

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

40 ANOS DE PROTEÇÃO CATÓDICA DO TERMINAL SALINEIRO DE AREIA BRANCA – CODERN – RN

Aldo Cordeiro Dutra^a

Abstract

The *Terminal Salineiro de Areia Branca* – offshore marine salt terminal – is composed of an artificial island, a 450m long bridge, a berthing and shiploading system, all built in steel structures, offshore Areia Branca area, in Rio Grande do Norte State, (Northeast Brasil) dedicated to embark marine salt, an important product of the State. The terminal was built during the years of 1971 to 1973. Its cathodic protection was designed by an American firm which used i) a galvanic system to protect the bridge and the loading and birthing ships structures; ii) an impressed current system to protect the outside and the inside of the island. Since the begin of its operation the systems were inspected under an annual frequency. Along all this time the current output of rectifiers was adjusted according to true necessities, as well as recovering some groundbeds. All areas of tides and splash zones were coated during construction with a high performance epoxy polyamide mastic which is in good condition up to now. Impressed current system has been exhausted and is being revitalized. Surprisingly a slow depolarization of submerged areas was observed, keeping characteristics of protection, up to now. The galvanic system is in an excellent condition.

Keywords: corrosion, cathodic protection, coating, galvanic anodes, anodes for impressed current.

Resumo

O Terminal Salineiro de Areia Branca é composto de uma Ilha artificial, uma ponte com 450m de extensão e um sistema de carregamento e atracação de navios, todos construídos com estruturas metálicas, em alto mar, ao largo de Areia Branca, no Estado do Rio Grande do Norte, (Nordeste do Brasil) destinado ao embarque de sal, um importante produto do Estado. O Terminal foi construído entre 1971 e 1973. A proteção catódica foi projetada por uma firma americana, que usou dois sistemas: i) um sistema galvânico para a ponte e todas as estruturas de carregamento e de atracação de navios; ii) um sistema por corrente impressa para proteção externa e interna da Ilha. Desde o início de sua operação, o sistema foi inspecionado numa frequência anual. Ao longo do tempo, executou-se ajustes da corrente dos retificadores às reais necessidades, bem como trabalhos de recuperação de alguns leitos de anodos. A zona de variação de maré e respingos de todas as estruturas foi revestida, na época da construção, com massa epoxi-poliamida, de alto desempenho que até hoje está em boas condições. O sistema de corrente impressa já chegou ao seu final e está sendo revitalizado. Surpreendentemente, observou-se um lento processo de despolarização das superfícies submersas, mantendo as características de proteção até agora. O sistema galvânico está em excelente condição até agora.

^a Engenheiro Mecânico, Consultor, Diretor da ABRACO

Palavras-chave: corrosão, proteção catódica, revestimento, anodos galvânicos, anodos para corrente impressa.

Introdução

Apresenta-se neste trabalho um resumo histórico das instalações de embarque de sal marinho do Estado do Rio Grande do Norte, hoje uma das unidades operacionais da Cia. Docas do Rio Grande do Norte – CODERN, considerando o desempenho do seu sistema de proteção catódica, ao longo de sua existência.

O Terminal Salineiro de Areia Branca é composto de uma Ilha artificial, complementada por uma ponte com 450 m de extensão e um sistema de atracação e de carregamento de navios, todos construídos com estruturas metálicas, num local situado a 15 km da costa, ao largo da cidade de Areia Branca, no Estado do Rio Grande do Norte. O objetivo do empreendimento foi permitir o eficiente embarque de sal marinho, um importante produto do Estado. A construção desse conjunto deu-se no período de 1971 a 1973. Sua proteção catódica foi incluída no projeto do terminal por demanda da sua projetista, uma conceituada empresa americana. O projeto da proteção catódica foi atribuído a uma empresa, também americana, de alto conceito no ramo. Foram utilizados dois sistemas distintos: (1) um sistema galvânico para a ponte e todas as estruturas de carregamento e de atracação de navios; 2) um sistema por corrente impressa destinado à proteção da Ilha propriamente dita.



Figura 1 – Vista aérea do Terminal, antes da sua ampliação

Sistema de proteção catódica galvânica e sistema de corrente impressa

O sistema galvânico foi destinado à proteção da ponte, às estruturas de carregamento e às estruturas de atracação de navios, todas elas estão apoiadas em estacas tubulares de aço, conforme ilustra a figura 2, e foram protegidos com anodos de liga de alumínio.

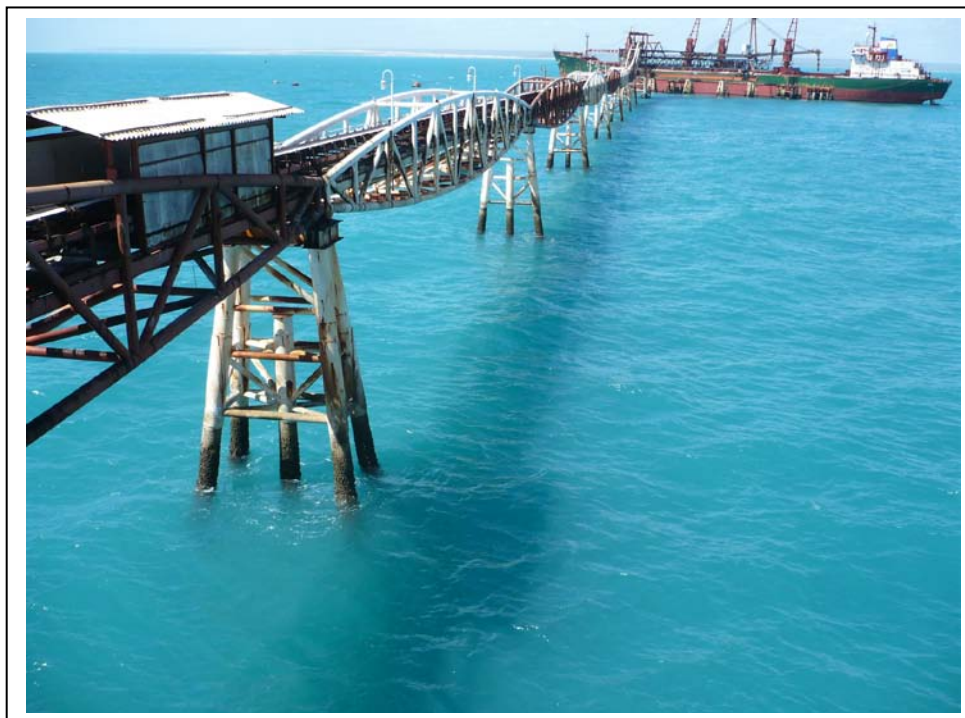


Figura 2 – Vista da ponte e sistema de carregamento de sal

O sistema de corrente impressa – tema deste trabalho - foi composto de 9 retificadores iguais, com alimentação de 380 V 60 Hz, da classe 20V 250A CC, cada um deles, associados a um conjunto de 270 anodos dos seguintes tipos:

1. Três anodos de grafite 3 cilíndricos, com 1,7 m de comprimento, um diâmetro de 61 cm e uma massa de 1.000 kg. Cada anodo foi fornecido dentro de um cilindro de aço de 2,2 m de comprimento e 0,76 m de diâmetro, contendo um enchimento de moinha de coque metalúrgico de moda que o conjunto tinha uma massa de 1,8 ton. O cabo de cada anodo era de bitola 4/0, do tipo submarino com várias camadas de isolamento e de armação metálica e, finalmente, uma proteção externa de fios de aço, perfazendo um diâmetro de aproximadamente 50 mm. Estes anodos destinavam-se à proteção externa da face da Ilha voltada para o leste, banhada por mar aberto.
2. 16 anodos da liga Pb-Sb-Ag, destinados à proteção das estruturas do paredão oeste da Ilha e mais as estacas tubulares de apoio do cais por onde o sal é descarregado das barcaças que o transportam a produção das salinas de Areia Branca até Macau.

3. 251 anodos da liga Fe-Si-Cr, com as dimensões de 50 mm de diâmetro e um comprimento de 1,5 m, destinados à proteção do interior das células e intercélulas que compõem a Ilha propriamente dita, e mais a superfície dessas células e intercélulas voltada para o interior da Ilha, conforme ilustrado no esquema da figura 3.

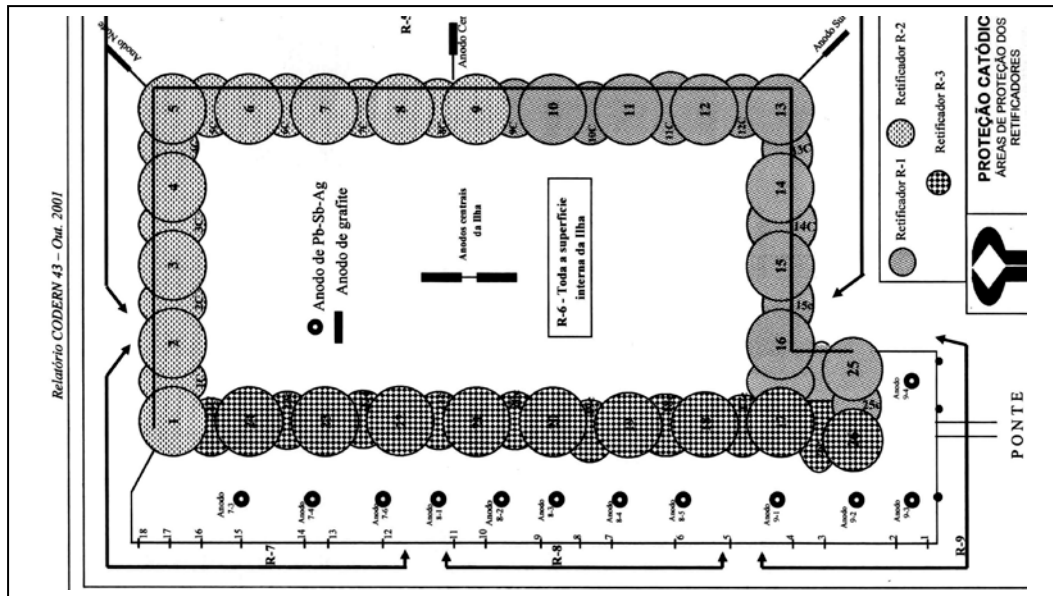


Figura 3 – Esquema da proteção da Ilha original

O sistema galvânico acabou de ser instalado no início de 1972 e o sistema de corrente impressa foi energizado em 01 de junho de 1974, com a carga total do sistema que chegou a uma corrente de 2.100 amperes, a uma tensão que variava de 4 a 13 V CC. Após feitas as correções iniciais de instalação e concluídos os ajustes finais, o sistema passou a ser inspecionado numa frequência anual. Ao longo do tempo, o sistema passou a demandar uma corrente cada vez menor, de modo tal que, aos 20 anos de operação, se tinha a proteção integral de todas as estruturas do sistema de corrente impressa com uma corrente total de apenas 600 amperes. A diminuição da corrente prosseguiu, agora associada a esgotamento de leitões de anodos, especialmente os de anodos de Fe-Si_Cr.

Quanto ao sistema galvânico, o desempenho tem sido exemplar. Embora tenha sido dimensionado para uma vida útil de 20 anos, ele já está com 40 anos e os potenciais estrutura/água de toda a área coberta situa-se acima dos -0,90 V versus o eletrodo de referência de Ag/AgCl. Recentemente, com apoio de mergulhadores, foi feito por amostragem um levantamento das dimensões dos anodos constatando-se uma quantidade remanescente de anodo suficiente para uma proteção por mais cerca de 10 anos.

Quanto às áreas de variação de maré e respingos, a proteção foi feita na época da construção do Terminal, com a aplicação de massa epóxi-poliamida submarina, de alto desempenho,

cobrindo desde a cota de maré mínima até o topo das células da Ilha. Nas estacas tubulares, a cota superior foi equivalente ao topo das células. Até hoje, após 38 anos de sua aplicação, esse revestimento ainda está cumprindo sua função, muito bem.

Por outro lado, a empresa que fez a pintura industrial das estruturas aéreas do Terminal, conhecedor das propriedades dessa massa epóxi, utilizou-a para duas funções eminentemente nobres, ou seja, o preenchimento de frestas e a proteção de cabeças de parafusos e porcas, conforme se ilustra na figura 4, a seguir. Também até hoje as frestas continuam preenchidas e as porcas e parafusos, protegidos.

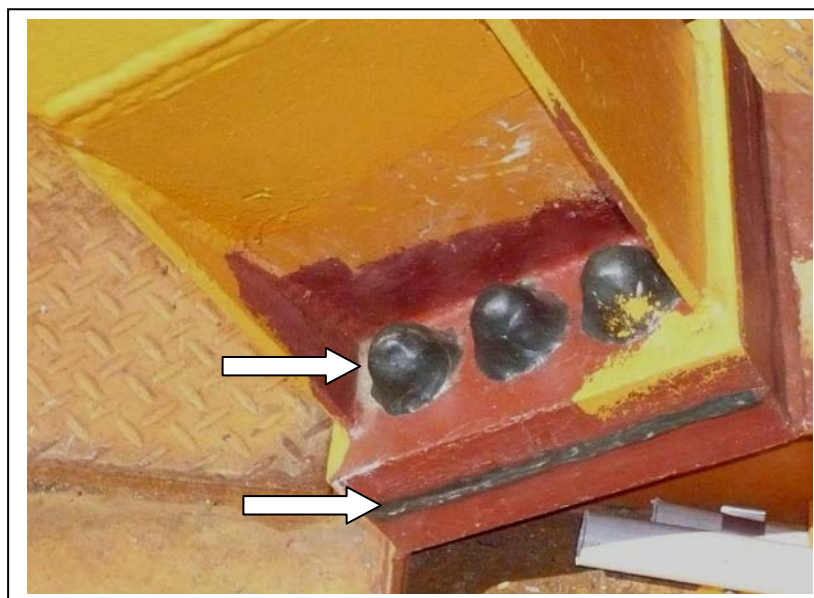


Figura 4 – Exemplo de parafusos e fresta protegidos com massa epóxi

Como problemas principais encontrados nestes 40 anos, merece destaque o esgotamento do leito de anodos do interior das células e intercélulas do paredão oeste, alimentado pelo retificador R-3. Estes anodos foram consumidos em 15 anos de operação. Calculando-se o consumo desses anodos em relação à corrente suprida pelo retificador, constatou-se que esse consumo foi aproximadamente 1,5 kg/A.ano, portanto muito superior ao esperado que seria de aproximadamente 0,35 kg/A.ano.

Problema semelhante ocorreu poucos anos mais tarde (em 1989) com o leito instalado no centro da Ilha, quando constatou-se a formação de um espaço vazio acima dos anodos, conforme ilustrado na figura 5. Provavelmente trata-se de um bolsão de cloro gerado na superfície do anodo e acumulado acima dele, pela incapacidade de alcançar a atmosfera.

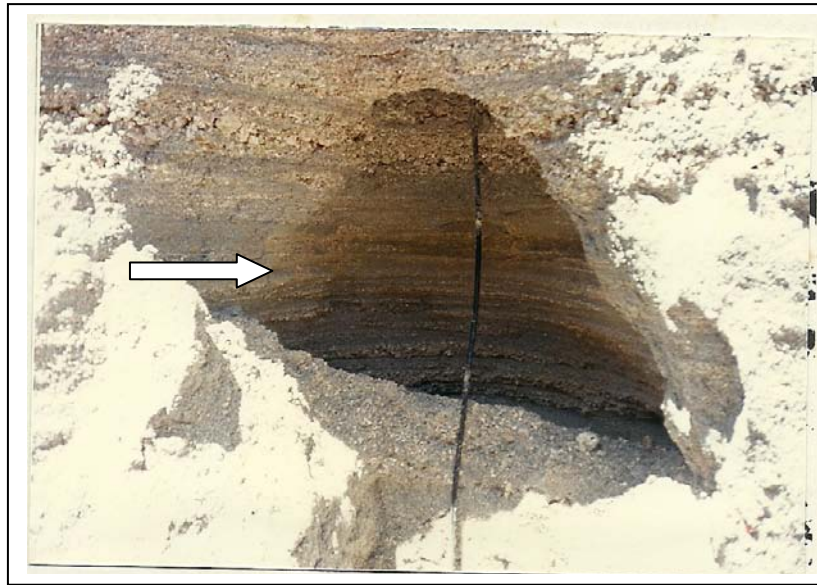


Figura 5 – Espaço vazio acima de um anodo enterrado

Problemas de menor porte foram assinalados por degola de cabos alimentadores de anodos individuais, por exemplo, no caso dos anodos de Pb-Sn-Ag instalados sob o cais de barcaças e de cabos distribuidores de leitos de anodos.

Quanto aos retificadores, também houve problemas, mas de pequeno porte, de modo que os reparos foram feitos pela equipe do próprio Terminal.

Finalmente relata-se os fenômenos observados ao final da vida do sistema, que está hoje sendo revitalizado, qual seja o inédito e extremamente lento processo de despolarização das superfícies submersas, mantendo as características de proteção. Cita-se como exemplo, que os anodos de grafite do paredão leste externo, alimentados pelo retificador R-5, ficaram inativos há mais de 3 anos por falha dos seus respectivos cabos de alimentação. No entanto os potenciais tiveram queda muito lenta e o processo de corrosão ainda não foi estabelecido, como exemplifica a figura 6.

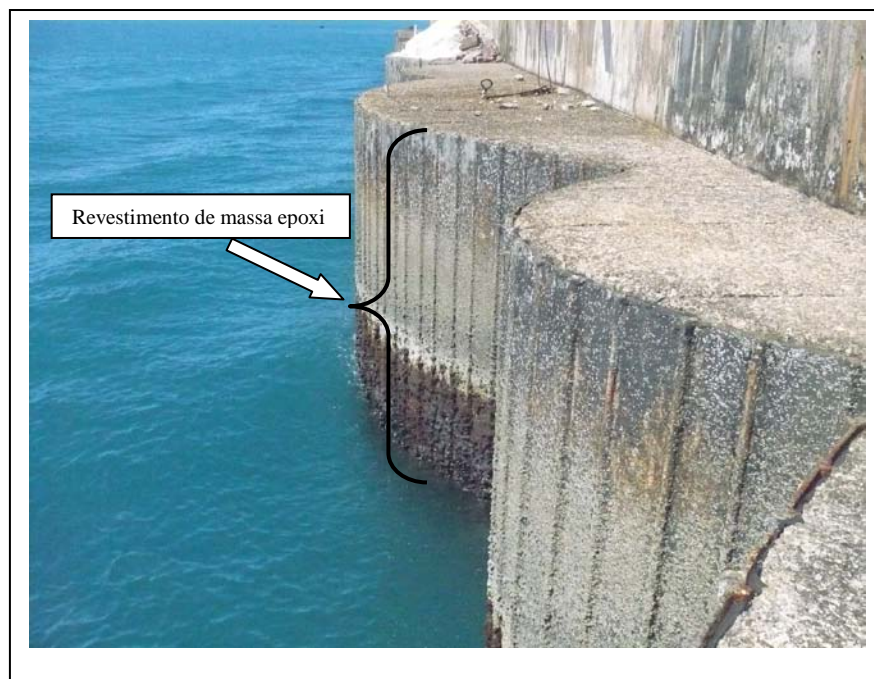


Figura 6 – Vista de células do paredão leste da Ilha, em excelente estado

Estudando-se o desempenho do sistema por intermédio da inspeção anual, quando sistematicamente se mede os potenciais estrutura/meio, tanto no lado do mar como no interior das células, foram encontrados valores correspondentes à despolarização dessas superfícies, num processo muito lento. Ao passo que não se registrou indícios de problemas de corrosão.

Esses potenciais estão relacionados na tabela 1, para o lado do mar, e na tabela 2, para as superfícies do interior das células. Os valores desses potenciais estão também associados ao valor das correntes liberadas pelos respectivos retificadores.

Tabela 1 – Dados correspondentes ao retificador R-1 que protegia o interior das células 9C a 26 (ver fig. 3)

| Data | Relatório nº | Intervalo (meses) | Tempo total (meses) | Corrente (A) | pot. Méd. (V x Ag/AgCl) |
|-------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------------|
| ago/87 | 30 | 0 | 0 | 50 | 0,95 |
| set/88 | 32 | 13 | 13 | 50 | 0,84 |
| jan/92 | 35 | 40 | 53 | 55 | 0,92 |
| jan/93 | 36 | 12 | 65 | 50 | 0,85 |
| jul/93 | 37 | 6 | 71 | 80 | 0,87 |
| dez/95 | 39 | 29 | 100 | 110 | 0,92 |
| fev/97 | 40 | 14 | 114 | 35 | 0,84 |
| jan/98 | 41 | 11 | 125 | 40 | 0,84 |
| jan/00 | 42 | 24 | 149 | 30 | 0,89 |
| out/01 | 43 | 21 | 170 | 10 | 0,83 |
| fev/03 | 44 | 16 | 186 | 42 | 0,74 |
| jul/04 | 45 | 17 | 203 | 0 | 0,68 |
| jun/06 | 47 | 23 | 226 | 0 | 0,67 |
| fev/07 | 48 | 8 | 234 | 0 | 0,68 |
| mar/08 | 49 | 13 | 247 | 0 | 0,64 |
| jul/10 | 51 | 28 | 275 | 0 | 0,63 |

A corrente é expressa em amperes e o potencial, em volt negativo.

Estes dados se acham representados no gráfico da figura 7, a seguir.

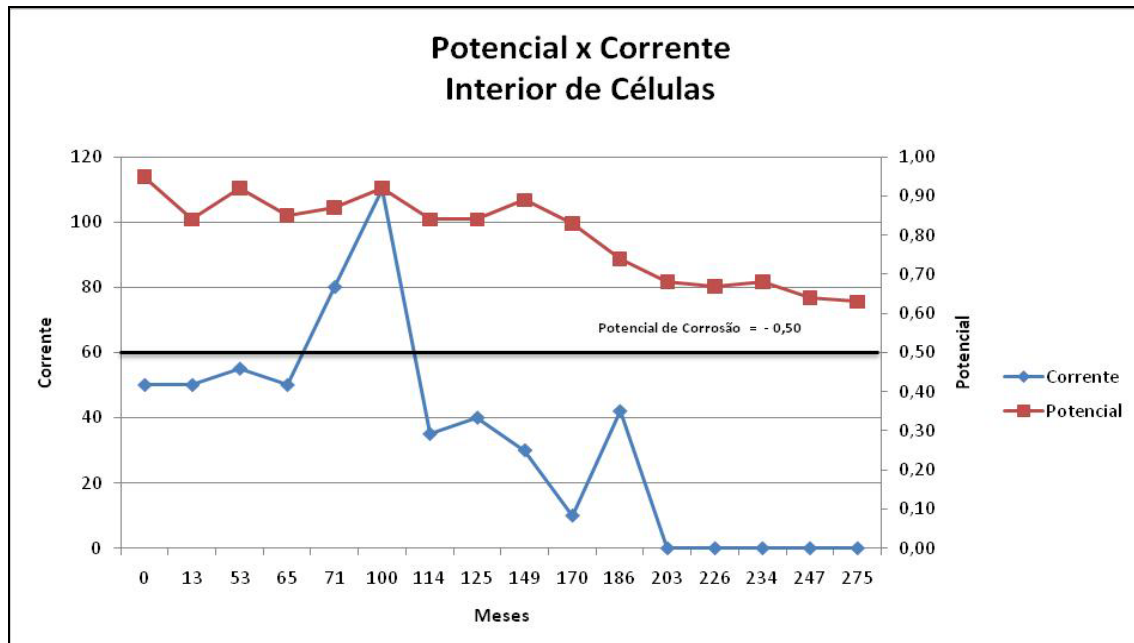


Figura 7 – Gráfico correspondente aos dados da Tabela 1

A Tabela 2 apresenta os dados referentes ao paredão leste da Ilha (lado superior visto na figura 3) que era protegido pelo Retificador R-5. A figura 8 mostra o gráfico.

Tabela 2 – Dados correspondentes ao retificador R-5 que protegia o paredão leste e sul da Ilha – face externa das células 5 a 26 (ver figura 3)

| Data | Relatório n° | Intervalo (meses) | Total (meses) | Corrente (A) | Pot. médio (V Ag/AgCl) |
|--------|--------------|-------------------|---------------|--------------|------------------------|
| ago/87 | 30 | 0 | 0 | 63 | 0,97 |
| set/88 | 32 | 13 | 13 | 50 | 0,98 |
| jan/92 | 35 | 40 | 53 | 70 | 0,99 |
| jan/93 | 36 | 12 | 65 | 65 | 0,92 |
| jul/93 | 37 | 6 | 71 | 65 | 0,97 |
| dez/95 | 39 | 29 | 100 | 30 | 0,89 |
| fev/97 | 40 | 14 | 114 | 30 | 0,85 |
| jan/98 | 41 | 11 | 125 | 30 | 0,84 |
| jan/00 | 42 | 24 | 149 | 30 | 0,87 |
| out/01 | 43 | 21 | 170 | 25 | 0,84 |
| fev/03 | 44 | 16 | 186 | 55 | 0,79 |
| jul/04 | 45 | 17 | 203 | 66 | 0,77 |
| jun/06 | 47 | 23 | 226 | 60 | 0,75 |
| fev/07 | 48 | 8 | 234 | 62 | 0,73 |
| mar/08 | 49 | 13 | 247 | 60* | 0,68 |
| jan/09 | 50 | 10 | 257 | 0 | 0,71 |
| jul/10 | 51 | 18 | 275 | 0 | 0,67 |

(*) Corrente estimada em virtude de falha no circuito de alimentação do anodo

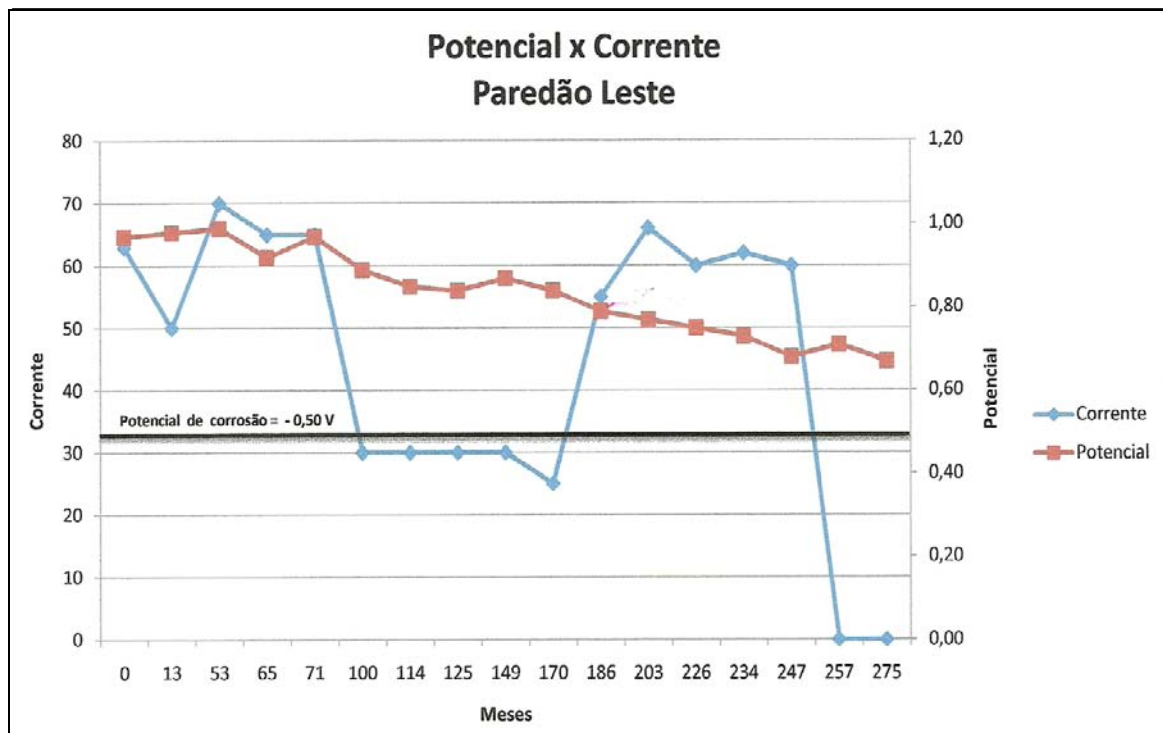


Figura 8 – Gráfico correspondente aos dados da Tabela 2

Informações complementares

Recentemente o Terminal foi ampliado para aumentar a área de estocagem de sal com a quase duplicação da Ilha, segundo um projeto no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), do Governo Federal, aumentando também a capacidade de embarque de sal, de modo a carregar navios de maior tonelagem, em menor tempo, contribuindo significativamente para a economia do Estado do Rio Grande do Norte. Esta ampliação da Ilha foi dotada de um novo sistema de proteção catódica por corrente impressa que será acoplado ao sistema antigo que está sendo revitalizado, para transformá-los num moderno sistema unificado.

Conclusões

Como conclusões mais importantes destacam-se dois pontos, em particular para o sistema de corrente impressa. Em primeiro lugar, o indispensável acompanhamento operacional dos retificadores e uma inspeção, no mínimo anual, por especialista que esteja disponível para colaborar nos eventuais problemas e supervisione as soluções que permitam restabelecer o sistema, no caso de colapso.

O segundo ponto é a constatação recente de que um sistema de proteção catódica por corrente impressa, de estrutura marítima com muitos anos de atuação, desenvolve uma indiscutível estabilidade de sua polarização que, mesmo sem corrente de proteção, permite manter as estruturas imunes à corrosão por um prazo significativo, conforme aconteceu no Terminal de Areia Branca, da CODERN.

Agradecimentos

O autor registra aqui os seus sinceros agradecimentos à Diretoria da Companhia Docas do Rio Grande do Norte – CODERN, por intermédio do seu Diretor Técnico, Prof. Dr. Hanna Yusef Emile Safier, pela gentileza de autorizar esta publicação.

Referências

Mais de 50 relatórios técnicos reservados referentes às inspeções realizadas desde a fase de projeto do empreendimento, até os dias de hoje, encaminhados à CODERN.