

## Potencial corrosivo do solo próximo a canais de concreto e dutos metálicos usados para transporte de água no sertão de Alagoas

*Corrosive potential of the soil near concrete channels and metal pipelines used to carry water in the sertão of Alagoas*

Adriana Nery Gomes Souto Paz de Melo<sup>1</sup>, Érika Larissa Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Suzana Pedroza da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UFRPE/UAST, Pernambuco, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE/UAG, Pernambuco, Brasil.

Todos autores contribuíram de forma igualitária

### Palavras-Chave

construção  
agressividade do solo  
análise de corrosividade

### RESUMO

O transporte de água por canais de concreto e dutos metálicos é amplamente utilizado no sertão nordestino, por causa da escassez de água. Os dutos são instalados sob o solo, qual pode ser um meio corrosivo neste tipo de obra. A corrosão ocasiona mudanças nas propriedades dos materiais podendo causar fissuras e rupturas das estruturas construídas. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e avaliar a agressividade do solo e a influência de algumas variáveis no processo de corrosividade do solo próximos a canais de concreto e dutos metálicos para transporte de água. Foram determinados: pH, Ca, Mg, P, K, Na, Al, H, Fe, Cu, Zn, Mn, MO, calculadas a soma das bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), percentagem de saturação por alumínio (m%) e percentagem de saturação por bases (V%). Para análise de corrosividade foi utilizado o índice de Steinrath. O solo estudado apresentou composição diversificada em alguns pontos, e foi classificado como sem agressividade ou pouco agressivo. Portanto, possui condições favoráveis para a construção do canal em concreto e possibilita boa durabilidade das estruturas metálicas enterradas neste trecho da construção do canal duto viário para o transporte de água.

### Key-word

construction  
soil Aggression  
corrosivity analysis

### ABSTRACTS

*Water transport through concrete channels and metallic ducts is widely used in the Sertão of the northeastern, where it is necessary to supply the lack of water. The ducts are installed under the ground, which can be a corrosive environment in this type of work.. Corrosion causes changes in the properties of the materials and can cause cracks and ruptures of the built structures. The aim of this work was to characterize and evaluate the soil aggressiveness and the influence of some variables in the soil corrosivity process near concrete channels and metallic ducts for water transport. The values of C, Mg, P, K, Na, Al, H, Fe, Cu, Zn, Mn, MO were calculated, the sum of the bases (SB), cation exchange capacity (CTC) saturation by aluminum (m%) and percentage of saturation by bases (V%). The Steinrath index was used for corrosivity analysis. The studied soil presented diverse composition in some points, and was classified as without aggressiveness or little aggressive. Therefore, it has favorable conditions to construction of the canal in concrete and it allows good durability of the metal structures under the ground in this section of the construction of the canal to water transportation.*

### Informações do artigo

Recebido: 14 novembro, 2018

Aceito: 17 dezembro, 2018

Publicado: 20 dezembro, 2018

## Introdução

As construções para o transporte de água por canais e dutos se tornaram uma atividade bastante frequente nos últimos anos, devido sua eficácia em suprir as necessidades da população. Apesar desse tipo de construção trazer inúmeros benefícios, ela também pode gerar preocupações como impactos ambientais e deficiência na própria estrutura da obra, com a possibilidade de ocorrer vazamentos e derramamentos da água transportada (LIU et al., 2010).

Um dos fatores que influenciam na estrutura de adutoras é a corrosão (OKIONGBO; AKPOFURE, 2012; YAHAYA et al., 2011). A corrosão é um processo de deterioração dos materiais. Trata-se de um problema muito frequente e ocorre em diversas atividades como em construções. A forma com que ocorre a corrosão depende de algumas variáveis, como o material, o meio corrosivo e as condições operacionais do meio no qual o material está inserido (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013; GENTIL, 2012; SILVA et al., 2015).

A fase sólida do solo corresponde a 45% de seu material constituinte, em geral provenientes do intemperismo sofrido por rochas locais ou até mesmo mais distantes. A fase líquida do solo corresponde a 25% de sua composição originária da precipitação de águas de chuvas, sereno, neblina, orvalho e degelo, que em solução, contenha substâncias presentes nas fases sólidas e líquidas.

A fase gasosa do solo corresponde a 25% de sua composição e é proveniente do ar existente na superfície, acrescido de quantidades variadas de gases biodegradados de matéria orgânica, com abundância de dióxido de carbono (biodegradação aeróbia), metano (biodegradação anaeróbia), entre outros. Os 5% restantes da composição do solo, correspondem à matéria orgânica, tais como folhas, frutos, galhos, ramos, resto de animais, excrementos, entre outros resíduos que podem estar tanto na fase sólida quanto na líquida. A formação do húmus proveniente da biodegradação da matéria orgânica, geralmente, determina as propriedades físicas e características agrícolas do solo (DEB; SHUKLA, 2011).

O solo e a água são os dois principais meios corrosivos quando se trata de construções de transporte de água (SILVA, MELO e SILVA, 2017). O solo é considerado um meio corrosivo de bastante complexidade, tanto pela sua composição e riqueza de suas propriedades, quanto pelo fato de possuir interação com o meio ambiente, podendo ser caracterizado de diversas maneiras (GENTIL, 2012; LOUREIRO; BRASIL e YOKOYAMA, 2007; NÓBREGA et al., 2003).

O estudo do comportamento do solo como meio corrosivo é de grande importância para determinação prévia de sua ação agressiva, e assim estabelecer manutenções e prevenir desgastes e acidentes nas construções, evitando prejuízos econômicos e ambientais (CASTRO, 2013; GENTIL, 2012; YAHAYA et al., 2011).

A resistividade do solo, por exemplo, é um dos parâmetros mais importantes a ser medido nos critérios de avaliação de corrosividade do solo e em estudos de processos corrosivos de estruturas metálicas enterradas (YAHAYA et al., 2011).

A baixa resistividade indica que há uma grande quantidade de corrente elétrica fluindo entre as áreas anódicas e catódicas na superfície do metal, acelerando o seu processo corrosivo, enquanto que a alta resistividade tende a bloquear a passagem dessa corrente no solo, diminuindo a incidência de processos corrosivos (SILVA; BRASIL, 2010; YAHAYA et al., 2011).

Os critérios de avaliação da corrosividade do solo são baseados nas propriedades físico-químicas, biológicas e um número determinado de variáveis que ao serem avaliadas em conjunto, são capazes de determinar o nível de agressividade global do solo (OKIONGBO e AKPOFURE, 2012; SILVA e BRASIL, 2010).

Existem diversos critérios para se determinar a ação corrosiva do solo: o Índice de Steinrath, Robinson, Acidez, Booth, Girard, Gotlieb e Vieira e, a Norma DIN 50929 (SILVA, MELO e SILVA, 2017).

Para o Critério de Robison é considerada a análise da resistividade; para o Critério de Acidez a avaliação é determinada por intermédio do pH do solo; para o Critério de Starkey e Wicht se analisa o potencial redox; para o Critério de Booth se analisa a resistividade, potencial redox e teor de umidade do solo; para o Critério de Girard se avalia a umidade de saturação, resistividade do extrato aquoso e acidez total e, para o Critério de Gotlieb e Vieira são analisados a resistividade, sais solúveis, acidez total e coeficiente de despolarização.

Outros Critérios também são consideráveis, tais como: a avaliação da corrosividade por ensaios eletroquímicos, avaliação pela norma alemã DIN 50929, por diagrama de pourbaix e avaliação da corrosividade por ensaios de perda de massa. (LOUREIRO, BRASIL e YOKOYAMA, 2007)

No entanto, um dos critérios mais completos para identificar a ação corrosiva do solo é o Índice de Steinrath, pela quantidade de parâmetros analisados e a relação entre estes parâmetros para a classificação de corrosividade do solo (LOUREIRO, BRASIL e YOKOYAMA, 2007). A classificação de corrosividade do solo pelo Critério do Índice de Steinrath é feita com base em sete parâmetros: resistividade, potencial redox, pH, teor de umidade, íons cloreto, íons sulfato e íons sulfeto. Onde o somatório dos pontos atribuídos a cada parâmetro classifica o solo numa das seguintes categorias: sem agressividade, pouca agressividade, média agressividade ou alta agressividade (LOUREIRO, BRASIL e YOKOYAMA, 2007).

O estado de Alagoas vem realizando um projeto de grande porte e importância, Canal do Sertão Alagoano, para transporte de água do rio São Francisco para a região do sertão e agreste do estado a fim de suprir as necessidades da população, como a utilização da água para consumo humano, irrigações agrícolas e dessedentação dos animais.

As regiões do sertão e agreste alagoano possuem características climáticas adversas e as frequentes secas fazem com que os habitantes da região tenham problemas críticos. Este projeto parte do município de Delmiro Gouveia, chegando à cidade de Arapiraca.

O Canal do Sertão inicia-se através de uma estrutura de tomada d'água, associada a uma estação implantada em um dos braços do reservatório de Moxotó, junto ao povoado São José próximo à usina Apolônio Sales (Moxotó). A obra se estende da estação elevatória, com nível da água normal onde por gravidade a água é veiculada através de uma tubulação em sifão de 2.000 m de extensão até o início da calha do canal com 250 km de extensão.

É dentro desse contexto, que o presente trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar a agressividade do solo, por meio de abordagens teóricas e laboratoriais, bem como a influência de algumas variáveis no processo de corrosividade do solo próximos a canais de concreto e dutos metálicos para transporte de água no Sertão Alagoano.

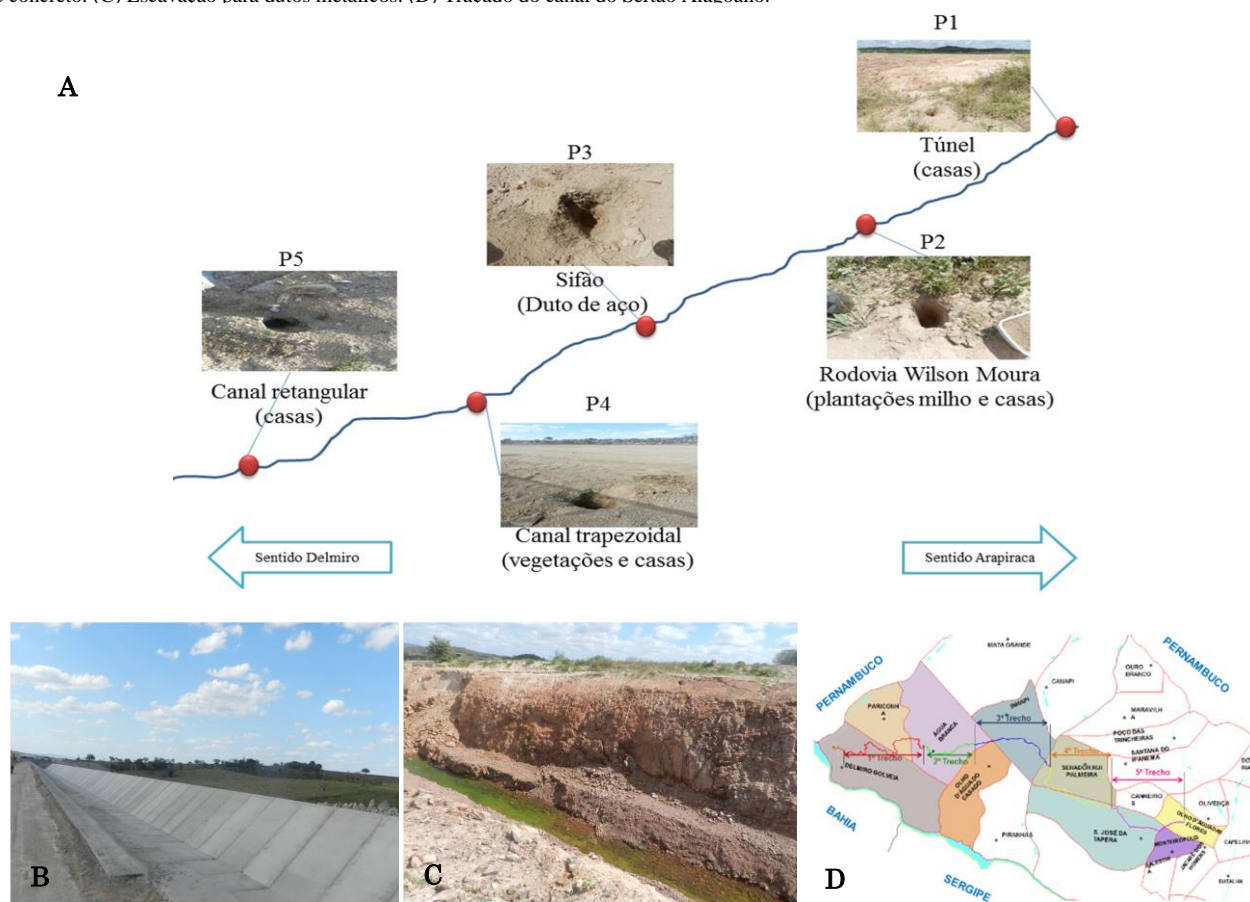
### Material e métodos

A obra possui 250 km de extensão onde inicia-se a partir da cidade de Delmiro Gouveia até Arapiraca. No entanto, para a obtenção do solo referente a este trabalho foi escolhida uma área de 30 km, no município de Senador Rui Palmeiras, localizada no sertão Alagoano (Figura 1D).

No local escolhido está sendo construído um canal dutoviário em concreto e dutos metálicos para transportar água do rio São Francisco para o sertão Alagoano. As amostras de solo foram coletadas em cinco pontos distintos e estratégicos, visando em cada ponto priorizar o que haveria aos arredores, observando o uso do solo nas proximidades de cada ponto, sendo identificadas como: P1 (localizado a 6 km do canal trapezoidal), P2 (localizado nas proximidades da rodovia Wilson Moura Al-135), P3 (localizado nas proximidades da instalação do sifão dos dutos de aço-carbono), P4 (localizado nas proximidades da construção do canal aberto de formato trapezoidal) e P5 (localizado nas proximidades da construção do canal aberto de formato retangular) (Figura 1A). As coletas foram realizadas nas proximidades da construção de um canal dutoviário em concreto e onde serão enterrados os dutos metálicos (Figura 1B e 1C).

As análises químicas das amostras de solo foram realizadas seguindo a metodologia proposta no Manual de Métodos de Análise de Solo pela EMBRAPA (2011) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e no Laboratório de Química da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Figura 1. Construção de canais de concreto e escavação para dutos metálicos a serem utilizados em transporte de água, iniciando na cidade de Delmiro Gouveia- AL até a cidade de Arapiraca-AL. (A) Pontos de coleta do solo na cidade de Senador Rui Barbosa próximo a obra. (B) Construção de canais de concreto. (C) Escavação para dutos metálicos. (D) Tracado do canal do Sertão Alagoano.



Fonte: (A), (B), (C) Própria; (D) SEINFRA (2015).

## Resultados e discussões

Todas análises foram realizadas em triplicata ou quintuplicata a ser considerada a média com pelo menos 95% de confiança.

Foram coletadas cerca de 1 kg de amostras de solo deformadas, com o emprego de uma cavadeira de ferro, com aproximadamente 30 cm de profundidade, a partir do contato do solo com o duto ou canal, onde foram transferidas em latas de alumínio transportadas no mesmo dia para estufa a 50 °C por 12 h. Logo após, as amostras foram peneiradas em uma malha de 2 mm para a obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Posteriormente foram pesadas 10 g de cada amostra de solo, com exceção para a análise de matéria orgânica (MO) que foi utilizada 1,5 g.

Para cada tipo de análise foram utilizadas soluções extratoras específicas: solução de Cloreto de Potássio (KCl) mol.L<sup>-1</sup> para determinação de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al); solução de Acetato de Cálcio Ca(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub> para extração de Hidrogênio (H); solução de Ácido Sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Dicromato de Potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) e Água Destilada para o Carbono Orgânico (CO); solução Sulfúrica para a extração do Ferro (Fe), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Zinco (Zn); solução de PK (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N + HCl 0,05 N) para a extração do Fósforo (P), Sódio (Na) e Potássio (K). As amostras ficaram em contato com as soluções por uma noite, exceto as amostras utilizadas para determinação de pH (EMBRAPA, 2011).

Após as determinações de cada elemento nas amostras, calculou-se a capacidade de troca de cátions (CTC = [S + (H++Al<sup>3+</sup>)]), soma de bases trocáveis (SB = (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>)), percentagem de saturação por bases (V% = 100 S/CTC) e a percentagem de saturação por alumínio (m% = 100 Al<sup>3+</sup>/(S+Al<sup>3+</sup>)).

A análise de corrosividade do solo foi determinada a partir do Índice de Steinrath (resistividade, potencial redox, pH, umidade, cloreto e sulfato), seguindo a metodologia proposta por Loureiro, Brasil e Yokoyama (2007) no Laboratório de Química da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE).

Inicialmente foi preparada uma solução de extrato aquoso de cada amostra de solo numa proporção 1:1 (solo:água destilada) de acordo com a EMBRAPA (2011) e foi deixada em repouso por 1 dia. Em seguida, a amostra foi filtrada a vácuo e transferida para frasco de vidro âmbar devidamente tampado.

A determinação de cloreto foi realizada com o extrato aquoso através da volumetria de precipitação com solução de nitrato de prata, empregando cromato de potássio como indicador. Os sulfatos foram determinados gravimetricamente em extrato aquoso através de precipitação com solução de cloreto de bário.

A determinação de resistividade do solo foi realizada com 20 g de cada amostra de solo, no multímetro ET-1110 da marca Minipa. As análises foram feitas com o solo seco, e umidificado a 5 e 25% respectivamente. A determinação de umidade do solo foi realizada com 5 g de cada amostra de solo em estufa com temperatura a 105 - 110 °C durante 24 h.

Os solos dos pontos P1 a P3 apresentaram caráter ácido, enquanto P4 e P5 tendem a alcalinos (Tabela 1). Solos ácidos com (pH<7), e acidez total elevada se tornam mais corrosivos, podendo acelerar o processo e consequentemente provocar a deterioração dos materiais, como as tubulações de aço-carbono enterradas e das armações metálicas dos canais de concreto armado, caso não tenham um recobrimento adequado. Da mesma forma, solos alcalinos com (pH>9,1), favorecem processos corrosivos (GENTIL, 2012). De acordo, com os valores de pH obtidos o solo dos três primeiros pontos podem favorecer o desenvolvimento de processos corrosivos. Em geral, os solos apresentaram baixos valores de Na e K (valores médios de K para o P2 e P3), e valores médios, considerado adequados de Ca (P1-baixo) e Mg (P1-adequado, P2-baixo, P3- ausência, P4 e P5- altos de Mg) (SOUSA e LOBATO, 2004). Quantidades mais elevadas de Ca e Mg podem ser favoráveis para inserção de metais (SILVA e BRASIL, 2010). Baixas concentrações de Na também são favoráveis para instalação de estruturas metálicas, porque o Sódio (Na) tem a capacidade de formar sais dissolvidos no solo promovendo baixa resistividade, o que pode acelerar o processo corrosivo das estruturas (GENTIL, 2012). O fósforo (P) também apresenta propriedades que baixam a resistividade do solo, no entanto, apenas os pontos P4 e P5 apresentaram uma maior quantidade de P e Na, o que pode promover o aumento da corrosão naquela área. A matéria orgânica (MO) existente no solo apresenta uma relação direta com a quantidade de carbono. Solos com elevadas concentrações de MO podem acelerar o processo corrosivo devido a maior quantidade de microorganismos presentes no solo (GENTIL, 2012). Entretanto, alguns mecanismos ainda não são completamente compreendidos tais como os de sorção de ânions, trocas de ligantes, pontes catiônicas, adsorção física, a estabilidade físico-química no solo, entre outros (DEB; SHUKLA, 2011). Dessa forma, é possível notar que os solos dos pontos P1 a P3 apresentam uma maior quantidade de MO que os demais, indicando que a quantidade de MO presente nestes três primeiros pontos favorecem a classificação mais alta de agressividade do solo (Tabela 1). Valores elevados de CTC, SB e V% no solo podem apresentar influência sobre sua corrosividade, pois processos que envolvem cátions influenciam tanto nas reações redox, quanto na disponibilidade de sais dissolvidos no meio, podendo haver a formação de soluções ácidas que levem ao decréscimo do pH, e consequentemente favorecem o aumento de sua corrosividade. Os solos dos pontos P1 a P3 apresentaram valores relativamente baixos em relação aos demais pontos estudados para estes três parâmetros, CTC, SB e V% (Tabela 1), indicando que estes pontos apresentaram pouca influência na agressividade destes solos. No entanto, em P4 e P5 encontramos valores mais altos para CTC, SB e V%, o que indica uma maior influência na classificação da agressividade, podendo levar ao desenvolvimento de processos corrosivos nessas áreas. Solos com V% ≥ 50% são considerados solos eutróficos (férteis) (RONQUIM, 2010), como notado nos solos dos pontos estudados neste trabalho (Tabela 1).

Tabela 1: Características químicas das amostras de solo coletadas na cidade de Senador Rui Barbosa próximo a construção de canais de concreto e dutos metálicos. Os canais iniciam-se na cidade de Delmiro Gouveia e vão até a cidade de Arapiraca. Pontos de Coleta: P1, P2, P3, P4 e P5.

Parâmetros químicos do solo	P1	P2	P3	P4	P5
pH	5,7	6,4	5,8	8,2	8,3
P (mg/dm <sup>3</sup> )	4	15	1	60	140
K (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,11	0,24	0,18	0,10	0,11
Na (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,10	0,04	0,07	1,43	2,61
Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,40	2,30	2,80	1,70	1,55
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,70	0,10	0,00	3,40	4,75
H (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,35	0,85	1,35	0,25	0,10
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	129,80	164,00	136,70	169,10	202,80
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0,10	0,30	0,10	0,30	0,60
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	10,70	15,00	15,40	20,50	12,70
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	96,70	44,50	97,20	87,50	122,00
S.B (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,31	2,69	3,06	6,64	9,02
CTC (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,66	3,54	4,41	6,89	9,12
V (%)	63,10	75,97	69,36	96,37	98,90
C (%)	0,77	0,82	0,88	0,34	0,21
m (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
M.O (%)	1,33	1,41	1,52	0,59	0,36

Fonte: Autor (2018).

Tabela 2: Valores dos parâmetros de corrosividade das cinco amostras de solo. A avaliação total da agressividade do solo foi realizada através do Índice de Steinrath<sup>1</sup>.

Parâmetros do solo	P1		P2		P3		P4		P5	
	Valor medido	Índice parcial	Valor medido	Índice parcial	Valor medido	Índice parcial	Valor medido	Índice parcial	Valor medido	Índice parcial
Resistividade (KΩ)	15,1	0	18,4	0	27,1	0	13,0	0	22,9	0
pH	5,7	0	6,4	0	5,8	0	8,2	0	8,3	0
Umidade (%)	16,1	0	19,2	0	38,7	-1	20,2	-1	16,6	0
Cloreto (mg/kg)	53,25	0	35,5	0	17,75	0	142	-1	35,5	0
Sulfato (mg/kg)	20,39	0	19,15	0	15,73	0	24,96	0	47,36	0
Σ dos Índices Parciais	0		0		-1		-2		0	
Classificação	Sem agressividade		Sem agressividade		Pouca agressividade		Pouca agressividade		Sem agressividade	

<sup>1</sup>Índice de Steinrath: sem agressividade (0); pouca agressividade (-1 a -8); média agressividade (-8 a -10); alta agressividade (< -10)

Fonte: Autor (2018)

O excesso na presença de elementos metálicos como Fe, Cu, Al, Mn e Zn em forma iônica são capazes de formar áreas anódicas e catódicas, intensificando o processo corrosivo (GENTIL, 2012; YAN et al., 2015). É possível observar que os metais encontrados em maior abundância em todos os solos foram o Fe e Mn (Tabela 1). Os solos dos pontos P2, P4 e P5 foram os que apresentaram maiores concentrações de Fe. Os solos que apresentaram maior presença de Mn foram P1, P3 e P5.

Os resultados obtidos para Al e consequentemente para a percentagem de saturação por alumínio (%m) mostram-se favoráveis a instalação dos dutos no solo, pois todos os solos apresentaram ausência total de Al.

Os resultados para cada parâmetro que compõe o critério de avaliação da corrosividade foram comparados aos valores de referência proposto por Steinrath (LOUREIRO, BRASIL e YOKOYAMA, 2007) e então determinados os índices parciais de agressividade.

A partir, do somatório dos índices parciais referentes aos parâmetros foi possível chegar ao índice total de agressividade do solo e consequentemente a classificação quanto a sua corrosividade.

A resistividade do solo é um parâmetro utilizado com bastante frequência nos critérios de avaliação de corrosividade do solo, comprovando sua importância no estudo dos processos corrosivos de estruturas metálicas enterradas.

A baixa resistividade indica que há uma quantidade elevada de corrente elétrica fluindo entre as áreas anódicas e catódicas na superfície do metal, acelerando o processo corrosivo, enquanto, que solos com alta resistividade tendem a dificultar a passagem dessa corrente, diminuindo a incidência de corrosão (SILVA e BRASIL, 2010).

Em relação a resistividade, todos os pontos de solo receberam índice parcial igual a zero (Tabela 2), indicando a não ocorrência de uma aceleração de processos corrosivos nas estruturas enterradas.

Os valores de pH ficaram dentro de uma faixa em que não contribuem de forma severa para agressividade do solo, apresentando índice parcial (Steinrath) igual a zero.

O teor de umidade no solo é considerado um parâmetro relevante em relação ao potencial de corrosividade. Solos com maiores teores de água são mais agressivos, pois a água promove a ionização dos eletrólitos presentes no solo completando o circuito do processo de corrosão (SILVA e BRASIL, 2010). Nos solos estudados, os pontos P1, P2 e P5 obtiveram índices parciais iguais a zero, indicando que os teores de umidade residual destes solos são favoráveis a construção e que possivelmente não contribuirão de forma acentuada para o processo corrosivo.

Os solos P3 e P4 receberam índices parciais -1, indicando que a umidade presente nesses solos poderá contribuir para o desenvolvimento de processos corrosivos nas estruturas da obra. Alta concentração de íons cloreto no solo também contribui de forma significativa para o aumento de sua agressividade. Os íons cloreto produzem ácido clorídrico, que promovem a diminuição do pH do solo, além de elevar sua condutividade, formando produtos de corrosão solúveis, que aumentam a vulnerabilidade do metal a corrosão (CASTRO, 2013).

Os resultados obtidos referentes aos íons cloreto mostram que os solos dos pontos P1, P2, P3 e P5 apresentam baixas concentrações destes íons resultando em índice parcial zero, enquanto que o ponto de solo P4 apresentou concentrações mais elevadas e recebeu índice parcial igual a -1, sugerindo que os íons cloreto presentes nesse ponto de solo contribuem para agressividade de materiais metálicos.

A presença de íons sulfato no solo geralmente está associada à quantidade de matéria orgânica. Maiores concentrações desses íons são consequência de uma maior porcentagem de matéria orgânica no solo. Esses íons podem formar  $\text{FeSO}_4$  que é solúvel, assim como podem servir como nutriente para bactérias redutoras de sulfato, aumentando consideravelmente a corrosividade dos solos (LOUREIRO; BRASIL e YOKOYAMA, 2007). Para presença de íons sulfato, todos os pontos de solo receberam índice parcial igual a zero (Tabela 2), mostrando que esse parâmetro do solo não contribui para aceleração de processos corrosivos nas estruturas da obra.

## Conclusões

O solo estudado, oriundo da construção do canal dutoviário para transporte de água do rio São Francisco para o sertão Alagoano, se encontra na faixa de pH ácido para os pontos P1 a P3 e alcalino para os pontos P4 e P5. Os solos apresentaram concentrações mais elevadas de cálcio que de sódio e potássio, indicando, em geral, baixo potencial corrosivo, exceto o ponto P5.

Os pontos P4 e P5 apresentaram maior quantidade de fósforo e sódio, o que pode promover o aumento da corrosão na área.

O solo pode ser considerado fértil, entretanto sem apresentar valores críticos de matéria orgânica nem de sua capacidade de reter cátions. Entre os micronutrientes observou-se a predominância do ferro e manganês em todos os pontos coletados e ausência total de alumínio.

De acordo com o índice de Steinrath, os solos foram classificados como “sem agressividade” ou “pouco agressivo”.

As características dos solos avaliados indicam condições favoráveis para uma boa durabilidade das estruturas metálicas instaladas neste trecho da construção do canal dutoviário. Entretanto, sugere-se inspeção periódica quanto ao potencial corrosivo do solo, mais especificamente nos pontos P3 e P4 estudados.

## Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada pelo financiamento da pesquisa; à Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC) pela colaboração e; à Construtora que permitiu o acesso a obra e disponibilizou funcionários entre outros para a realização do trabalho.

## Referência

- CASTRO, D. F. Estudo da corrosão do aço 1020 no solo natural argiloso da Região Amazônica. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2013. 83p.
- DEB SK, SHUKLA MK A review of dissolved organic matter transport processes affecting soil and environmental quality. *Journal Environment Analytic Toxicology*. v.1, n.2, 106. 2011.
- EMBRAPA, Manual de métodos de análises de solo. Documentos 132. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2ª Edição. 1ª Impressão online. 2011. 230p.
- FRAUCHES-SANTOS, C., ALBUQUERQUE, M. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; ECHEVARRIA, A. A corrosão e os agentes corrosivos. *Revista Virtual Química*, v.6, n.2, p.293-309, 2014.
- GENTIL, V. Corrosão. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 392p.
- LIU, T. M.; WU, Y. H.; LUO, L; X.; SUN, C. Effect of Soil Compositions on the Electrochemical Corrosion Behavior of Carbon Steel in Simulated Soil Solution. *Mat.-wiss. u.Werkstofftech*, v. 41, n. 4, p. 228-233, 2010.
- LOUREIRO, A.; BRASIL, S; YOKOYAMA, L. Estudo da corrosividade de solo contaminado por substâncias químicas através de ensaios de perda de massa e índice de Steinrath. *Corrosão e Protecção de Materiais*, Lisboa-Portugal, v.26, n.4, p.113-121, 2007.

NÓBREGA, C. A.; CHANG, H. K.; BRAGA, A. C. O.; FERREIRA, J.; OLIVA, A.; PEDE, M. A. Z. Avaliação preliminar da corrosividade de solo com emprego de resistividade elétrica em uma planta industrial utilizada para armazenamento de derivados de petróleo. *Geociências*, São Paulo, v.22, n.Especial, p.83-93, 2003.

OKIONGBO, K. S.; AKPOFURE, E. Investigation of soil aggressiveness towards underground fuel storage tanks and water pipelines in parts of Bayelsa State, Southern Nigeria. *Engineering*, v4, p.761-767, 2012.

RONQUIM, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Monitoramento por satélite*, 1ª ed., Campinas-SP. 2010, 26p.

SILVA, J. M.; BRASIL, S. L. Critério de avaliação da corrosividade de solos baseado na sobretenção de hidrogênio. *Corrosão e Protecção de Materiais*, Lisboa-Portugal, v.29, n.1, p. 19-25, 2010.

SILVA, M. V. F.; PEREIRA, M. C.; CODARO, E. N.; ACCIARI, H. A. Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química. *Química Nova*, v.38, n.2, p. 293-296, 2015.

SILVA, E. L. R.; MELO, A. N. G. S. P.; SILVA, S. P. Avaliação do potencial corrosivo do solo em dutos utilizados para o transporte de água no Sertão de Pernambuco. *Revista Verde*. v. 12, n.4, p.763-768, out.-dez., 2017.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação* 2. ed. Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

YAHAYA, N.; NOOR, N. M.; OTHMAN, S.R.; SING, L.K.; DIN, M.M. New Technique for Studying Soil-Corrosion of Underground Pipeline. *Journal of Applied Sciences*, v.11, n.9, p. 1510-1518, 2011.

YAN, M.; SUN, C.; DONG, J.; XU, J.; KE, W. Electrochemical investigation on steel corrosion in iron-rich Clay. *Corrosion Science*. v.97, p.62-73, 2015.