

PILHA GEOLÓGICA

ENG.º EDUARDO GOMES DOS REIS (*)

Quando uma tubulação contínua e eletricamente condutora estiver assentada em um solo com diferentes graus de agressividade, uma corrente elétrica sairá da tubulação, das zonas mais agressivas e retornará à mesma, através do solo, pelas zonas menos agressivas. O circuito será fechado pela própria tubulação, e o fenômeno que ocorre é amplamente conhecido pelo nome de pilha geológica.

Por conseguinte, nos locais de saída de corrente haverá corrosão, e polarização nos locais de entrada.

Na realidade a pilha geológica não passa de uma pilha eletroquímica comum, onde o eletrólito é o solo envolvente; funcionando como ânodo o trecho da tubulação situada nas zonas mais agressivas, e como cátodo, a parte restante, onde é menor a agressividade do solo.

Isoladamente, os dois trechos da adutora poderão sofrer corrosão. Mas havendo continuidade elétrica entre eles, o fluxo de elétrons que percorrerá a tubulação, partindo das zonas mais agressivas para as menos agressivas, protegerá galvanicamente estas últimas, e acelerará o ataque nas primeiras.

Se uma tubulação metálica, nas condições anteriores, possuir um bom isolamento externo, de modo a não haver contato entre o metal e o solo, evidentemente não haverá formação de pilha geológica.

A força eletromotriz dessa pilha dependerá portanto da eletropositividade do metal constituinte da tubulação (em geral aço doce, ferro nodular, ou ferro fundido cinzento) da diferença de agressividade do solo, e da qualidade do revestimento protetor externo. Conclui-se então que uma tubulação metálica nua, nas condições de pilha geológica, apresentará uma força eletromo-

triz bem maior do que quando revestida externamente.

Dependendo ainda da resistência elétrica da própria tubulação, poderá haver maior corrosão eletroquímica localizada do que por efeito da pilha geológica. Isso se dará quando as zonas anódicas se distanciarem muito das zonas catódicas, tornando-se muito grande a resistência elétrica oferecida pela própria tubulação.

Dar-se-á o mesmo em tubulações de concreto protendido, quando a sua continuidade elétrica for feita por intermédio das espiras de aço da protensão.

O corte da continuidade elétrica de uma tubulação nas condições anteriormente citadas, poderá eliminar o efeito de pilha geológica permitindo apenas a corrosão eletroquímica localizada, de efeitos menos desastrosos, e de mais fácil eliminação por meio das proteções catódica ou galvânica.

Entretanto o revestimento protetor externo, com o decorrer dos anos poderá deteriorar-se, diminuindo a sua capacidade isolante. Um mau assentamento da tubulação, com reaterro contendo cascalhos, restos de pedra britada, ou pedaços de piçarra, poderá ferir o revestimento externo, expondo o metal da tubulação ao contato com o solo. Trincas ou fissuras do revestimento poderão produzir o mesmo efeito.

De qualquer modo, havendo diminuição da rigidez dielétrica do revestimento externo, poderá haver maior ou menor ataque do metal pelo solo, ao longo de toda a tubulação, formando a já denominada pilha geológica.

Assim sendo, vamos supor uma tubulação de aço revestida externamente, e ao longo da qual foi feito o levantamento do seu potencial em relação ao solo envolvente, por meio de um eletrodo de comparação, que poderá ter sido o eletrodo de sulfato de cobre saturado, por exemplo.

(*) Engenheiro da SABESP.

Como se sabe, o potencial absoluto da tubulação relativamente ao solo envolvente, é igual à soma do potencial medido e do potencial do próprio eletrodo. Chamando pois E_a o potencial absoluto, E_m o potencial medido, e E_e o potencial do próprio eletrodo, tem-se sempre

$$E_a = E_m + E_e$$

Para não prolongar demasiadamente a presente notícia, admitiremos a mesma tubulação em aço doce com diâmetro interno de 800 mm e $\frac{1}{4}$ " de espessura, que serviu para o exemplo do nosso trabalho denominado «Corrosão e Proteção Catódica», publicado no número 91 da Revista DAE, do mês de Setembro de 1973.

A resistência elétrica daquela tubulação era de $1,0568 \times 10^{-5}$ ohm/m. Vamos agora considerá-la com um revestimento externo em estado precário, isto é, com uma resistência de apenas 2000 ohm/m². Portanto, a resistência elétrica desse revestimento por metro de tubulação será

$$t = \rho \frac{L}{S} = \frac{2000}{0,8127 \pi} = 783 \text{ ohm/m}$$

Neste exercício admitiremos essa tubulação com 3000 m de comprimento, assentada em zonas de maior e menor agressividade. A figura 1, apresenta o diagrama (hipotético) dos potenciais absolutos da adutora em relação ao solo, e na figura 2, vê-se o diagrama das diferenças de potenciais absolutos, entre pontos equidistantes, situados nas zonas anódicas e catódicas.

Antes de continuarmos o exercício, vamos tecer algumas considerações teóricas sobre o assunto. Admitamos dois pontos da tubulação, A e B, equidistantes dos extremos, como mostra a figura 1. Sendo E_a o potencial absoluto da adutora em relação ao solo no ponto A, e E_b o seu potencial absoluto no ponto B, e se considerarmos dois trechos de tubulação de comprimento ΔX , tendo como centros os pontos A e B, fluirá pelo solo, de A para B, uma corrente elétrica de intensidade ΔI , fechando o circuito através da própria tubulação, como dissemos anteriormente.

Isso será verdade se E_a for maior do que E_b .

Essa corrente ΔI terá o seguinte valor

$$\Delta I = \frac{E_a}{t_a} \Delta X - \frac{E_b}{t_b} \Delta X \quad (1)$$

Passando ao limite, teríamos

$$dI = \left(\frac{E_a}{t_a} - \frac{E_b}{t_b} \right) dx \quad (2)$$

e a corrente total que fluirá das zonas anódicas para as zonas catódicas será

$$I = \int \left(\frac{E_a}{t_a} - \frac{E_b}{t_b} \right) dx \quad (3)$$

Na figura 2, tendo sido feito o diagrama das diferenças de potenciais absolutos entre pontos equidistantes dos extremos, a região S_a será toda anódica em relação ao restante de tubulação, onde o potencial absoluto será nulo.

Transformando a fórmula (2), teremos

$$dI = \frac{E_a t_b - E_b t_a}{t_a t_b} dx \quad (4)$$

Aplicando a fórmula (4) à figura 2, onde $E_b = 0$, teremos

$$dI = \frac{E'_a}{t_a} dx \quad (5)$$

Portanto, a corrente total que fluirá das zonas anódicas para as zonas catódicas será

$$I = \int_0^{L_1} \frac{E'_a}{t_a} dx \quad (6)$$

Se a resistência elétrica do revestimento for constante, ou tomarmos o seu valor médio nas zonas anódicas, e a denominarmos t , acharemos

$$I = \frac{1}{t} \int_0^{L_1} E'_a dx = \frac{S_a}{t} \quad (7)$$

sendo S_a a área representativa das diferenças de potenciais entre as zonas anódicas e catódicas, como mostra a figura 2.

Se G_A for o centro de gravidade da área S_a , e G_B o centro de segmento L_2 , e chamarmos d a distância horizontal entre G_A e G_B , a força eletromotriz dessa pilha geológica, será

$$E = I R d \quad (8)$$

ou

$$E = \frac{S_a}{t} R d \quad (9)$$

sendo R , como dissemos anteriormente, a resistência elétrica da própria tubulação, por unidade de comprimento.

Voltando ao nosso exercício, achamos da figura 2, $S_a = 3,04 \times 1500 = 4560$ volt/m.

A corrente total que percorrerá a tubulação, entre os pontos G_A e G_B , será, segundo a fórmula (7)

$$I = \frac{S_a}{t} = \frac{4560}{783} = 5,82 \text{ ampères}$$

A diferença de potencial entre os pontos G_A e G_B será segundo a fórmula (8),

$$E = 5,82 \times 1,0568 \times 10^{-5} \times 1650 = 0,1015 \text{ volt}$$

Realmente, se na figura 2 tomarmos dois segmentos de tubulação de comprimento ΔX , equidistantes dos extremos, e sendo ΔI a corrente que flue do segmento anódico para o catódico, através do solo, a diferença de potencial entre esses dois segmentos, distantes entre si da grandeza Z_a , será

$$\Delta E = R Z_a \Delta I$$

ou

$$\Delta E = R Z_a \frac{E'_a}{t_a} \Delta X$$

Se R e t_a forem constantes, ou tomarmos o seu valor médio, que chamaremos R e t , obteremos

$$\Delta E = \frac{R}{t} Z_a E'_a \Delta X$$

passando ao limite, acharemos

$$dE = \frac{R}{t} Z_a E'_a dx$$

e

$$E = \frac{R}{t} \int_0^{L_1} Z_a E'_a dx$$

ou

$$E = \frac{Rd}{t} S_a \quad (9)$$

sendo d a distância entre os centros de gravidade das zonas anódicas e catódicas.

Verificamos assim, através das fórmulas (7) e (9), que a força eletromotriz e a intensidade da corrente da pilha geológica, dependerão, além

dos potenciais tubo solo, da condutibilidade da tubulação e da qualidade do seu revestimento externo.

Vemos daí, a importância representada por um bom revestimento externo, e por um bom assentamento, quanto aos efeitos danosos da pilha geológica.

O ataque iniciar-se-á nos locais da zona anódica, que apresentarem maiores diferenças de potencial em relação às áreas vizinhas.

Vamos admitir agora que essa tubulação não tenha nenhum revestimento externo. Neste caso precisaremos conhecer a sua resistência terra, que pode ser medida diretamente ou calculada por meio da resistividade do solo envolvente.

Vamos ainda admitir que neste caso de tubulação de aço nua, o diagrama da diferença de potenciais continue o mesmo e que a sua resistência terra seja o dobro daquela do exercício apresentado no número 91 da Revista DAE, isto é, cerca de 7 ohms por metro. Assim sendo, a fórmula (7) nos dará

$$I = \frac{S_a}{t} = \frac{4560}{7} = 651 \text{ ampères}$$

A força eletromotriz dessa pilha será, segundo a fórmula (8)

$$E = IRd = 651 \times 1,0568 \times 10^{-5} \times 1650 = 11,35 \text{ volt}$$

Os resultados que acabamos de obter, isto é, a força eletromotriz e a corrente dessa pilha geológica constituída pela tubulação de aço nua, têm eloquência própria, dispensando qualquer outro comentário.

O diagrama do levantamento dos potenciais das zonas anódicas e catódicas, para efeito da determinação da pilha geológica, pode apresentar-se sob as mais variadas formas.

Há ocasiões em que as zonas anódicas ocupam a maior parte da tubulação, restando pequena extensão desta para as zonas catódicas. Poderá dar-se também o contrário, quando as zonas anódicas ocuparem apenas pequena parte da adutora.

É necessário pois, bastante critério para se construir o diagrama das diferenças de potenciais entre as duas zonas, quando se pretende determinar a corrente de curto circuito da pilha geológica, assim como localizar o corte da sua continuidade elétrica.

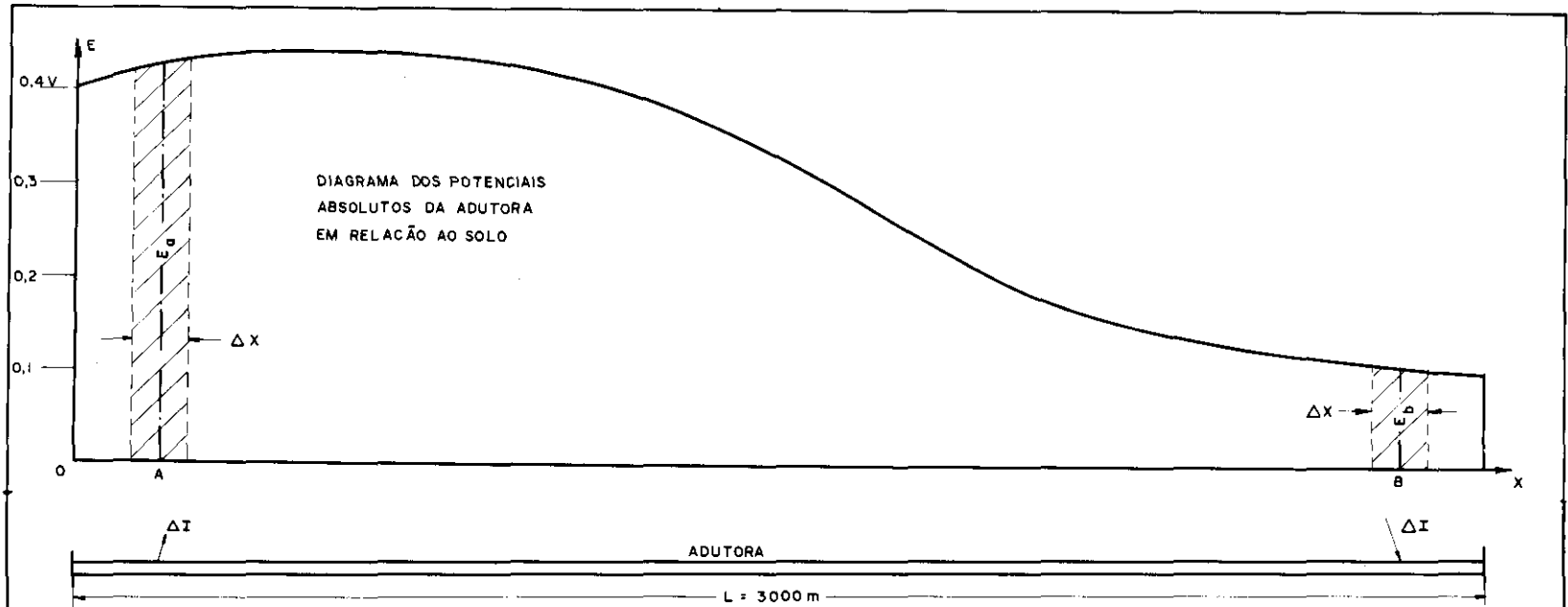


FIG. 1

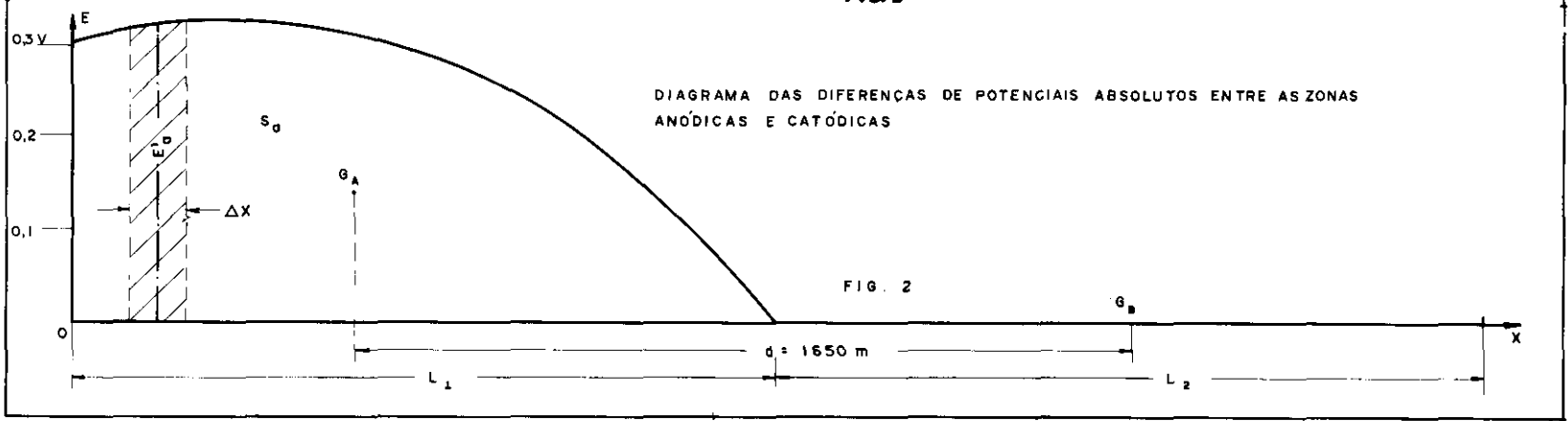


FIG. 2