBR 5770 (1984): Determinação do grau de enferrujamento de superfícies pintadas. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1984.