



CIEEMAT`19

The 5th Ibero-American Congress on
Entrepreneurship, Energy, Environment
and Technology

PROCEEDINGS



5th Ibero-American Congress on

Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology

11th – 13th September 2019

Portalegre, Portugal

ISBN 978-84-17934-30-9



Portugal, September 2019

ORGANIZING COMMITTEE

Conference Management

Chairman: Ronney Arismel Macnebo Boloy, PhD. (Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Brasil)

Chairman: Paulo Brito, PhD. (Polytechnic Institute of Portalegre, Portugal)

Chairman: Luis Pais, PhD. (Polytechnic Institute of Bragança, Portugal)

Chairman: José Luis Calvo Rolle, PhD. (Universidade de La Coruña, España)

Vocal: Ramon Sanguino Galvan, PhD. (Universidade de Extremadura, España)

Vocal: João Leitão, PhD (Lisbon Technical University and University of Beira Interior, Portugal)

Conference Manager: Monica Martins
(Theorem Conferences, United Kingdom)

SCIENTIFIC COMMITTEE

- Ph.D. Eliseu Monteiro (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Isabel Machado (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. João Miranda (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Paulo Brito (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Luiz Rodrigues (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Valentim Realinho (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Nicolau Almeida (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Rato Nunes (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Luís Filipe Vieira Ferreira (Lisbon Technical University, Portugal)
- Ph.D. Mário Costa, M. (Lisbon Technical University, Portugal)
- Ph.D. António Macías García (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Josélia Pedro (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. José Luís Calvo Rolle (Coruña University, Spain)
- Ph.D. Margarida Gonçalves, (UNL-FCT, Portugal)
- Ph.D. Awf Al-Kassir Abdulla, (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Ronney Arismel Mancebo Boloy, (GEEMAT-CEFET/RJ, Brazil)
- Ph.D. Amílton Ferreira Junior, (GEEMAT-CEFET/RJ, Brazil)
- Ph.D. Daniel de Cerqueira Lima e Penalva dos Santos, (IFPE, Brazil)
- Ph.D. Abel Rouboa (UTAD, Portugal)
- Ph.D. Valter Silva (University of Porto, Portugal)
- Ph.D. Luís Tarelho (University of Aveiro, Portugal)
- Ph.D. Ricardo Chacartegui, (University of Seville, Spain)
- Ph.D. Tamer Ismail, (Suez Canal University , Egypt)
- Ph.D. Cândida Vilarinho, (CVR, Minho University, Portugal)
- Ph.D. Pedro RibeiroMucharreira (Institute of Education, University of Lisbon, ISCE-Institute for Education Sciences, Portugal)
- Ph.D. Marina Godinho Antunes (ISCAL-Lisbon Higher Institute for Accounting and Administration, Portugal)
- Ph.D. Ramón Sanguino Galván (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Eduardo Álvarez Álvarez (University of Oviedo, Spain)
- Ph.D. Manuel Rico Secades (University of Oviedo, Spain)
- Ph.D. António Navarro-Manso (University of Oviedo, Spain)
- Ph.D. Sílvia Román Suero (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Santiago Cambero Rivero (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. María Isabel Sánchez Hernández (University of Extremadura, Spain)
- Professor Claire Seaman (Queen Margaret University, United Kingdom)
- Ph.D. Luís Silva (Polytechnic Institute of Porto, Portugal)
- Ph.D. Aizhan Salimzhanova (Kazakh State Women's Teacher Training University, Kazakhstan)
- Ph.D. Luís Loures (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Abel Rodrigues (National Institute of Agrarian and Veterinary Research, Portugal)
- Ph.D. José Luis Canito Lobo (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Diego Carmona Fernández (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Christopher Sá (Polytechnic Institute of Porto, Portugal)
- Ph.D. Jerónimo González Cortés (Centre for Scientific and Technology Research of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Muhammad Ghaffar Doggar (COMSATS, Pakistan)
- Ph.D. Naem Abas Kalair (University of Gujrat, Pakistan)
- Professor Artur Romão (Pro-President for Employment and Entrepreneurship at the Portalegre Polytechnic Institute and C3i/IPPPortalegre)

SPONSORS & PARTNERS

SPONSORS



CONFERENCE MANAGEMENT



MEDIA PARTNERS



CONFERENCE JOURNALS



inventions

an open access journal by MDPI



proceedings

an Open Access Journal by MDPI



resources

an Open Access Journal by MDPI



technologies

an Open Access Journal by MDPI

CONTENT

Indicators of Quality and Sustainability in the Logistics Sector of Organic Products <i>Lais Alves, Felipe Velihovetchi, Elaine Vazquez</i>	1
A evolução da pequena agricultura <i>Rui Alves, Duarte Pousa, João Paulo Pereira, Pedro Oliveira</i>	2
MUSICALIZAÇÃO NA EDUCAÇÃO INFANTIL DA REDE PÚBLICA DE UMA CIDADE CAPIXABA/BRASIL <i>Kamilla Alves de Andrade, Fernanda Matos de Moura Almeida, Maria das Graças Gonçalves Vieira Guerra</i>	7
O IMPACTO DA CAFEICULTURA FRENTE AO COMÉRCIO DE IÚNA-ES/ BRASIL <i>Maycon de Freitas Junger, Sávio Dias de Oliveira, Fernanda Matos de Moura Almeida, Maria das Graças Gonçalves Vieira Guerra</i>	14
O USO DAS REDES SOCIAIS COMO FERRAMENTA DE MARKETING NO RAMO MOVELEIRO DE IÚNA-ES/BRASIL <i>Amanda da Silva Guedes Martins, Kellen Stephanny Silveira Alves, Leonardo de Oliveira Vargas, Ériton Antônio Cezar de Assis, Fernanda Matos de Moura Almeida, Maria das Graças Gonçalves Vieira Guerra</i>	21
PRÁTICAS DE LEITURA DESENVOLVIDAS EM UMA CRECHE NO INTERIOR DO ESPÍRITO SANTO/BRASIL <i>Amanda Freitas de Castro, Laurides Pimentel Henrique, Simone Mendes Alves, Júnia Moreira de Freitas, Fernanda Matos de Moura Almeida, Maria das Graças Gonçalves Vieira Guerra</i>	28
Análise dos fatores que influenciam a velocidade de desenvolvimento de novos produtos <i>Renata de Oliveira Mota, Moacir Godinho Filho</i>	36
Estratégia de Produção e práticas Lean-Green: um mapeamento da literatura <i>Genadra Alves Queiroz, Ivete Delaj, Alceu Gomes Alves Filho</i>	42
Desempenho de misturas binárias e ternárias de gasolina, biogásolina e etanol em motores de ignição comandada <i>Luis Durão, Joaquim Costa, Francisco Brito, Jorge Martins, Margarida Gonçalves</i>	50
THE ATRIUM THERMAL EFFECT ON ENERGY BEHAVIOR IN BUILDINGS. AN EXPERIMENTAL CASE-STUDY <i>José António Romero Odero, Carmen Galán Marín, Carlos Rivera Gómez</i>	56
Economic evaluation of thermo-chemical conversion of lignocellulosic and WEEE residues via thermal gasification <i>Roberta Mota Panizio, Luís Felipe do Carmo Calado, Octávio Alves, Bruno Garcia, Santa Margarida Santos, Paulo Sergio Duque de Brito</i>	61
Filamento a base de ácido poliláctico y kenaf para impresión 3D <i>Manuel Acevedo Serrano, Luis Royano Barroso, Ana Parralejo Alcobendas, Juan Cabanillas Patilla, Jerónimo González Cortés</i>	66
Water washing to improve the quality of solid biofuel from plum tree pruning biomass <i>Luis Royano Barroso, Ana Parralejo Alcobendas, Juan Cabanillas Patilla, Jerónimo González Cortés, Juan Félix González González</i>	69
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL PRETRATAMIENTO EN LA GENERACIÓN DE BIOGÁS EN RESIDUOS DE UVA <i>Ana Parralejo Alcobendas, Luis Royano Barroso, Manuel Acevedo Serrano, Juan Cabanillas Patilla, Jerónimo González Cortés</i>	72
ANAEROBIC DIGESTION OF ORANGE PEELWASTE AND SWINE MANURE: A CENTRAL COMPOSITE DESIGN <i>Ana Parralejo Alcobendas, Berta Riaño Irazábal, María Cruz García González, Luis Royano Barroso, Juan Cabanillas Patilla, Jerónimo González Cortés</i>	78

Validation of a Sustainable Model for the Mining-metallurgical Industry in Mexico	
<i>Rosa Elia Martínez Torres, Mariusz Bednarek, Urszula Zulawska.....</i>	<i>83</i>
Use of leachates from a mechanical biological municipal solid waste treatment plant as fertilizers	
<i>Jonathan Cardoso, Maria Vertonha, Juliana Mees, Jose Luis Díaz Tuesta, Paulo Brito, Helder T. Gomes</i>	<i>91</i>
Valorization of acidic waste oils through conversion to biodiesel catalysed by an acidic ionic liquid	
<i>Baú, A.C., Ribeiro, A.E., Queiroz, A.M., Brito, P.....</i>	<i>96</i>
Optimization of reaction conditions for biodiesel synthesis from a waste cooking oil using [HMIM]HSO₄ ionic liquid as catalyst	
<i>Goes, H., Ribeiro, A.E., Queiroz, A.M., Brito, P.....</i>	<i>103</i>
Análise de indicadores de erosão hídrica com uso de simulador de chuva em solos sob condições de seca do Nordeste de Portugal	
<i>Ana Caroline Royer, Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca, Fabiana Costa Arauo Schütz....</i>	<i>110</i>
Energetic valorization of coffee grounds mixed with lignocellulosic biomass in different proportions	
<i>Santa Margarida Santos, Luis Filipe Calado, Octávio Alves, Roberta Panizio, Valter Silva, Paulo Brito</i>	<i>115</i>
Técnicas de caracterização de uma liga de Níquel-Titânio com memória de forma	
<i>Carlos Alberto Rodrigues Andrade, Filipe de Almeida da Silva Soares, Glauco Tapijara Vallicelli Nobrega, Jean César Hilário, Luiz Alberto dos Santos.....</i>	<i>121</i>
A Situação da Formação em Engenharia de Energia: Uma Política Pública para o Setor Energético Brasileiro	
<i>Gisele Maria Vieira, Nival Nunes Almeida, Ronney Arismel Mancebo Boloy, Stella Maris Pires Domingues</i>	<i>126</i>
Análise do Desempenho Energético de um Edifício de Serviços – O Caso do Quartel dos Bombeiros Voluntários de Bragança	
<i>Sónia Cova, Orlando Soares, Carlos Andrade.....</i>	<i>131</i>
Small scale power generation Unit using Biomass gasification: The SUBe Project	
<i>Fernanda Resende, Valter Silva, Miguel Mendonça, António Barbosa, Paulo Brito, João Azevedo, Arlindo Almeida, Helder Gomes.....</i>	<i>137</i>
Performance improvement of a wind generation system using numerical methods in its power extraction algorithms	
<i>O. Carranza, D. Memije, J.J. Rodriguez, R. Ortega</i>	<i>143</i>
Project Based Learning in the Classroom: Application in a Computer Science Undergraduate Degree, applied to a Computer Architecture Course	
<i>Sérgio Correia, L. F. Rodrigues, J. P. S. Carrondo.....</i>	<i>149</i>
Impacto de la Metodología de Innovación Holística en las competencias de creatividad de los estudiantes mentores del programa de reciclaje de Impulsa Perú	
<i>Isaac Zúñiga Aguilar.....</i>	<i>154</i>
Simulation of a Billet Heating Furnace	
<i>Sérgio Costa, Isabel Malico, Daniel Santos, Miguel Barão, Teresa Gonçalves, Luís Rato, Paulo Canhoto, Rui Lima, Sofia Oliveira, Paulo Fontes, Susana Cravo.....</i>	<i>160</i>
Application of Near-Infrared Spectroscopy and Chemometrics for real-time monitoring during a chlorophyll extraction process	
<i>Corro-Herrera, Victor; Aguilar-Uscanga Maria; Mancebo Boloy, Ronney Arismel; Lienqueo, Maria Elena</i>	<i>165</i>

Modifications on the thermal degradation of unwanted biomass as a result of previous catalyzed hydrothermal treatment	
<i>Silvia Román, Mara Olivares, Beatriz Ledesma, Sergio Nogales, Carmen García</i>	<i>169</i>
Estimación del potencial energético solar en el sector centro-oriente de Bogotá - Colombia, a partir de medidas de irradiación solar global	172
A Importância da Tributação Verde para o Desenvolvimento Sustentável: Uma Abordagem Jurídico-Económica	
<i>Sara Sousa e Sofia Ligeiro</i>	<i>178</i>
Efeito da aplicação de condicionadores do solo na biodisponibilidade de metais pesados	
<i>Desiree Lameo Silva, Manuel Rodrigues, Tatiane Bosco, Margarida Rodrigues.....</i>	<i>184</i>
IDENTIFICANDO CONFLICTOS ENTRE GRUPOS DE STAKEHOLDERS EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA TRANSFRONTERIZA MESETA IBÉRICA (ESPAÑA-PORTUGAL).....	189
Valoración Económica De Los Activos Ambientales Del Ecosistema De La Laguna De Pacucha, Distrito De Pacucha, Provincia De Andahuaylas De La Región Apurímac	
<i>Barrial, Delgado, Huaman, Tapia, Rodrigo</i>	<i>190</i>
Interpretações climáticas aplicadas à arquitetura bioclimática e eficiência energética nas edificações de Caxias do Sul – RS	
<i>Isabel Consoli, Juceane Biava, Fabio Cantu.....</i>	<i>191</i>
Sistemas de energía eléctrica a partir de paneles solares en comunidades del Estado de México	
<i>Alcia Cid Reborido, Pedro Tecanhuey, Jaime Samaniego.....</i>	<i>197</i>
Obtenção e caracterização físico-química de uma membrana biológica de fibroína obtida a partir do casulo do bicho da seda	
<i>Ingrid Lima, Mara Paresque, Bonifácio Fialho de Oliveira, Heleno Souza da Silva, Renata Simão, José de Castro</i>	<i>203</i>
Viabilidade do Ambiente de Contratação Livre para Órgãos Públicos	
<i>Humberto de Oliveira Trindade.....</i>	<i>208</i>
Influence Of Courtyard Design On The Effectiveness Of A Shading Device	
<i>Victoria Cabeza, Carmen Marín, Carlos Gómez</i>	<i>216</i>
Transitional Spaces As Buildings Thermal Regulators. Adaptive Comfort Criteria	
<i>Eduardo Mellado, Carmen Marín, Carlos Gómez.....</i>	<i>222</i>
Aplicación de un sistema de ayuda a las decisiones en una región del Noreste de Portugal.	
<i>Marcelo Fagundes Correia, Luís F. Nunes, João Azevedo, Fernando Pérez-Rodríguez, Monica de Castro Pardo.</i>	<i>228</i>
Las SIG en el aula de Historia: Visualización de las murallas históricas de Elvas y Badajoz mediante la utilización de Sistemas de información Geográfica (SIG)	
<i>M. Corrales Serrano, J. Sánchez Martín, J. Moreno Losada, F. Zamora Polo</i>	<i>229</i>
El uso de la realidad virtual como herramienta para el aprendizaje del patrimonio histórico y cultural. Dos ejemplos concretos: Évora y Mérida.	
<i>M. Corrales Serrano, J. Sánchez Martín, J. Moreno Losada, F. Zamora Polo</i>	<i>230</i>
MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL EFFICIENCY IN THE COUNTRIES OF THE EUROPEAN UNION WITH THE ENHANCED DATA ENVELOPMENT ANALYSIS METHOD (DEA) DURING THE PERIOD 2005-2012	
<i>Manuel Jesús Hermoso-Orzáez</i>	<i>231</i>
Use of biogas from Landfill in the Road TransportSector: Current State	

<i>Jéssica M. Machado, Gisele M. R. Vieira, Ronney A. M. Boloy</i>	232
ANALYSIS AND ENERGY CERTIFICATION OF AN ANDALUSIAN PUBLIC HEALTH CENTER OF THE YEAR 1957. COMPARATIVE BETWEEN THE GENERAL OPTION AND SIMPLIFIED PROCEDURES.	
<i>Francisco Javier Montiel Santiago</i>	238
ANÁLISIS Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN CENTRO SANITARIO PÚBLICO ANDALUZ DEL AÑO 1957. COMPARATIVA ENTRE LA OPCIÓN GENERAL Y LOS PROCEDIMIENTOS SIMPLIFICADOS.	
<i>Francisco Javier Montiel Santiago</i>	239
Numerical simulation of volatile organic compounds during condensation in a vertical tube	
<i>Kaoutar Zine-Dine, Youness El Hammami, Sara Armou, Rachid Mir and Touria Mediouni</i> ..	240
Segurança de Barragens	
<i>Renata Fonseca, Simone Minioli</i>	241
Efeito do uso de condicionadores do solo na lixiviação de metais pesados	
<i>Ana Segatelli, Tatiane Bosco, Margarida Arrobas, Manuel Rodrigues</i>	246
Estudio de demanda térmica de sistema de cocido de corcho para futura integración de sistema de energía solar de media temperatura	
<i>Lozano, Mateos, Galván, Borrego, Córdoba, Calvo</i>	253
Development and design of a software tool for optical simulation of Fresnel collectors	
<i>Sepúlveda, Miranda, Rodríguez Montero, Arranz, Matamoros, Lozano</i>	259
Impacts Of Extreme Climatic Events On The Agricultural And Forestry Systems – Project Impecaf	
<i>Sofia Ramoa, Célia Gouveia, Inês Vieira, Patrícia Páscoa, Catarina Alonso, Pedro Silva, Ana Russo</i>	266
Qualidade de composto orgânico para plantio de hortaliças	
<i>Ana Segatelli, Andressa Pimenta, Giovanni Peixoto, Marcos Silva, Tatiane Bosco</i>	271
Entrepreneurship and regional development in the European Union	
<i>Vítor João Pereira Domingues Martinho</i>	275
Design of tool for the study of the economic viability of solar thermal energy projects for industrial steam generation	
<i>Miranda, Sepulveda, Lozano, Montero, Arranz, Rodriguez, Matamoros</i>	279
Carbon Cycle Assessment Via Global Ecological Human Dimension Modelling	
<i>Safwat H. Shakir Hanna</i>	284
Analisis of relevant factors in the development of solar concentrator plants for industry	
<i>Miranda, Sepulveda, Lozano, Ventura, Montero, Arranz, Rodriguez</i>	292
Análise de Variáveis de Gestão Ambiental em Parques Industriais - O Caso de Estudo da Zona Industrial de Mirandela, Portugal	
<i>Milena Ianela, Artur Gonçalves, Manuel Feliciano, Leonardo Furst, Lorena Rosado, Marina Alejos, Vanessa Corneli, Felipe Romero</i>	296
Avaliação de conforto térmico em Edifícios de Interpretação Ambiental em áreas protegidas no contexto transfronteiriço (Portugal – Espanha)	
<i>Rafael Costa, Artur Gonçalves, António Ribeiro, Manuel Feliciano, Leonardo Furst, Eliane Almeida, Maria Pérez</i>	304
El BIG FIVE como antecedente de la intención emprendedora de los académicos	
<i>Francisco Gómez, Francisco González, Jesús Mayo</i>	311

Características de três bacias hidrográficas de montanha ao longo de um gradiente climático: inferências quanto a riscos hidrológicos

Vinicius Okada, Tomas Figueiredo, Felícia Fonseca, Maurício dos Santos..... 312

Estudo Comparativo Da Microbiologia Do Solo Em Soutos Demonstração: Contributo Para O Desenvolvimento De Estratégias De Adaptação Sustentáveis

Samuel Diegues, Ermelinda Pereira, Sandra Afonso, Maria Patrício 319

Análise das Concentrações de Dióxido de Azoto (NO₂) no Concelho de Lisboa

Mark Farias, Ana Segatelli, Arthur Lima, Vinicius Okada, Manuel Feliciano 324

Technological Prospecting about the Biomass Use as a Source of Energy from the Bibliometric Analysis of Patents

Bárbara Martins, Daniel Santos, Cristina Souza, Ronney Boloy, Rafael Barbastefano, Carlos Correa 331

La Influencia de la Responsabilidad Social Gubernamental y la Legitimidad en la Imagen del gobierno Municipal. Un caso de estudio desde la perspectiva del ciudadano de Valle de Santiago, Guanajuato, México

Jessica Quiroz-García 338

Microrganismos aerotransportados e material particulado em ambiente hospitalar

Lucas D'avila, Manuel Feliciano, Marcia Agustini, Paula Baptista, Cristina Cameirão, Maria Domingues, Vanessa Yamanaka, Ermelinda Pereira..... 362

Sales and prices of still wine from the Portuguese wine regions: Insights for entrepreneurship plans

Vítor João Pereira Domingues Martinho..... 369

Cualidades Térmicas Del Sillar De Arequipa Perú

Luis Carlos Sosa, Edgar Montalvo, Karin Neira 373

A influência dos sistemas de aquecimento doméstico na Qualidade do Ar Interior em habitações

Fabiana Lira, Rafael Arioli, Manuel Feliciano..... 381

Resíduos de Desflurano e Sevoflurano em Bloco Operatório de uma Unidade Hospitalar

Vanessa Yamanaka, Ermelinda Pereira, Joseane Theodoro, Lucas D'avila, Maria Domingues, Manuel Feliciano 389

Análise da Eficiência do Tratamento de Eletrocoagulação de Efluente de Indústria Alimentícia: Eletrodos de Alumínio

Larissa da Silva, Tayla da Luz, Vanessa Yamanaka, Joseane Theodoro 397

Reduction of total phenols, total phosphorus and turbidity by uncatalytic oxidation processes in cheese whey wastewater

Ana Prazeres, Silvana Luz, Fálvia Fernandes, Eliana Jerónimo 403

Uso eficiente da água em condições de clima Mediterrânico. Um caso de estudo na cultura da romãzeira.

Ramôa, Parenzan, Fialho, Guerreiro, Soldado, Catronga, Gonzalez García, Jerónimo, Oliveira e Silva 409

Biogas and Biodiesel Production for Use in Urban Bus Fleet: A Panoramic View in the city of Volta Redond-RJ, Brazil

Kátia de Oliveira, João Travessa, Fernanda Figueiredo, Aldara César, Ronney Boloy..... 415

Avaliação de fluxos de CO₂ do solo de um sistema agroflorestal do Nordeste de Portugal

Luciléia Reis, Maria Patrício, Samuel Diegues, Giovanna Poggere, Manuel Feliciano 424

Análise dos indicadores de Qualidade do Ambiente Interno nas ferramentas de certificação ambiental de edifícios

Isabel Consoli, Carlos Andrade, Ney Tabalipa 431

Evaluación del potencial de tres azúcares simples para la producción hidrógeno por vía fermentativa

<i>Ana Maria Bautista, Dorian Garcia, Angélica Avendaño</i>	<i>437</i>
Aplicación de una herramienta de decisiones en la selección de la mejor práctica agrícola para síntesis de biocombustibles	
<i>Angélica Avendaño, Dorian Garcia</i>	<i>441</i>
Characterization of bioconcrete and the properties for self-healing	
<i>Lais Alves, Leniza Alves, Murilo Mello, Silvio de Barros</i>	<i>444</i>
Project Based Learning as a Tool to fill Intercultural Gap in International Learning Environments	
<i>Luiz Filipe Rodrigues.....</i>	<i>450</i>
Co-gasification of sewage sludge mixed with waste wood in different proportions	
<i>Alves, Calado, Panizio, Santos, Gonçalves, Monteiro, Brito.....</i>	<i>456</i>
Study of divergences between modelling and site works applied to geosynthetics road uses	
<i>Miguel Candel, Pablo Oleden, Carmen Jurado.....</i>	<i>462</i>
Reinforcement of pavements with geosynthetics. Estimation of effective elastic properties.	
<i>Carmen Jurado, Pablo Oleden, Miguel Candel.....</i>	<i>466</i>
On the search of innovative applications of hydrochars: use in soil amendment.	
<i>Teresa Sosa, Juan Alias, Natividad Chaves, Beatriz Ledesma, Silvia Román.....</i>	<i>470</i>

Efeito da aplicação de condicionadores do solo na biodisponibilidade de metais pesados

Desiree Lameo Silva, Manuel Rodrigues, Tatiane Bosco, Margarida Rodrigues

1st Desiree Lameo Silva
Escola Superior Agrária
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
desiree_lameo@hotmail.com

2nd Manuel Ângelo Rosa Rodrigues
Escola Superior Agrária
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
angelor@ipb.pt

3th Tatiane Cristina Dal Bosco
Departamento de Engenharia
Ambiental
Universidade tecnológica Federal do
Paraná
Londrina, Brasil
tatianebosco@utfpr.edu.br

4th Margarida Maria Pereira Arrobas
Rodrigues
Escola Superior Agrária
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal
marrobas@ipb.pt

Abstract— Neste trabalho procura-se avaliar o impacto da aplicação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) ao solo e na acumulação de metais pesados na alface, usando condicionadores como o biochar e zeólitos. Os principais resultados mostram que, quando se comparam dois ciclos de alface, o primeiro foi marcado pela influência do RSU que incrementou a produção de biomassa e a concentração de cromo (Cr) nas plantas, bem como mascarou o efeito dos condicionadores (biochar e zeólitos). Para o segundo ciclo, ressalta-se a atividade do biochar para melhoria da produção de biomassa e disponibilizou mais Cr para as plantas, enquanto os zeólitos contribuíram para o aumento de níquel e cádmio no solo, e a estabilização do RSU a longo do prazo permitiu maior clareza na atuação dos condicionadores, além das condições climática da estação (primavera) terem permitido melhor desenvolvimento das plantas. De modo geral o comportamento dos metais pesados no solo seguiu o padrão que já fora visto na biomassa. Assim, ação dos condicionadores variou em função do tipo de metal presente.

Keywords— Resíduos sólidos urbanos; biochar; zeólitos; metais pesados, *Lactuca sativa*.

^a INTRODUÇÃO

A destinação dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um dos desafios da sociedade atual, pois os hábitos de vida, de consumo e as novas tecnologias causam aumento na quantidade e variedade dos resíduos gerados [1]. Uma das alternativas é a reutilização desses materiais por diferentes métodos de valorização. Porém, para que essa reutilização seja desempenhada de maneira efetiva é necessário conhecer previamente as características dos RSU [2].

Sabe-se que mais da metade dos RSU provêm de resíduos orgânicos. Estes resíduos possuem um grande potencial de decomposição e de posterior reutilização quando tratados adequadamente. A compostagem consiste em uma das soluções menos complexas e economicamente viável, que resulta num produto com nutrientes que pode ser utilizado como fertilizante [3,4]. O fertilizante, por sua vez, aumentará a disponibilidade de nutrientes no solo se a composição do RSU for adequada. Para isso, a separação na origem é um dos fatores de maior importância, pois quando ocorre a mistura de diversos tipos de materiais pode verificar-se a contaminação do produto final e consequentemente gerar danos para o meio ambiente e na saúde humana [5,6,7,8,9,10].

Alguns dos contaminantes causam maior preocupação são os metais pesados, presentes em inúmeros produtos de uso cotidiano, que podem entrar em contato com a parte orgânica e prejudicar o resultado final da compostagem [11].

A incorporação no solo de compostos orgânicos com origem em RSU, e por isso com alguns metais pesados na composição, juntamente com condicionadores ricos em cargas elétricas, é uma prática que poderá resultar na minimização dos efeitos do potencial de contaminação do composto orgânico com origem nos RSU. Estes condicionadores possuem na sua composição elevada capacidade de troca catiônica e cavidades que podem reter contaminantes [12,13]. No presente estudo foram usados o biochar proveniente da queima anaeróbia de biomassa de acácia e zeólitos de origem mineral (um aluminossilicato hidratado).

Para quantificar os níveis de absorção de metais pelas plantas e os benefícios da presença de condicionadores, foi escolhida a alface, uma planta que é simultaneamente uma acumuladora de metais do solo em sua biomassa e possui crescimento rápido [14,15].

O objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar o efeito da aplicação de condicionadores ao solo (biochar e zeólitos) na diminuição da biodisponibilidade de metais pesados provenientes de resíduos sólidos urbanos compostados e aplicados ao solo, usando como planta bioindicadora da disponibilidade de metais no solo a alface (*Lactuca sativa*, L.).

^b MATERIAL E MÉTODOS

a. Delineamento experimental

Foi realizado um ensaio com dois ciclos de alface, C1 no inverno e C2 na primavera, tendo como fonte de metais pesados no solo um RSU.

A aplicação dos produtos (biochar, zeólitos e RSU) foi feita apenas no início do primeiro ensaio para visualização dos seus efeitos a longo prazo. As combinações dos tratamentos foram: Solo (S); Solo + Nutrientes (S-N); Solo + Nutrientes + Biochar (S-N-B); Solo + Nutrientes + Zeólitos (S-N-Z); Solo + Nutrientes + Biochar + Zeólitos (S-N-BZ); Solo + Nutrientes + RSU (S-N-RSU); Solo + Nutrientes + RSU + Biochar (S-N-RSU-B); Solo + Nutrientes + RSU + Zeólitos (S-N-RSU-Z); Solo + Nutrientes + RSU + Biochar + Zeólitos (S-N-RSU-BZ).

Com estes tratamentos pretendeu-se avaliar os efeitos da aplicação de biochar e zeólitos, individualmente e em conjunto, na biodisponibilidade de metais pesados. Para cada ciclo de alface, os

tratamentos foram estabelecidos em quadruplicata em vasos que tinham 3 kg de solo e uma alface.

b. Caracterização do solo

O solo usado no experimento foi o regossolo eútrico de origem coluvial, de textura franco-limosa, coletado entre 0-20 cm de profundidade e crivado em malha de 4 mm e suas características iniciais podem ser observadas na Tabela I.

TABELA I. CARACTERÍSTICAS INICIAIS DO SOLO

Característica	
Matéria orgânica (%)	1,62
pH H ₂ O	5,58
pH KCl	4,96
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	124,00
K ₂ O (mg kg ⁻¹)	107,00
CTC ⁽¹⁾ cmol(+) kg ⁻¹	15,66
Ni (mg kg ⁻¹)	6,88
Pb (mg kg ⁻¹)	2,64
Cr (mg kg ⁻¹)	0,70
Cd (mg kg ⁻¹)	0,16

⁽¹⁾ CTC- Capacidade de Troca Catiônica

c. Condicionadores

O RSU utilizado neste estudo é proveniente da empresa portuguesa Resíduos do Nordeste, empresa intermunicipal que faz a recolha dos resíduos sólidos urbanos indiferenciados em 12 municípios do nordeste transmontano. As partículas orgânicas de menores dimensões sofrem biodigestão para produção de biogás e as de maiores dimensões são sujeitas ao processo de compostagem. O produto final é comercializado para aplicação em culturas plurianuais. Nas modalidades com RSU foram adicionadas 40 gramas por vaso, uma dose equivalente a 3 vezes a quantidade permitida por ha (10 toneladas/ha/ano), definida pelo Decreto-Lei 103/2015 [16], a fim de potenciar o efeito no solo e na matéria seca das alfaces. De acordo com a International Biochar Initiative (IBI), a quantidade de biochar a aplicar ao solo pode variar entre 5 e 50 ton ha⁻¹ [17]. Neste trabalho foram aplicadas 20 gramas por vaso, quantidade equivalente a 13,3 ton ha⁻¹. A equivalência entre a quantidade a aplicar por ha e por vaso teve por base os registros de Rowell (1994) [18]. A quantidade de zeólitos aplicada foi também equivalente a 13,3 ton ha⁻¹, seguindo de perto as quantidades sugeridas por Milosevic e Milosevic (2009), em torno de 10 ton ha⁻¹ [19].

d. Bioindicador – Alface

As alfaces (*Lactuca sativa* L.) usadas no C1 eram plantas de viveiro prontas para transplantação, da variedade frisada de coloração roxa. No segundo ciclo, C2, foi usada a alface da variedade frisada, mas verde. No primeiro ciclo, o plantio ocorreu em 3 de outubro de 2017 e as plantas foram coletadas no dia 5 de dezembro de 2017. No segundo ciclo de alfaces, foi iniciado em 19 de março de 2018 e coletado em 5 de maio de 2018.

°ANÁLISES

a. Solo

As características do solo foram determinadas ao início e fim do experimento, avaliando pH, matéria orgânica, Capacidade de troca catiônica de acordo com metodologia proposta por Van Reeuwijk (2002) [20], fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) pelo método Égner-Riehm [21] e os metais pesados chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Níquel (Ni) e Crómio (Cr) foram determinados pelo método de Lakanen e Ervio (1971) [22].

b. Tecidos vegetais

Nos tecidos vegetais foram realizadas as seguintes determinações: biomassa: i) as alfaces foram secas em uma estufa de ventilação forçada até peso constante, pesadas para registo da

matéria seca de cada uma, e posteriormente moídas num moinho com um crivo de malha 1 mm. Após digestão nítrica das amostras com recurso a um equipamento de digestão por microondas foi determinada a concentração de metais pesados, Pb, Cd, Ni e Cr, por espectrofotometria de absorção atômica. O fósforo foi determinado por calorimetria pelo método de molibdato de amônio azul, usando ácido ascórbico com agente redutor [23].

c. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância no programa JPM 7. Quando ocorreram diferenças significativas as médias foram separadas pelo teste de comparação múltipla de médias Tukey (HSD ($\alpha = 0,05$)).

⁴RESULTADOS

a. Solo

i. Características físico-químicas

Os resultados das características finais do solo podem ser observados na Tabela II. De modo geral as características do solo ao final do experimento foram marcadas por um aumento das percentagens de matéria orgânica no solo na presença de biochar e RSU, o que está de acordo com a sua origem orgânica [24, 25]. A adição de RSU contribuiu para o aumento da disponibilidade de fósforo no solo. O potássio aumentou na presença de zeólitos, já que este material contém potássio na sua composição, funcionando como fonte suplementar deste nutriente [26].

A CTC teve incremento genérico na presença de biochar e zeólitos, mas o aumento mais significativo ocorreu no tratamento com RSU aplicado de forma isolada, efeito este explicado pelo fato de este tipo de material adicionar ao solo cargas eletronegativas que resultam no aumento da capacidade do solo para reter cátions melhorando assim esta característica química do solo [27].

TABELA II- CARACTERÍSTICAS DO SOLO NO FINAL DO ENSAIO

Tratamentos	M.O	pH H ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	CTC
	(%)	(mg.kg ⁻¹)			(cmol (+) kg ⁻¹)
S	1,62 f ± 0,07	6,79 a ± 0,06	59,00 c ± 6,83	49,00 e ± 2,16	15,94 ab ± 0,98
S-N	1,90 c ± 0,03	6,09 d ± 0,12	101,00 b ± 16,83	51,50 e ± 2,89	15,87 ab ± 0,14
S-N-B	1,89 c ± 0,03	6,29 c ± 0,04	119,25 b ± 9,29	48,75 e ± 0,96	15,75 ab ± 0,41
S-N-Z	1,53 g ± 0,06	6,05 d ± 0,03	87,33 bc ± 11,24	83,00 cd ± 11,49	14,79 ab ± 0,70
S-N-BZ	1,69 e ± 0,01	6,02 d ± 0,12	109,00 b ± 5,47	93,67 bc ± 3,51	14,50 b ± 0,27
S-N-RSU	1,80 d ± 0,01	6,55 b ± 0,10	199,33 a ± 15,27	71,25 d ± 5,06	18,51 a ± 0,96
S-N-RSU-B	1,95 b ± 0,01	6,54 b ± 0,09	207,25 a ± 20,66	74,00 d ± 5,89	17,55 ab ± 1,82
S-N-RSU-Z	1,86 c ± 0,01	6,68 ab ± 0,02	220,00 a ± 26,52	107,25 b ± 5,85	17,45 ab ± 17,45
S-N-RSU-BZ	2,16 a ± 0,01	6,50 b ± 0,07	211,00 a ± 17,07	125,33 a ± 8,50	16,48 ab ± 3,19

Letras iguais na coluna indicam a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de comparação múltipla de médias de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

2. Metais pesados

Na Tabela III, pode-se observar as concentrações de metais pesados no solo.

Para o níquel, os tratamentos S-N-B, S-N, S-N-RSU (5,79, 5,93, 6,14 mg.kg⁻¹ respectivamente) diferiram significativamente de S-N-Z (8,30 mg.kg⁻¹). Aparentemente, nos tratamentos sem RSU, os zeólitos disponibilizam maior quantidade deste metal. Nos tratamentos com RSU, provavelmente a adição deste composto mascarou o efeito seja do biochar ou dos zeólitos, o que resultou na ausência de diferenças significativas entre as médias das concentrações deste elemento no solo. Pode dizer-se também que a adição de RSU não colocou quantidade suplementar significativa de níquel no solo.

TABELA III. METAIS PESADOS NO SOLO

Tratament os	Metais pesados (mg.kg ⁻¹)			
	Ni	Pb	Cr	Cd
S	6,73 ab ± 0,68	3,57 ab ± 0,87	0,17 e ± 0,06	0,06 a ± 0,05
S-N	5,93 b ± 0,26	4,09 a ± 1,03	0,23 de ± 0,07	0,05 a ± 0,05
S-N-B	5,79 b ± 0,70	0,45 c ± 0,21	0,42 c ± 0,03	0,13 a ± 0,05
S-N-Z	8,30 a ± 1,81	0,51 c ± 0,14	0,46 c ± 0,03	0,07 a ± 0,07
S-N-BZ	7,47 ab ± 1,13	3,04 abc ± 2,33	0,65 ab ± 0,04	0,12 a ± 0,07
S-N-RSU	6,14 b ± 0,86	4,31 a ± 0,79	0,51 b ± 0,04	0,08 a ± 0,09
S-N-RSU-B	7,41 ab ± 0,92	1,21 bc ± 0,28	0,58 b ± 0,06	0,15 a ± 0,10
S-N-RSU-Z	6,76 ab ± 0,57	2,46 abc ± 0,33	0,57 b ± 0,02	0,14 a ± 0,08
S-N-RSU-BZ	6,58 ab ± 1,24	3,08 abc ± 1,72	0,72 a ± 0,03	0,12 a ± 0,13

Letras iguais na coluna indicam a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de comparação múltipla de médias de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Em relação às concentrações de Pb, verificou-se maior quantidade disponível deste metal no solo no tratamento com a aplicação isolada de RSU (4,31 mg kg⁻¹). Estes resultados vão de encontro aos encontrados por Lopes et al. (2014) [28], em estudos

realizados em hortas urbanas. Os condicionadores biochar e zeólitos parecem ter tido um papel significativo na imobilização deste metal.

Relativamente ao Cr os resultados da sua disponibilidade no solo parecem aumentar com a presença de RSU e a ação conjugada de biochar e zeólitos parece contribuir para o aumento da sua disponibilidade. No que diz respeito ao Cd, não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos e a adição de RSU não parece ter afetado a presença deste metal. Os teores naturalmente existentes no solo podem estar associados às práticas de fertilização com adubos fosfatados que podem ter algum cádmio na sua composição [29].

b. Matéria seca

i. Biomassa

Na Fig. 1 observa-se a produção de matéria seca dos dois ciclos de alfaves. Nota-se que a variação das produções se deu primeiramente em função das condições ambientais, uma vez que o ciclo 1 foi realizado no inverno que resultou em alfaves com menores valores de matéria seca relativamente ao ciclo que decorreu na primavera. Ao analisar os ciclos de maneira conjunta tem-se que a aplicação do biochar de maneira isolada gera as melhores produções, a par do tratamento de aplicação de nutrientes sem condicionadores. Estas produções foram significativamente superiores às demais. Os resultados podem explicar-se pelo efeito dos nutrientes aplicados sem a influência da presença dos metais pesados do RSU.

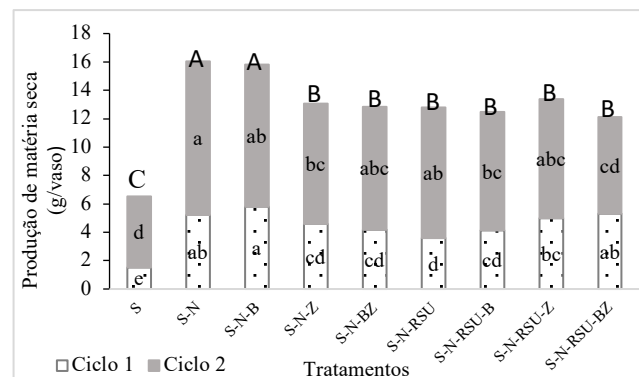


Fig. 1. Produção de matéria seca

Na Fig. 2 a e b observa-se o aspecto das alfaces na semana de sua coleta, a parte menos desenvolvida (parte inferior da foto) corresponde ao tratamento S, sem aplicação de nutrientes ou RSU. A Fig. 2a corresponde ao ciclo 1 e a Fig. 2b ao ciclo 2.



Fig. 2a) 1º ciclo de alface

Fig. 2b) 2º ciclo de alface

ii. Metais pesados

Em relação aos metais pesados os resultados dos dois ciclos estão nas Fig. 3 e 4. Aparentemente, a adição isolada de biochar, zeólitos e RSU no ciclo 1 reduziram a atividade do Ni. Para o ciclo 2 não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

Para o Pb, suas concentrações sofreram incremento no segundo ciclo, variando entre 1,28 mg kg⁻¹ em S-N-B e 11,57 mg kg⁻¹ em S-N [30], destacando o efeito de imobilização deste metal pelo biochar e zeólitos, o que está de acordo com a menor disponibilidade no solo já registrada..

Alfaces cultivadas com aplicação de RSU na proporção 10 t ha⁻¹ como neste estudo, obtiveram concentração de chumbo de até 4,95 mg.kg⁻¹ em diferentes estações de cultivo [31]. As diferenças para os resultados deste ensaio podem estar relacionadas não só com a quantidade de RSU aplicada, mas também com a própria natureza do RSU. Aparentemente, os condicionadores aplicados mudaram a dinâmica deste metal.

A concentração de cromo nos tecidos, diminuíram do primeiro para o segundo ciclo. No primeiro ciclo variou entre 19,50 mg kg⁻¹ registrada em S e 30, 81 mg kg⁻¹ em S-N-RSU-BZ. No segundo ciclo variaram entre 12,22 mg kg⁻¹ em S-N-BZ e 26,05 mg kg⁻¹ em S. Apesar das diferenças verificadas não foi possível identificar um padrão para justificação.

As concentrações de cádmio, Fig. 4, tiveram o mesmo comportamento entre ciclos, tendo diminuído no segundo ciclo. No primeiro ciclo variaram entre 6,91 e 9,32 mg.kg⁻¹, respectivamente em S e S-N-BZ. A concentração em S e S-N-B foi significativamente inferior às restantes. No tratamento S-N-BZ, a maior concentração mostra que os dois condicionadores em conjunto não contribuíram para imobilizar o cádmio.

Segundo o Regulamento n° 1881/2006 [32], da Comissão de Regulamentação da União Europeia, define os níveis máximos de contaminantes em gêneros alimentícios, cádmio poderia ter até 0,10 mg kg⁻¹, em relação ao peso fresco. Considerando que o peso seco médio de vegetais é 10% da massa fresca, os valores obtidos estão abaixo do permitido, não se verificando por isso situação de contaminação.

Em resumo, pode dizer-se que o RSU aplicado não contribuiu de forma significativa para o aumento da concentração de metais pesados nos tecidos das alfaces. Também não se verificou efeito de imobilização, na presença de biochar e zeólitos conjugados, na

concentração dos metais nos tecidos. As menores concentrações verificadas no segundo ciclo podem estar relacionadas com o efeito de diluição da concentração associado à maior produção registrada.

O efeito positivo foi pouco expressivo porque o solo usado não têm grandes limitações químicas. Trata-se de um solo ligeiramente ácido, com um valor de pH que limita a disponibilidade dos metais pesados no solo. Por outro lado, a sua capacidade de troca catiônica já é classificada de média [33], o que torna mais difícil fazer realçar as eventuais vantagens dos condicionadores.

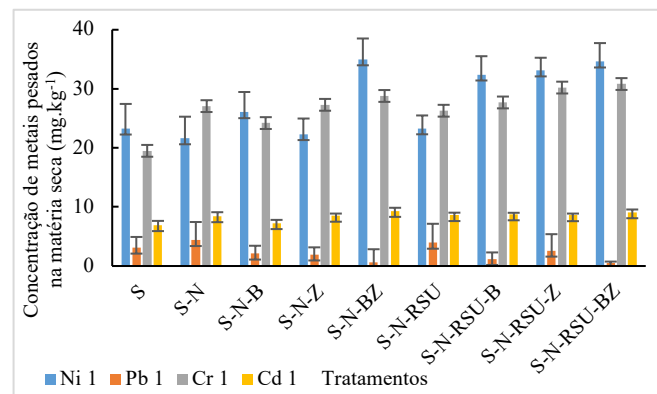


Fig. 3. Concentração de metais pesados ciclo 1.

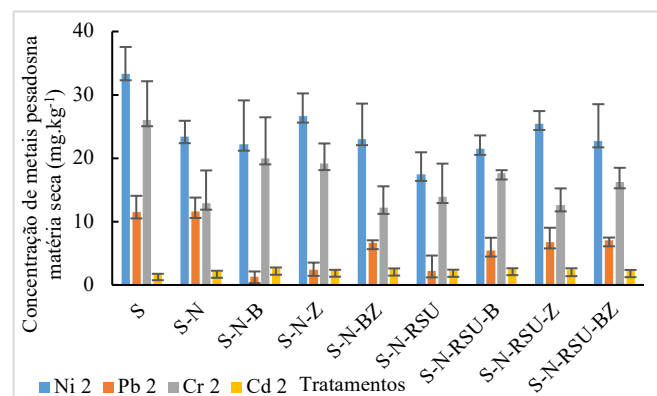


Fig. 4. Concentração de metais pesados ciclo 2

CONCLUSÃO

A adição de condicionadores contribui para a melhoria das condições de fertilidade dos solos. A influência dos condicionadores pode variar em função do tipo do metal. O biochar parece possuir maior capacidade de imobilização de metais do que os zeólitos.

Parece relevante a necessidade de desenvolver mais investigação no efeito individual dos condicionadores (biochar e zeólitos) a fim de otimizar seus efeitos na gestão de nutrientes e elementos poluentes no solo

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Instituto Politécnico de Bragança por possibilitar este estudo, aos Resíduos do Nordeste por fornecer o RSU e aos professores que tornaram este trabalho possível.

REFERÊNCIAS

- Korf, E. P., Melo, E. F. R. Q., Thomé, A., Escosteguy, P. A. V., “Retenção de metais em solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de passo fundo – RS”, *Revista de ciências ambientais*, vol. 2, pp. 43-60, 2008.
- Tressoldi, M., Consoni, A. J. “Disposição de resíduos”, in *Geologia de engenharia*, vol. I, in Oliveira, A. M. S., Brito, S. N. A., Eds. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, pp. 343-360, 1998.
- Woodbury, P.B., “Trace elements in municipal solid waste compost: a review of potential detrimental effects on plants, biota, and water quality”, *Biomass and Bioenergy*, vol. 3, pp. 239- 259, julho 1992.
- Mantovani, R. R., Ferreira, M. E., Cruz, M. C. P., Chiba, M. K., Braz, L. T., “Calagem e adubação com vermicomposto de lixo urbano na produção e nos teores de metais pesados em alface”, *Horticultura Brasileira*, 21, pp. 494-500, julho 2003.
- Gallego S. M., Pena L. B.; Barcia R. A., Azpilicueta C. E., Iannone M. F., Rosales E. P., Zawoznika M. S., Groppaa M. D., Benavides M. P., “Unravelling cadmium toxicity and tolerance in plants: Insight into regulatory mechanisms”, *Environmental and Experimental Botany*, vol. 83, pp. 33-46, abril 2012.
- Nascentes, R., Estudo de mobilidade de metais em um solo residual compactado. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- Venezuela, T. C., Determinação de contaminantes metálicos (metal tóxico) num solo adubado com composto de lixo em área olerícola no município de Nova Friburgo. Dissertação mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.
- Marques, R. F. P. V. Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e água superficial em três municípios de Minas Gerais. Dissertação de mestrado, Universidade de Lavras, Lavras, 2011.
- Aniceto, K. C. P., Horbe, A. M. C., “Solos urbanos formados pelo acúmulo de resíduos em Manaus, Amazonas, Brasil”, *Acta Amazônica*, vol. 42, pp. 135-148, março 2012.
- Gouveia, N., “Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social”. *Ciência e saúde coletiva*, vol. 17, pp.1503-1510, 2012.
- Jiang, J., Xu, R., “Application of crop straw derived biochars to Cu(II) contaminated Ultisol: Evaluating role of alkali and organic functional groups in Cu(II) immobilization”, *Bioresource Technology*, v.133, pp. 537-545, fevereiro, 2013.
- GSST. Glossary of Soil Science Terms. Soil Science Society of America. Madison: SSSA, Inc. pp. 58, 2008.
- Vilela, F. J., Desenvolvimento de um Condicionador de Solos com valor agregado a partir da biomassa de *Magonia pubescens*. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- Ramos, R. A. R., Pinto, R. S. B. F. F. “Urban Pollution and the Impacts in Urban Kitchen Gardens Sustainability”, Corfu: WSEAS Press, pp. 188-193, Outubro, 2008, [2nd International Conference on waste management, water pollution, air pollution, indoor climate, 2008].
- Smical, A. I., Hotea, V., Oros, V., Juhasz, J., Pop, E., “Studies on transfer and bioaccumulation of heavy metals from soil into lettuce”, *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 7, pp. 609-615, setembro, 2008.
- Decreto-Lei nº 103/2015 de 15 de junho. Diário da República nº 114/2015 - Série I. Ministério do Ambiente, Lisboa.
- Major, J., Guidelines on Practical Aspects of Biochar Application to Field Soil in Various Soil Management Systems. Internacional Biochar Initiative, vol. 1, pp. 8-10, janeiro 2010.
- Rowell, D.L. Soil Science. Methods & Applications. Harlow: Longman Group UK, pp. 6-15, 1994.
- Milosevic, T., Milosevic, N. “The effect of zeolite, organic and inorganic fertilizers on soil chemical properties, growth and biomass yield of apple trees”. *Plant soil environ*, vol. 55, pp. 528-535, dezembro, 2009.
- Van Reeuwijk. Procedures for soil analysis, 6th ed. Wageningen: ISRIC-FAO, p.3(1)-5(2) .2002.
- Almeida, L.A.V., Balbino, L.R “Determinação do fósforo e do potássio assimiláveis em alguns solos do País”. *Anais do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa*, vol. 23, pp. 19-42, setembro, 1960.
- Lakanen, E., Ervio, R. “A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils”. *Acta Agriculturae Fenniae* vol. 123, pp. 223-232, janeiro 1971.
- Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G., van der Lee, J.J., *Plant Analysis Procedures* (Soil and Plant Analysis, Part 7). Wageningen: Syllabus, pp. 125-167, 1989.
- Harris, P. “On charcoal”. *Interdisciplinary Science Reviews*, vol. 24, pp. 301-306, 1999.
- Aller, M. F. “Biochar properties: Transport, fate, and impact”. *Critical reviews in environmental science and technology*, vol. 46, pp. 1183-1296, junho, 2016.
- Rhodes, C. J. Properties and applications of zeolites. *Science Progress*, vol. 93, pp. 1-63, agosto 2010.
- Weil, R.R., Brady, C. The nature and properties of soils. 15 ed. Columbus: Pearson. 7 pp. 356-362, 2017.
- Lopes, H. G. A. (2014). Avaliação do estado nutricional e do teor em metais pesados de plantas cultivadas nas hortas sociais do Instituto Politécnico de Bragança. Dissertação mestrado, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança.
- Santos, J.Q. Fertilização - Fundamentos Agroambientais da utilização de adubos e corretivos, *Publindústria*, pp. 194-201, 2015.
- Pacheco, J. M. A. S. (2015). Concentração de metais pesados em espécies hortícolas em agricultura urbana. Dissertação de mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Costa, C. A., Casali, V. W.D., Ruiz, H. A., Jordão, C.P., Cecon, P.R. “Teor de metais pesados e produção de alface adubada com composto de lixo urbano”. *Horticultura Brasileira*, Brasília, vol. 19, pp. 10-16, março 2001.
- Regulamento (CE) nº 1881/2006. Regulamento (UE) nº1881/2006 da Comissão de 19 de dezembro de 2006, que fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos gêneros alimentícios.
- LQARS (Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva). Manual de Fertilização de Culturas. Lisboa, INIAP, 2006.