



AS CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA NO SÉCULO XXI 2

**JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
CARLOS ANTÔNIO DOS SANTOS
(ORGANIZADORES)**

Atena
Editora
Ano 2019

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos
(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] : volume 2 / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-680-5 DOI 10.22533/at.ed.805190710 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos. III. Série. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI,” que encontra-se em seu segundo volume, foi idealizada para compilar trabalhos que demonstrassem os novos desdobramentos da pesquisa científica no século XXI. Em seus 24 capítulos, procura-se apresentar a o leito de discussões alinhadas a eixos temáticos, como agricultura, engenharia, educação, estatística e tecnologias, havendo também espaço para perspectivas multidisciplinares a partir de trabalhos que permeiam diferentes segmentos da grande área. Na primeira parte da obra, que trata sobre agricultura, são apresentados estudos relacionados à fertilidade do solo, precipitação pluviométrica, necessidade hídrica de plantas, estudos fitoquímicos, recuperação, reuso e restauração de áreas degradadas, dentre outros. Na segunda parte, são abordados estudos sobre gerenciamento de resíduos da construção civil, uso do sensoriamento remoto, e comparação entre diferentes métodos de nivelamento.

Na terceira parte, estão agrupados trabalhos que envolvem vertentes econômicas, experiências educacionais, e uso da realidade virtual no processo de aprendizagem.

Na quarta e última parte, são contemplados estudos acerca de questões tecnológicas, envolvendo linguagem estatística, e aplicação de moedas digitais.

Com grande relevância, os trabalhos aqui apresentados estarão disponíveis ao grande público e colaborarão para a difusão de conhecimentos no âmbito técnico e acadêmico.

Os organizadores e a Atena Editora agradecem pelo empenho dos autores que não mediram esforços ao compartilhar, em sua melhor forma, os resultados de seus estudos por meio da presente obra. Desejamos que as informações difundidas por meio desta obra possam informar e provocar reflexões significativas, contribuindo para o fortalecimento desta grande área e de suas vertentes.

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DISPONIBILIDADE DE ZN EM SOLOSSUPER ADUBADOS EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR	
Ingrid Luciana Rodrigues Gomes	
Maria Tairane Silva	
Idamar da Silva Lima	
Airon José da Silva	
Carlos Alexandre Borges Garcia	
Silvânio Silvério Lopes da Costa	
Marcos Cabral de Vasconcellos Barreto	
DOI 10.22533/at.ed.8051907101	
CAPÍTULO 2	9
ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO IRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO	
Ricardo André Rodrigues Filho	
Rafael Oliveira Batista	
Ana Beatriz Alves de Araújo	
Juli Emille Pereira de Melo	
Rayane Alves de Arruda Santos	
Ana Luiza Veras de Souza	
Antônio Diego da Silva Teixeira	
Emmilia Priscila Pinto do Nascimento	
Taís Mendonça da Trindade	
Wellyda Keorle Barros de Lavôr	
Igor Apolônio de Oliveira	
Elioneide Jandira de Sales	
DOI 10.22533/at.ed.8051907102	
CAPÍTULO 3	24
DETERMINAÇÃO RÁPIDA DE MN, ZN, FE E MG EM MELADO DE CANA POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA (F AAS)	
Suelen Andolfatto	
Camila Kulek de Andrade	
Maria Lurdes Felsner	
DOI 10.22533/at.ed.8051907103	
CAPÍTULO 4	36
COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE 12 CIDADES PARAENSES	
Whesley Thiago dos Santos Lobato	
Antonio Maricélio Borges de Souza	
Maurício Souza Martins	
Luã Souza de Oliveira	
Bruno Maia da Silva	
Maria Sidalina Messias de Pina	
Daniella Amor Cunha da Silva	
Antonio Elson Ferreira Borges	
Arthur da Silva Monteiro	
Lucas Guilherme Araujo Soares	
Caio Douglas Araújo Pereira	
Lívia Tálita da Silva Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.8051907104	

CAPÍTULO 5 48

NECESSIDADES HÍDRICAS E ÍNDICES DE CRESCIMENTO DA CULTURA DO GERGELIM
(*SESAMUM INDICUM L.*) BRS ANAHÍ IRRIGADO

Isaac Alves da Silva Freitas
José Espínola Sobrinho
Anna Kézia Soares de Oliveira
Ana Beatriz Alves de Araújo
Roberto Vieira Pordeus
Poliana Marias da Costa Bandeira
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Tecla Ticiane Félix da Silva
Fernanda Jéssika Carvalho Dantas
Alcimar Galdino de Lira
Alricélia Gomes de Lima
Kadidja Meyre Bessa Simão

DOI 10.22533/at.ed.8051907105

CAPÍTULO 6 58

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM EMPRESAS DO SETOR AGROFLORESTAL

Robert Armando Espejo
Rildo Vieira de Araújo
Michel Constantino
Reginaldo Brito da Costa
Paula Martin de Moraes
Vanessa Aparecida de Moraes Weber
Fabricio de Lima Weber
Fabiano Dotto

DOI 10.22533/at.ed.8051907106

CAPÍTULO 7 68

ECOPRODUÇÃO DE PAPEL A PARTIR DE RESÍDUOS TÊXTEIS: PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA
VIABILIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

Júlia Terra Miranda Machado
Lilian Bechara Elabras Veiga
Maria Gabriela von Bochkor Podcameni

DOI 10.22533/at.ed.8051907107

CAPÍTULO 8 81

ESTUDO TEÓRICO SOBRE COMO REALIZAR UM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MELADO DE
ALGAROBA (*PROSOPIS JULIFLORA SW DC*)

Karina da Silva Falcão
Alan Henrique Texeira
Clóvis Gouveia da Silva
Mirela Mendes de Farias
Zildomar Aranha de Carvalho Filho

DOI 10.22533/at.ed.8051907108

CAPÍTULO 9 89

ESTUDO QUÍMICO E FARMACOLÓGICO DE *ARTOCARPUS ALTILIS* (PARKINSON) FOSBERG

Alice Joana da Costa
Mônica Regina Silva de Araújo
Beatriz Dias
Chistiane Mendes Feitosa
Renata Paiva dos Santos
Daniele Alves Ferreira
Felipe Pereira Silva de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.8051907109

CAPÍTULO 10 101

ESTUDO FITOQUÍMICO DE *HYMENAEA COURBARIL* E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TRIPANOCIDA

Breno Memic Sequeira
Romeu Machado Rocha Neto
Lúzio Gabriel Bocalon Flauzino
Daniele da Silva Ferreira
Lizandra Guidi Magalhães
Patrícia Mendonça Pauletti
Ana Helena Januário
Márcio Luis Andrade e Silva
Wilson Roberto Cunha

DOI 10.22533/at.ed.80519071010

CAPÍTULO 11 115

ESTUDO SOBRE R&R PARA PRODUTOS DO LABORATÓRIO PILOTO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

Karina da Silva Falcão
Lígia de Oliveira Franzosi Bessa
Manoel Teodoro da Silva
Renata Rayane da Silva Santana

DOI 10.22533/at.ed.80519071011

CAPÍTULO 12 123

SÍNTESE ORGÂNICA, INORGÂNICA E DE NANOMATERIAIS ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS:
UMA MINI REVISÃO

Jorddy Neves Cruz
Sebastião Gomes Silva
Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra
Oberdan Oliveira Ferreira
Jose de Arimateia Rodrigues do Rego
Marcos Enê Chaves Oliveira
Daniel Santiago Pereira
Antonio Pedro da Silva Souza Filho
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Mozaniel Santana de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.80519071012

CAPÍTULO 13 132

PROJETO DE RECUPERAÇÃO, REUSO E RESTAURAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE AGREGADOS PARA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MORRO REDONDO/RS

Thiago Feijó Bom
Pedro Andrade Coelho
Matheus Acosta Flores
Angélica Cirolini
Alexandre Felipe Bruch
Marciano Carneiro

DOI 10.22533/at.ed.80519071013

CAPÍTULO 14 145

AHP – PROPOSTA PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS DE OBRAS VERTICAIS E ALGUNS ASPETOS DIVERGENTES

Romão Manuel Leitão Carrapato Direitinho
José da Costa Marques Neto
Rodrigo Eduardo Córdoba

DOI 10.22533/at.ed.80519071014

CAPÍTULO 15 158

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO, TRIGONOMÉTRICO E POR GNSS EM UMA RODOVIA

Kézia de Castro Alves
Francisca Vieira Nunes
Guilherme Ferreira Gonçalves
Fábio Campos Macedo
Pedro Rogério Giongo

DOI 10.22533/at.ed.80519071015

CAPÍTULO 16 166

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NO MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE MILHETO

Antônio Aldisio Carlos Júnior
Neyton de Oliveira Miranda
Jonatan Levi Ferreira de Medeiros
Suedêmio de Lima Silva
Paulo César Moura da Silva
Erllan Tavares Costa Leitão
Ana Beatriz Alves de Araújo
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Poliana Maria da Costa Bandeira
Gleydson de Freitas Silva
Isaac Alves da Silva Freitas
Tháís Cristina de Souza Lopes

DOI 10.22533/at.ed.80519071016

CAPÍTULO 17 179

A EDUCAÇÃO BRASILEIRA E SUAS VERTENTES ECONÔMICAS

Gustavo Tavares Corte
Beatriz Valentim Mendes
Steven Dutt-Ross

DOI 10.22533/at.ed.80519071017

CAPÍTULO 18	189
SABERES INFORMAIS SOBRE CIÊNCIAS COMO PONTE PARA O CONHECIMENTO FORMAL	
Deíne Bispo Miranda	
Paulo Coelho Dias	
Maria Cristina Madeira Da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.80519071018	
CAPÍTULO 19	199
CLUBE DE CIÊNCIAS: RELATO DE EXPERIÊNCIAS E IMPRESSÕES DOS ALUNOS	
Teresinha Guida Miranda	
Alice Silau Amoury Neta	
Jussara da Silva Nascimento Araújo	
Danielle Rodrigues Monteiro da Costa	
Normando José Queiroz Viana	
Alessandra de Rezende Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.80519071019	
CAPÍTULO 20	212
O USO DE REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMO FACILITADORA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM: UMA ABORDAGEM NEUROCIENTÍFICA COGNITIVA NOS TEMAS DE CIÊNCIAS	
Welberth Stefan Santana Cordeiro	
Zara Faria Sobrinha Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.80519071020	
CAPÍTULO 21	222
CRIPTOMOEDAS E UMA APLICAÇÃO PARA MODELOS LINEARES HIPERBÓLICOS	
Lucas José Gonçalves Freitas	
Marcelo dos Santos Ventura	
DOI 10.22533/at.ed.80519071021	
CAPÍTULO 22	226
O TEOREMA DA COMPLETUDE	
Angela Leite Moreno	
Michele Martins Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.80519071022	
CAPÍTULO 23	243
REGRESSÃO POLINOMIAL DE TERCEIRA ORDEM NA DEFORMAÇÃO DE ELÁSTICOS DE BORRACHA	
Thales Cerqueira Mendes	
Yasmim Brasileiro de Castro Monteiro	
Luana da Silva Souza	
Lívia Nildete Barauna dos Santos	
Ester Vitória Lopes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.80519071023	

CAPÍTULO 24 254

PICTOGRAMA: ELABORAÇÃO EM LINGUAGEM R

Willian Alves Lion

Beatriz de Oliveira Rodrigues

Felipe de Melo Taveira

Flávio Bittencourt

Adriana Dias

DOI 10.22533/at.ed.80519071024

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 265

ÍNDICE REMISSIVO 266

ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO IRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO

Ricardo André Rodrigues Filho

Engenheiro Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Rafael Oliveira Batista

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Professor associado do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais Mossoró – Rio Grande do Norte.

Ana Beatriz Alves de Araújo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Juli Emille Pereira de Melo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Rayane Alves de Arruda Santos

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Ana Luiza Veras de Souza

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Antônio Diego da Silva Teixeira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduando do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Emmilia Priscila Pinto do Nascimento

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Taís Mendonça da Trindade

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Graduanda do curso de Gestão Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Wellyda Keorle Barros de Lavôr

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Igor Apolônio de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduando do curso de Agronomia. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Elioneide Jandira de Sales

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Graduanda do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

RESUMO: A irrigação com água produzida, obtida no processo de extração do petróleo, pode tornar-se uma alternativa para a agricultura irrigada em regiões semi-áridas. Entretanto, deve-se levar em consideração a presença de sais, metais pesados e substâncias tóxicas na sua composição, o que pode impactar negativamente o solo. O trabalho objetivou estudar os efeitos da água produzida tratada em água de poço nos atributos químicos de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico cultivado com girassol. Os tratamentos foram baseados na diluição da água produzida tratada (AT) em

água de poço (AP). O experimento foi realizado em casa de vegetação, onde foram instalados 25 vasos de 32L preenchidos com Argissolo e cultivados com o girassol (*Heliantus annus*). Após 90 dias de aplicação das diluições de AT em AP realizou-se a coleta de amostras compostas de solo nas camadas de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m dos vasos, para determinação de pH, Na⁺, Ca⁺², Mg⁺² e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes). Os dados foram submetidos a análise de variância, teste de médias e contrastes ortogonais, utilizando-se o programa computacional estatístico SISVAR 5.6. As diluições não alteraram significativamente os valores de pH, CEes, Na⁺ e Ca⁺² do solo, enquanto o tratamento contendo apenas água produzida tratada diferiu estatisticamente do tratamento com 100% de água de poço apenas para o Mg⁺². A diluição 75% água de poço e 25% água produzida tratada é a mais recomendada para fins de irrigação, pois minimizou as alterações químicas no Argissolo estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, Água residuária, Petróleo.

CHEMICAL CHANGE OF SOIL IRRIGATED WITH DILUTIONS OF PRODUCED WATER TREATED IN VEGETATION HOUSE

ABSTRACT: Irrigation with produced water obtained from the oil extraction process can become an alternative to irrigated agriculture in semi-arid regions. However, the presence of salts, heavy metals and toxic substances in their composition must be taken into account, which may negatively impact the soil. The present work aimed to study the effects of the application of dilutions of wastewater of the treated oil in a Typic Rhodustults cultivated with sunflower. The treatments were based on the dilution of the produced water treated in well water. For this, 25 pots of 32L filled with Typic Rhodustults and cultivated with the sunflower (*Heliantus annus*) cultivar H-360. To fill the pots was used gravel (n ° zero) covering the bottom of the pots and covered by the soil. During the experimental period, water was collected to perform the characterization of the chemical attributes. After 90 days of application of the dilutions of AT in AP, soil samples were collected from 0 to 0.10 m and from 0.20 to 0.30 m from the pots to determine the following chemical attributes: pH, Na⁺, Ca⁺², Mg⁺² and electrical conductivity of the soil saturation extract (CEes). The data were submitted to analysis of variance, test of averages and orthogonal contrasts, using the statistical computer program SISVAR 5.6. Dilutions did not significantly alter the pH, CE, Na⁺ and Ca⁺² values of the soil, whereas the treatment containing only treated treated water differed statistically from the treatment with 100% well water only for Mg⁺². The dilution of 75% well water and 25% treated treated water is the most recommended for irrigation purposes, since it minimized the chemical changes in the studied Argisol

KEYWORDS: Irrigation, Wastewater, Oil.

1 | INTRODUÇÃO

A importância da água é determinante para a biodiversidade no planeta, tem a função da conservação e do equilíbrio da vida das mais diversas espécies.

No contexto histórico, foi à busca pela água que fez com que o homem ocupasse territórios, desenvolvesse a agricultura e melhorasse sua qualidade de vida. Contudo, as modificações no estilo de vida do homem e a sua relação com a natureza fez com que ao longo dos anos, a água fosse sendo vista como um recurso hídrico e não mais como uma fonte de vida.

O aumento populacional, juntamente com o avanço das práticas industriais causaram aumento da escassez hídrica em regiões que não apresentavam essa problemática. Aliado a isso, fatores antrópicos provocaram ao longo dos anos uma série de impactos ambientais ligados à contaminação da água e do solo. Sendo assim, diversas pesquisas estão sendo elaboradas com intuito de mitigar estes impactos ambientais.

Trabalhos relacionados à utilização de água produzida do petróleo para irrigação mostram que essa pode ser uma alternativa viável para a destinação dessa água residuária após seu devido tratamento. Miranda et al. (2016) verificaram que a mamona irrigada com água produzida tratada com osmose reversa não afetou a salinidade nem a sodicidade do solo, já a água tratada por filtração apresentou resultados negativos em relação à produtividade da cultura e o incremento na salinidade e sodicidade do solo.

Crisóstomo et al. (2018) irrigaram abacaxizeiro ornamental com água produzida filtrada e constataram que houve um aumento considerável no risco de salinização e sodificação do solo. Entretanto, a água tratada com osmose reversa aplicada no solo em um ciclo curto não afetou as características físico-químicas do solo.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos da água produzida tratada diluída em água de poço, nos atributos químicos de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico cultivado com girassol.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da água produzida do petróleo

Água residuária do petróleo é definida como o efluente gerado a partir de processos produtivos de petróleo e gás natural, recebe essa denominação quando é encontrada na superfície do solo juntamente com o material que foi extraído do reservatório e consiste na mistura da água de formação do poço produtor de petróleo, água de condensação e de injeção dos processos de recuperação secundária e água utilizada para dessalinização do petróleo produzido (FAKHURU'L-RAZIA et al., 2009).

Para a exploração *offshore*, a água residuária é tratada e descartada no mar. Já na produção *onshore* a água residuária pode ser reinjetada nos poços, o que pode acarretar em diminuição na sua produtividade (MOTTA et al., 2013).

De acordo com Curbelo (2002), uma grande quantidade de água produzida não consegue ser reutilizada em outros processos produtivos, então, aquela água que não foi reutilizada passa a ser destinada para tratamento com a finalidade de adequá-las

seguindo normatizações ambientais para realizar o descarte em rios ou no oceano.

2.1.1 Composição da água produzida

A constituição da água trata-se de uma mistura complexa de compostos químicos orgânicos e inorgânicos, naturalmente ocorrentes, que foram dissolvidos ou dispersados na forma de particulados das formações geológicas e rotas de migração onde esse efluente esteve represado por milhares de anos (NEFF et al., 2011).

A água produzida se comparada com a água do mar apresenta os mesmos sais e metais pesados, entretanto, em concentrações bem mais elevadas. Esse fato pode ser explicado devido ao tempo de formação da estrutura geológica que está inserido o material (GABARDO, 2007). Os metais mais frequentes encontrados são o bário (Ba) e o ferro (Fe), íons de cloreto (Cl⁻), sódio (Na⁺), cálcio (Ca⁺), magnésio (Mg²⁺), amônia e sulfeto se apresentam como os compostos inorgânicos mais abundantes na água produzida (OGP, 2005).

A água produzida apresenta ainda uma grande variedade de metais pesados, alguns em concentração elevada e alguns elementos em suspensão, como areia, lodo, silicatos, argilas e traços de radionuclídeos (WANG et al., 2012).

2.2 Alterações na qualidade do solo irrigado com água produzida

Alguns trabalhos realizados utilizando água produzida tratada para irrigação do solo cultivado com distintas culturas apresentaram resultados satisfatórios quanto a qualidade do solo no fim do ciclo. Miranda et al. (2016), irrigou mamona (*Ricinus communis*) com água produzida e concluiu que a água tratada com osmose reversa não tinha efeito sobre a produtividade da cultura a mamoneira, não afetava a salinidade e sodicidade do solo e concluíram que a irrigação pode ser utilizada sem restrição. Entretanto, a irrigação com água tratada por filtração mostrou resultados negativos, diminuindo a produtividade em 30% se comparado com a irrigação por água de poço da mamoneira e elevando os níveis de salinidade e sodicidade em um Neossolo Quartzarênico.

Crisóstomo et al. (2018) realizaram um trabalho na Fazenda Belém, Aracati – CE, pertencente a bacia Potiguar. A água produzida foi utilizada para irrigar um solo cultivado com abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *bracteatus*) e verificaram que a irrigação com água produzida filtrada aumentou consideravelmente o risco de salinização e sodificação do solo. Já o solo irrigado com água produzida tratada por osmose reversa, em um ciclo curto, apresentou-se como uma alternativa viável para a produção de abacaxizeiro ornamental.

Pinheiro et al. (2014) em outro trabalho realizado na Fazenda Belém, avaliaram os efeitos da água produzida na irrigação do solo cultivado com oleaginosas e flores ornamentais. Como resultado, verificaram que a água produzida deveria passar por uma série de tratamentos, como filtração e dessalinização para tornar viável seu uso na

atividade agrícola. A qualidade da água se baseia nos critérios básicos de salinidade, sodicidade e toxicidade.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado em casa de vegetação localizada no Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró/RN (05 12' 03,9" LS; -37 19' 37,98" LO). A Figura 1 apresenta a localização da casa de vegetação onde foi realizado o experimento.

Segundo Alvares et al. (2013), o clima da região é quente e seco, classificado de acordo com Köppen-Geiger como semiárido BSh. Apresenta temperatura média anual superior a 26,5 °C e precipitação média anual de 794 mm dispostos de maneira irregular, concentrada entre três e seis meses do ano e umidade relativa de 68,9%.



Figura 1 – Localização da área experimental na UFERSA, campus Mossoró/RN. Fonte: Google maps (2019).

3.2 Coleta da água produzida de petróleo tratada (AT) e água de poço (AP)

A obtenção da água produzida foi realizada através de três coletas em reservatórios com capacidade para 1000L. Uma empresa localizada na região e que atua na área de produção de petróleo forneceu a água para a realização do experimento.

O tratamento da água produzida coletada foi realizado no local em que foi montado o experimento, utilizou-se um polímero orgânico, fortemente catiônico chamado AGEFLOC DW-3753. Este atua em solução aquosa e serve para flocular o material suspenso, apresenta um alto poder de coagulação e acelera a velocidade de

formação de flocos. Em seu tratamento, foram aplicados 40ml do polímero para cada 1000L de água produzida.

3.3 Caracterização do solo utilizado no experimento

O solo utilizado para preencher os vasos foi retirado da Fazenda Experimental Rafael Fernandes pertencente à UFERSA e localizada no distrito da Alagoinha, Mossoró, RN. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013) o solo coletado para realizar o experimento é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico, segundo classificação de Rêgo et al (2016). Na Tabela 1 apresentam-se os atributos físico-químicos do solo antes da aplicação das diluições de água produzida. As coletas das amostras de solo foram efetuadas nas profundidades de 0 a 0,10m e de 0,10 a 0,20m.

Profundidade (m)	pH	CE _{es}	MO	N	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Mn	Zn	Cu
		dSm ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹mg dm ⁻³								
0 a 0,10	6,1	0,41	3,31	0,35	1,9	26,9	4,7	1,1	0,7	1,56	0,56	0,2	0,01
0,10 a 0,20	4,8	0,03	2,07	0,21	1,7	26,9	4,7	0,4	1,0	1,95	0,55	0,2	0,02

Profundidade (m)	Al ³⁺	H+Al	SB	T	CTC	V	m	PST
cmolc dm ⁻³%%%				
0,00 a 0,10	0,0	1,49	1,89	1,89	3,37	56	0	1,00
0,10 a 0,20	0,15	1,97	1,49	1,64	3,47	43	9	1,00

Tabela 1 - Características químicas do solo antes da irrigação. Nota: pH – Potencial Hidrogeniônico; CE_{es} – Condutividade elétrica no extrato de saturação; MO - Matéria Orgânica; N – Nitrogênio; P – Fósforo; K – Potássio; Na – Sódio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; Fe – Ferro; Mn – Manganês; Zn – Zinco; Cu – Cobre; Al – Alumínio; H+Al – Acidez potencial; SB – Soma de Base; t – Capacidade de troca de cátions efetiva; CTC – Capacidade de troca catiônica; V – Saturação por base; m – Saturação por alumínio; PST – Porcentagem de sódio trocável. Fonte: Acervo do pesquisador (2019).

Profundidade (m)	Densidade do solo	Massa Específica de partículas	Areia	Silte	Argila	Classe Textural	Relação Silte/Argila
	g cm ⁻³	g cm ⁻³ kg kg ⁻¹ kg kg ⁻¹ kg kg ⁻¹		
0,00 a 0,10	2,78	1,78	0,9	0,03	0,07	Areia	0,44
0,10 a 0,20	2,70	1,72	0,84	0,03	0,13	Areia Franca	0,24

Tabela 2 - Características físicas do solo antes da irrigação. Fonte: Acervo do pesquisador (2019).

3.4 Condução do experimento

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados contendo vinte e cinco parcelas, onde foram feitos cinco tratamentos e cinco repetições, como está ilustrado na Figura 2.

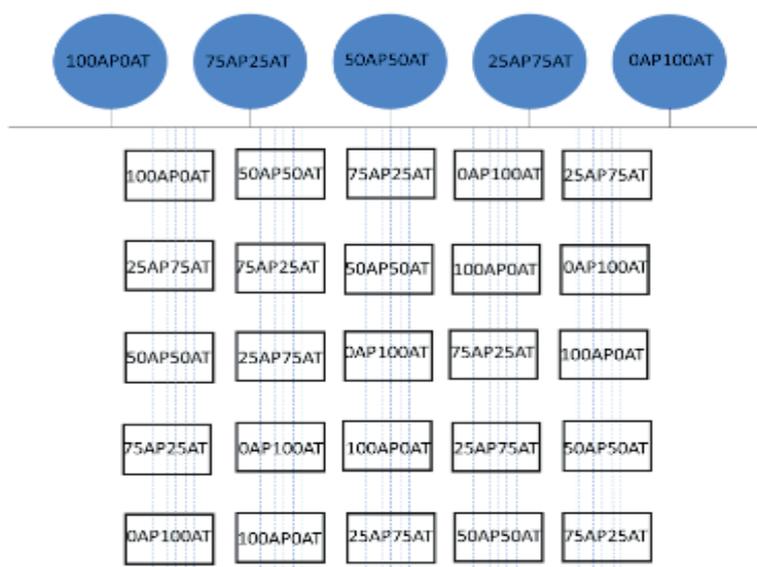


Figura 2 – Esquema da área experimental. Fonte: Acervo do pesquisador (2019).

Os tratamentos foram definidos de acordo com as diferentes diluições de água produzida tratada em água de poço. A Tabela 3 apresenta os tratamentos com suas respectivas diluições.

Diluições	Diluições
100AP0AT	100% de água de poço e 0% de água produzida tratada
75AP25AT	75% de água de poço e 25% de água produzida tratada
50AP50AT	50% de água de poço e 50% de água produzida tratada
25AP75AT	25% de água de poço e 75% água produzida tratada
0AP100AT	0% de água de poço e 100% de água produzida tratada

Tabela 3 – Diluições de água produzida tratada (AT) em água de poço (AP) utilizadas no experimento. Fonte: Próprio autor (2019).

3.5 Montagem das parcelas experimentais e transplântio das mudas

A cultura do girassol (*Heliantus annus*) utilizado no experimento foi a cultivar H-360, da Embrapa Semiárido. O transplântio ocorreu com 12 dias após a semeadura, onde as mudas foram levadas para o campo depois do semeio em bandejas de polietileno. Para garantir o sucesso no transplântio e sobrevivência das mudas, a irrigação com as diluições de água produzida tratada só foram iniciadas 20 dias após o cultivo, anteriormente a irrigação era apenas por água de abastecimento. O espaçamento utilizado no experimento foi de 1,0 m entre fileiras de plantas por 0,60 m entre plantas.

Os 25 vasos receberam as mudas no dia 14 de setembro de 2017. Os vasos

foram preenchidos com brita nº zero e com o Argissolo Vermelho Distrófico Típico peneirado que foi coletado na Fazenda Experimental da UFERSA. O preenchimento das parcelas foi concluído com a adubação de fundação em todos os vasos com uma única aplicação de uréia, MAP, cloreto de potássio e ácido bórico.

Todos os dados meteorológicos necessário para determinar a necessidade de irrigação foram coletados a partir de uma estação meteorológica instalada na casa de vegetação onde estava o experimento, para determinar a demanda hídrica do girassol foi utilizado os coeficientes de ajustes em função da evapotranspiração de referência (ET_o). O ciclo do girassol foi de 90 dias após o transplântio (DAT), ao todo foi aplicada uma lâmina bruta de 435,35 mm para cada tratamento, onde a quantidade de água produzida e água de abastecimento foi dividida em função da porcentagem referente a cada diluição.

3.6 Atributos químicos do solo após aplicar as diluições de água produzida tratada

A caracterização química do solo foi feita a partir da coleta das amostras em cada vaso nas profundidades de 0 a 0,10m e de 0,10 a 0,20m, seguindo recomendações propostas por Teixeira et al. (2017), onde foram realizadas as seguintes análises: potencial hidrogeniônico (pH) por pHmetro, condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) por condutímetro, sódio (Na⁺) por fotômetro de chama, cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) pelo método titulométrico.

3.7 Análise estatística

Para a avaliação dos dados referentes ao solo antes da irrigação com as diluições foi considerado o delineamento em blocos casualizados com cinco repetições e cinco tratamentos, onde as parcelas eram os tratamentos e as subparcelas eram as profundidades que foram coletadas as amostras, de 0 a 0,10m e 0,10 a 0,20m.

Em relação às características do solo, os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa computacional SISVAR (Sistemas para Análises de Variância) desenvolvido por Ferreira (2011), realizando teste de Tukey e contrastes ortogonais para comparação múltipla das médias.

Costa et al. (2018) propuseram em seu trabalho uma combinação dos contrastes com as médias dos tratamentos, sendo expressa da seguinte forma: 1) tratamento T5 versus demais tratamentos (T1, T2, T3 e T4); 2) tratamento 4 versus tratamentos T1, T2 e T3; 3) tratamento T3 versus tratamentos T1 e T2 e 4) tratamento T2 versus tratamento T1. Sendo assim, os contrastes utilizados foram:

$$C1 = 12 m_1 + 12 m_2 + 8 m_3 + 10 m_4 - 42 m_5$$

$$C2 = 30 m_1 + 30 m_2 + 20 m_3 - 80 m_4$$

$$C3 = 6 m_1 + 6 m_2 - 12 m_3$$

C4 = 6 m₁ - 6 m₂

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química do solo irrigado com diluições de água produzida tratada em água de poço

A Tabela 4 traz a análise estatística do teste de Tukey realizada nos solos que receberam irrigação com os tratamentos de água produzida tratada.

Diluições	Características químicas do solo				
	pH	CE _{es}	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		dS m ⁻¹	mg dm ⁻³cmol _e dm ⁻³	
100AP0AT	7,49	0,47	259,56	1,01	0,58a
74AP25AT	7,54	0,50	307,44	1,08	0,74ab
50AP50AT	7,73	0,51	279,17	1,19	0,85ab
25AP75AT	7,70	0,45	332,95	1,25	0,95ab
0AP100AT	7,57	0,59	310,83	1,12	1,05b
Média	7,60	0,50	297,99	1,13	0,838
CV 1 (%)	4,35	29,46	50,49	21,94	32,81
CV 2 (%)	5,54	19,12	42,35	25,0	34,47
Erro-padrão	0,104	0,047	47,57	0,078	0,087
Probabilidade	NS	NS	NS	NS	0,013*
Probabilidade dos contrastes (decimal)					
Contraste C ₁ : 0AP100AT Vs (100AP0AT + 75AP25AT + 50AP50AT + 25AP75AT)	NS	NS	NS	NS	0,009**
Contraste C ₂ : 25AP75AT Vs (100AP0AT + 75AP25AT + 50AP50AT)	NS	NS	NS	NS	0,002**
Contraste C ₃ : 50AP50AT Vs (100AP0AT + 100AP0AT)	NS	NS	NS	NS	NS
Contraste C ₄ : 75AP25AT Vs 100AP0AT	NS	NS	NS	NS	NS

Tabela 4 - Características químicas do solo irrigado com diluições de água produzida tratada em água de poço. Nota: pH – Potencial hidrogeniônico; CE_{es} – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; K⁺ – Potássio; Na⁺ – Sódio; Ca²⁺ – Cálcio; Mg²⁺ – Magnésio. C₁ = 12 m₁ + 12 m₂ + 8 m₃ + 10 m₄ - 42 m₅; C₂ = 30 m₁ + 30 m₂ + 20 m₃ - 80 m₄; C₃ = 6 m₁ + 6 m₂ - 12 m₃; C₄ = 6 m₁ - 6 m₂. Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. ** e *Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. NS - Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Acervo do pesquisador (2019).

Analisando a Tabela 4, constata-se que os atributos pH, condutividade elétrica no extrato de saturação, cálcio e sódio não apresentaram efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. O resultado da análise estatística mostrou que apenas para magnésio (Mg²⁺) ocorreu efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O tratamento contendo apenas água de poço (100AP0AT) apresentou valor

de pH inferior aos demais devido a água ter uma concentração de sais menor que os outros tratamentos. Comparando com o estado inicial do solo antes da irrigação acontecer, constata-se que o pH no solo aumentou após irrigá-lo com água produzida tratada pois a condição das diluições já apresentava um pH elevado.

O pH no solo é dividido em função das classes agronômicas de interpretação da acidez do solo. Valores menores que 4,5 são considerados muito baixo; entre 4,5 e 5,4 baixo; 5,5 a 6,0 bom; 6,1 a 7,0 alta e maior que 7,0 considera-se como muito alto. Considerando especificações para empreendimentos agrícolas e florestais, o pH encontrado nos tratamentos apresenta-se como muito alto (RIBEIRO et al., 1999).

Os tratamentos não apresentaram variação estatística para os contrastes ortogonais em relação a CEes. No geral, obteve-se uma média de 0,50 dS m⁻¹. Estatisticamente, esse atributo não apresentou efeito significativo pelo teste de Tukey.

De acordo com Miranda et al. (2016), a cultura do girassol é considerada moderadamente sensível à salinidade. A produtividade da cultura está associada ao teor de sais no solo e na água de irrigação, onde a CE não deve exceder o valor de 1,1 dS m⁻¹ para não ocorrer redução em seu rendimento.

A média de sódio nos tratamentos foi de 297,99 mg.dm⁻³. Não houve variação estatística entre os contrastes ortogonais, assim como nos tratamentos. Teores elevados de Na⁺ no solo podem trazer problemas estruturais para o solo, afetando os poros e auxiliando na alteração a infiltração e condutividade hidráulica (VELOSO, 1991). A dispersão de argila no solo pode provocar uma redução na estabilidade dos agregados do solo, onde a fração argila consegue ser facilmente conduzida para zonas mais superficiais do solo (SILVA, 2003).

Os valores médios de Ca²⁺ no solo variaram de 1,01 cmol_c dm⁻³ para o 100AP0AT e 1,25 cmol_c dm⁻³ para o 25AP75AT. A classe de interpretação de fertilidade do solo proposta por Ribeiro et al. (1999) constata-se que as concentrações de Ca²⁺ no solo irrigado com as diferentes diluições de água produzida tratada está na faixa considerada baixa em relação ao cálcio trocável no solo, apenas o 25AP75AT é classificado como fertilidade média.

Evidenciou-se que as diluições de água produzida tratada em água de abastecimento causaram efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no atributo Mg²⁺ no solo. Os resultados mostraram um incremento de magnésio trocável no solo para cada aumento na quantidade de água produzida tratada colocada na diluição, sendo que o tratamento 100AP0AT obteve o menor valor com 0,58 cmol_c dm⁻³ e o T5 a maior concentração com 1,05 cmol_c dm⁻³.

Os contrastes C1 e C2 apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade, onde o tratamento 0AP100AT difere da soma das médias dos demais tratamentos e o tratamento 25AP75AT tem uma concentração de Mg²⁺ diferente da soma dos tratamentos 100AP0AT, 75AP25AT e 50AP50AT.

Seguindo a classe de interpretação de fertilidade do solo para complexo de troca catiônica de Ribeiro et al. (1999), o magnésio é classificado como muito baixo (<

0,15 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), baixo (0,15 a 0,45 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), médio (0,46 a 0,90 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), bom (0,91 a 1,50 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e muito bom ($>1,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). A média das concentrações de magnésio trocável encontrados nos solos irrigados com as diferentes diluições se enquadram como: tratamento 100AP0AT considera-se muito baixo; 75AP25AT e 50AP50AT são de média fertilidade, 25AP75AT e 0AP100AT apresentam-se com boa fertilidade.

A partir da análise das características química do solo após a irrigação com as diluições de água produzida tratada em um ciclo de 90 dias é possível afirmar que as avaliações e monitoramento da qualidade do solo devem ser feitas constantemente, tendo em vista que quanto maior a lâmina de irrigação aplicada no solo e o ciclo da cultura, maior será a concentração dos atributos analisados.

4.1.1 Análise de Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) e Sódio (Na^+) no perfil do solo ao final do ciclo do girassol.

A Figura 3 mostra os valores de pH, CEes, Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ nas profundidades de 0 a 0,10m e 0,10 a 0,20 m. Na Figura 3A foi verificado que o solo que apresentou menor valor de pH foram aqueles irrigados apenas com água de poço e todos os tratamentos se enquadram na classificação agrônômica de Ribeiro et al. (1999) como pH muito alto. Em relação ao comportamento do pH no perfil do solo foi visto uma tendência a decrescer seu valor em camadas mais profundas.

Miranda et al. (2016) no trabalho irrigando com água produzida tratada a cultura do girassol em três ciclos constataram que o pH do solo apresenta variação de acordo com o ciclo de cultivo e o tipo de tratamento empregado na água produzida. Foi visto que o tratamento utilizando a osmose reversa apresentou valores inferiores a água de captação do aquífero Açú e a água produzida tratada pelo método da filtração.

Em geral, houve uma tendência de redução dos valores médios de pH provavelmente ao fato de ocorrer lixiviação de sais para as camadas subsuperficiais, assim como uma variação nos teores de argila em cada camada do solo, acarretando uma possível sorção dos sais (COSTA, 2017).

A salinidade do solo causa uma série de impactos no desenvolvimento das plantas, podendo aumentar a concentração de sais nas raízes de maneira progressiva e causar problemas no rendimento de culturas sensíveis a elevadas concentrações de sais.

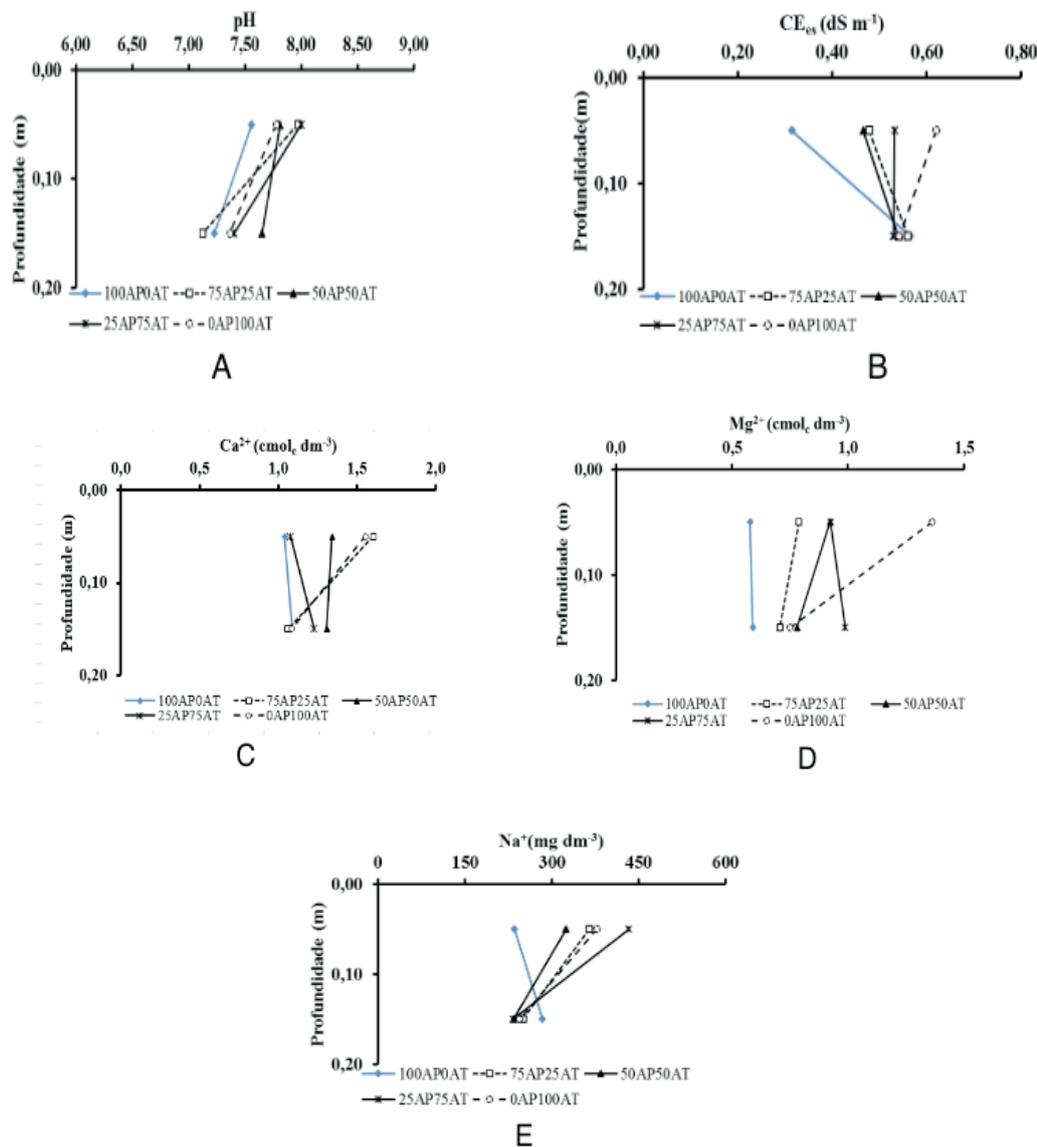


Figura 3 – Valores de pH (A), CE_{es} (B), Ca²⁺ (C), Mg²⁺ (D) e Na⁺ (E) do solo sob aplicação de água produzida em função da profundidade de cada tratamento. Fonte: Acervo do pesquisador (2019).

Na Figura 3B, apenas o tratamento 100AP0AT apresentou características de lixiviação devido ao processo de irrigação drenar os teores de sais na superfície do solo. Nos outros tratamentos observou-se uma tendência de pouca variabilidade da condutividade elétrica em função da profundidade. Ayers e Westcot (1999) citam que na camada superficial do solo alguns fatores podem fazer com que ocorra o acúmulo de sais, tais como: evaporação da água na superfície do solo, acarretando uma maior concentração de sais; lixiviação contínua e substituição dos sais nas proximidades da zona úmida.

Os tratamentos 100AP0AT, 75AP25AT, 50AP50AT e 25AP75AT apresentaram um pequeno incremento no valor de condutividade elétrica ao longo do perfil do solo. Já o tratamento 0AP100AT comportou-se de maneira distinta, a concentração de sais foi maior nas camadas superficiais. O resultado encontrado no presente estudo corrobora com Costa (2017), onde a aplicação de diluições de água residuária de

laticínios aumentou a condutividade elétrica do solo em camadas com maiores teores de argila e devido à lixiviação.

Essa tendência de acréscimo da CE a partir do aumento da quantidade de água produzida tratada disposta no solo ocorre em função do aumento do valor da condutividade elétrica nas águas de diluição, evidenciando assim resultados semelhantes aos de Miranda et al. (2016), onde a irrigação com água produzida tratada por filtração aumentou a CE_{es} em relação ao solo irrigado apenas com água de abastecimento praticamente em todo seu perfil.

A Figura 3C mostra o comportamento das concentrações de Ca^{2+} no perfil do solo. O tratamento contendo apenas água de poço apresentou menores concentrações de Ca^{2+} ao longo do perfil do solo. Para a maioria dos tratamentos (75AP25AT, 0AP100AT e 50AP50AT) apresentam maiores concentrações de cálcio nas camadas superficiais, onde 75AP25AT e 0AP100AT mostram um decréscimo considerável quando se aumenta a profundidade. Resultado semelhante foi encontrado por Crisóstomo et al. (2018), onde as concentrações de cálcio e magnésio trocáveis foram maiores na camada superior do solo irrigado com água produzida tratada por osmose.

Para o magnésio trocável, apenas o tratamento 0AP100AT reduziu consideravelmente ao longo do perfil (Figura 3D), os outros tratamentos não apresentaram oscilações consideráveis. O incremento de Mg^{2+} no solo foi proporcional à aplicação de água produzida tratada nas diluições. Considerando que o tratamento 0AP100AT possui a maior concentração de Mg^{2+} no solo, a maior parte desse elemento se deslocou para a zona superficial, pois a matéria orgânica reteve esse nutriente.

Os resultados encontrados nesse trabalho corroboram com os valores de magnésio trocável no solo constatados por Crisóstomo et al. (2018), onde as concentrações de Mg^{2+} ocorreram em maiores concentrações nas camadas superficiais.

A Figura 3E evidencia que as concentrações médias de Na^{+} na maioria dos tratamentos apresentou uma redução de seus valores em função da profundidade, apenas o tratamento 100AP0AT mostrou uma tendência de aumento da concentração nas camadas mais profundas. Segundo NSW (2010), em concentrações elevadas, o sódio pode causar problemas na estrutura do solo, como dispersão, redução da infiltração de água, forma uma camada compactada e intensifica os processos de erosão.

Crisóstomo et al. (2018), constatou que no ciclo do abacaxizeiro ornamental irrigado, a água produzida tratada por osmose reversa proporcionou no solo uma concentração menor de Na^{+} em relação a água produzida tratada por filtração.

NSW (2010) explicita que solos que tiveram irrigação prolongada com águas residuárias podem apresentar problemas no futuro, pois um inadequado manejo do solo aliada a falta de recomendações agronômicas provocam efeitos adversos na estrutura do solo, causando a dispersão das argilas, problema na drenagem e prejudica o desenvolvimento das culturas.

5 | CONCLUSÕES

As análises realizadas no solo após irrigação com as diluições de água produzida tratada em água de abastecimento, verificou-se que dentre todos os atributos químicos avaliados, somente o Mg^{2+} apresentou efeito significativo. Sua concentração no solo aumentou juntamente com o incremento de água produzida tratada aplicada.

A análise por contrastes ortogonais revelou que houve incremento do magnésio nos tratamentos 25AP75AT e 0AP100AT.

A diluição 75AP25AT foi a mais recomendada para fins de irrigação, pois minimizou as alterações químicas no Argissolo estudado.

Por fim, ressalta-se que outras variáveis como metais pesados e hidrocarbonetos presentes na água produzida devem ser monitoradas para comprovar que a aplicação da água no solo é um método eficiente de disposição do efluente gerado na produção do petróleo.

REFERENCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1999. 218p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado).

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, p. 711–728. 2013.

COSTA, A. G. **Utilização de efluente de laticínios na produção do mandacaru sem espinho (*Cereus hildmannianus* k. schum) no semiárido brasileiro**. 2017. 86p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2017a. Disponível em: <<https://ppgmsa.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/59/2014/10/DISSERTACAO-Andreza-Grasielly-Costa.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018a.

COSTA, A. G.; ALVES, S. M. C.; BATISTA, R. O.; MENDES, H. C.; SOUZA, D. I. M. **Chemical Characteristics of Irrigated Ultisol with Dairy Effluent Dilutions**. FLORAM, v. 25, p. 1-9, 2018.

CURBELO, F. D. S. **Estudo da remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e hidrofobizada**. 2002. 102 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2002.

CRISÓSTOMO, L. A.; Weber, O. B.; MIRANDA, F. R.; ARAGÃO, F. A. S.; BEZERRA, F. C.; MOSCA, J. L. **Reuso da água produzida na irrigação do abacaxizeiro ornamental: efeitos sobre as características químicas do solo**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018. 27 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa Solos; 2013. 590p.

FAKHU'L-RAZIA, A.; PENDASHTENA, A.; ABDULLAHA, L.; BIAK, D.; MADAENIC, S.; ABIDINA, Z. **Review of technologies for oil and gas produced water treatment**. Journal of Hazardous Materials. vol. 170,p. 530–551, out. 2009.

FERREIRA, B. H. **Estudo dos processos de tratamento de água produzida de petróleo**. 2016. 48 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: <<https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/3067/1/TCC-2016%202-%20BARBARA%20HELINSKA%20FERREIRA.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

- GABARDO, I. T. **Caracterização química e toxicológica da água produzida descartada em plataformas de óleo e gás na costa brasileira e seu comportamento dispersivo no mar.** 2007 250 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2007.
- MIRANDA, F. R.; CRISOSTOMO, L. A.; WEBER, O. B.; SILVA, F. L. B.; ARAGÃO, F. A. S.; BARROS, M. E. S. **Irrigação com água produzida na extração de petróleo: efeitos sobre a salinidade do solo e a produtividade da mamoneira.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016.29 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147549/1/BPD16010.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- MOTTA, A. R. P.; BORGES, C. P.; ARAUJO, K. P. & BRANCO, L. P. N. **Tratamento de água produzida de petróleo para remoção de óleo por processos de separação por membranas: revisão.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, p.15-26, 2013.
- NEFF, J.; LEE, K.; DEBLOIS, E. M. **Produced water: Overview of composition, fates and effects.** Cap. 1 In: *Produced water, environmental risks and advances in mitigation technologies.* Springer Science, 608p. 2011.
- NSW – **Effluent reuse management.** Austrália: Department of Environment and Climate Change and Water NSW, 2010. 65 p.
- OGP, 2005. **Fates and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment.** International Association of Oil and Gas Producers. v. 364, 42p.
- PINHEIRO, R.; TRAVALLONI, A. M.; JÚNIOR, G. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; AQUINO, O.; ORLANDO, A. E. **Projeto Piloto de Irrigação com Água Produzida no Campo de Fazenda Belém.** In: RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111139/1/AAC14001.pdf>> Acesso em: 30 jan. 2019.
- RÊGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, ALVES, J. J; LIMA, R. N. S. **Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil.** *Revista Caatinga*, n. 29, p. 1036-1042, 2016.
- RIBEIRO A. C, GUIMARÃES P. T. G, ALVAREZ V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa: CFSEMG; 1999. 322p.
- SILVA, I. N; FONTES, L. O; TAVELLA, L. B; OLIVEIRA, J. B; OLIVEIRA, A. C; **Qualidade da água de irrigação. Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 3, n. 7, p.01-15, jul. 2011.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA G. K.; WENCESLAU, A. F.; TEIXEIRA, G. **Manual de métodos de análise de solo.** 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573 p.
- WANG, X.; GOUAL, L.; COLBERG, P. J. S. **Characterization and treatment of dissolved organic matter from oilfield produced waters.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 30, p. 164-170. 2012.
- VELOSO, M. E. C. **Efeitos de diferentes qualidades de água sobre algumas propriedades físico-químicas de um Brunizem Avermelhado.** 1991. 51p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000177&pid=S0100-0683200900060000600031&Ing=pt>. Acesso em 2 out. 2018.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Júlio César Ribeiro - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade de Taubaté - SP (UNITAU); Técnico Agrícola pela Fundação Roge - MG; Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Doutor em Agronomia - Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Pós-Doutorado no Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta do Departamento de Solos da UFRRJ. Possui experiência na área de Agronomia (Ciência do Solo), com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, fertilidade, química e poluição do solo, manejo e conservação do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

Carlos Antônio dos Santos - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ; Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboaticabal-SP; Mestre em Fitotecnia pela UFRRJ. Atualmente é Doutorando em Fitotecnia na mesma instituição e desenvolve trabalhos com ênfase nos seguintes temas: Produção Vegetal, Horticultura, Manejo de Doenças de Hortaliças. E-mail para contato: carlosantoniokds@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açúcares 25, 26, 28, 34, 81, 82, 83, 84, 85, 87

Agricultura de precisão 7, 167

Água residuária 10, 11, 20

AHP 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Algaroba 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Amostragem em suspensão 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33

Análise 1, 2, 3, 6, 10, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 67, 70, 82, 95, 96, 99, 101, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 117, 119, 127, 138, 140, 144, 157, 163, 165, 170, 171, 172, 179, 180, 183, 184, 190, 194, 196, 197, 198, 199, 206, 207, 211, 219, 221, 226, 227, 231, 242, 246

Análise envoltória de dados 58, 60, 67

Análise funcional 226, 227, 242

Artocarpus altilis 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 99, 100

Atividade antiparasitária 102

Avanços 78, 123, 202, 213

B

Bitcoin 222, 223, 224, 225

C

Canteiros de obras 145, 146, 155, 156

Celulose 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 126

Chuva 36, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 47, 76

Ciclo educacional 179, 183

Ciclo vegetativo 7, 49, 53, 55, 56

Códigos linguísticos 189

Commodities 58, 59

Construção civil vertical 145

Curso agrotécnico 189

E

Educação 9, 68, 69, 79, 89, 158, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 201, 202, 203, 209, 210, 211, 212, 213, 221, 245, 263, 265

Ensino 67, 92, 179, 180, 182, 183, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 243, 245, 252, 255, 256, 263

Ensino de ciências 189, 200, 201, 209, 211, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 252

Espaço não formal 199, 201, 209, 210

Espaços métricos 226, 227, 228, 231, 232, 236, 242

Evapotranspiração 16, 37, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 169

F

F AAS 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 35

Fitoquímica 90, 99, 100

Fósforo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14

G

Geoestatística 167, 171

Gerenciamento de RCC 145, 146, 147, 148, 151, 154, 155

Gráficos 117, 119, 254, 255, 256, 263

H

Hymenaea courbaril 101, 102, 104, 105, 112, 113

I

Imagens 135, 136, 137, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 176, 177, 217, 242, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261

Índices de vegetação 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176

Indústria de papel 68, 70, 75

Indústria têxtil 68, 70, 75, 79

Investimento 179, 180, 183, 184, 185, 222

L

Leap-Frog 158, 159, 160

Lei de Hooke 243, 245, 246, 247, 248, 251, 252

Letramento científico 199, 203, 209, 210

M

Medição 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 160, 161

Melado de cana 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 84

Metais 3, 9, 12, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 126, 176

Meteorologia 36, 37, 39, 53

Micro-ondas 26, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Moda sustentável 68, 79

Modelos hiperbólicos 222, 223, 225

Moraceae 89, 90, 91, 100

N

Não-linearidade 243, 251

Nivelamento 74, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165

Nutrição de plantas 1

O

Oportunidade 179, 180, 182, 185, 186, 191, 256

P

Papel 2, 58, 59, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 128, 192, 206, 213, 216, 227, 231, 246, 249

Parâmetros 24, 27, 28, 30, 33, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 115, 116, 119, 137, 160, 163, 168, 174, 175, 177, 191, 222, 223, 224, 255, 263

Perímetro irrigado 1, 3, 8

Petróleo 1, 9, 10, 11, 13, 22, 23

Prosopis 81, 82, 87, 88

Q

Química verde 33, 123, 128

R

Recuperação 11, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140, 143, 144

Regressão polinomial 243, 246, 251

Renda 49, 81, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186

Resíduos sólidos 68, 71, 76, 77, 80, 146, 147, 148, 155, 156

Restauração 132, 133, 134, 137, 138, 139, 143, 244, 245

Reuso 10, 22, 71, 72, 80, 132, 133, 137, 138, 140, 141, 142, 143

S

Saneantes 115, 117, 118, 121

Sequências de Cauchy 226

Simbiose industrial 68, 70, 71, 77, 78

Síntese 90, 104, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 220

T

Topografia 138, 139, 143, 158, 159, 165

Trading 222, 223

Trypanosoma cruzi 101, 102, 103, 111, 112

V

Validação de métodos 24, 34

Variáveis 22, 38, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 117, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 194, 204, 211, 222, 224, 254, 256

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-680-5

