

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

CAROLINE APARECIDA MATIAS

**ADSORÇÃO DE GLIFOSATO POR BIOCHAR DERIVADO DE CASCA DE BANANA EM
SOLOS AGRÍCOLAS CONTAMINADOS**

LAGES

2023

CAROLINE APARECIDA MATIAS

**ADSORÇÃO DE GLIFOSATO POR BIOCHAR DERIVADO DE CASCA DE BANANA EM
SOLOS AGRÍCOLAS CONTAMINADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do grau de Doutora em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. David José Miquelluti

Co-orientadores: Prof^a. Dr^a. Mari Lúcia Campos

Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira

LAGES

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Matias, Caroline Aparecida

Adsorção de glifosato por biochar derivado de casca de banana em solos agrícolas contaminados / Caroline Aparecida Matias. -- 2023.

96 p.

Orientador: David José Miquelluti

Coorientadora: Mari Lucia Campos

Coorientador: Marcelo Alves Moreira

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2023.

I. Adsorção. 2. Herbicida. 3. Solução Aquosa. 4. Cambissolo. I. Miquelluti, David José . II. Campos, Mari Lucia. Moreira, Marcelo Alves. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.

CAROLINE APARECIDA MATIAS

**ADSORÇÃO DE GLIFOSATO POR BIOCHAR DERIVADO DE CASCA DE BANANA EM
SOLOS AGRÍCOLAS CONTAMINADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do grau de Doutora em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. David José Miquelluti

Co-orientadores: Prof^ª. Dr^ª. Mari Lúcia Campos

Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira

BANCA EXAMINADORA

Orientador:

Prof. Dr. David José Miquelluti
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membros:

Prof. Dr. Joni Stolberg
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Natielo Almeida Santana
Secretaria da Agricultura, Pecuária,
Produção Sustentável e Irrigação

Prof. Dr. Gilmar Conte
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof^ª. Dr^ª. Martha Andreia Brand
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, 15 de dezembro de 2023

RESUMO

O objetivo do estudo foi relacionar a adição de biochar obtido a partir da pirólise de casca de banana à adsorção de glifosato em solução aquosa e em solo. O biochar oriundo da casca de banana foi caracterizado quanto aos teores de carbono total, nitrogênio total, umidade, cinzas, condutividade elétrica, pH em água e ponto de carga zero. A morfologia da superfície foi determinada por Microscopia Eletrônica de Varredura. A identificação dos grupos químicos por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier. O perfil de decomposição térmica através de Análise Termogravimétrica. E a quantificação elementar por fluorescência de raios X. Para os ensaios em solução aquosa foi utilizado o delineamento composto central para os ensaios de adsorção de glifosato com uso de biochar oriundo de casca de banana, sendo avaliado o pH da solução (pH 2,7; 4; 6; 8 e 9,3), massa de adsorvente (0,08; 0,25; 0,50; 0,75 e 0,92 g) e concentração inicial do herbicida (8,0; 25,0; 50,0; 75,0 e 92 mg L⁻¹). E para o ensaio em solo utilizou-se um Cambissolo Húmico, utilizando um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial para avaliar o efeito do pH do solo (pH 4 e pH 6), doses de biochar oriundo da casca de banana incorporados no solo (0,0 e 0,25 g) e concentração de glifosato (3,6; 7,0; 14,0 e 25,0 mg L⁻¹). Para os ensaios em solução aquosa e em solo, as cinéticas de adsorção foram determinadas pelos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem. Os mecanismos de adsorção foram avaliados pelos modelos de isotermas não lineares de Langmuir e Freundlich. Os resultados foram analisados com uso do software R, ao nível de significância de 5%. A composição física e química do biochar indica sua usabilidade sem causar riscos ambientais. Também é identificada uma superfície porosa e heterogênea, além da presença de grupos químicos polares e apolares na composição do biochar. As maiores eficiências de remoção de glifosato em solução aquosa foram observadas em 120 min de contato, em massa de 0,25 g de biochar e em soluções com concentração inicial de 25,0 mg L⁻¹ e pH 4. O modelo cinético não linear de pseudo-segunda ordem e o modelo de isoterma não linear de Langmuir foram os melhores ajustes para a adsorção. Para os ensaios em solo, as máximas eficiências de remoção foram observadas em 120 min na presença de biochar, com pH 4 e concentração inicial do herbicida de 25,0 mg L⁻¹. Os melhores ajustes foram observados com o modelo cinético não linear de pseudo-primeira ordem e modelo de isoterma não linear de Freundlich. Por último, o biochar oriundo da casca de banana é uma alternativa eficiente para a remoção de glifosato em solução aquosa e em solo.

Palavras-chave: Adsorção; Herbicida; Solução Aquosa; Cambissolo.

ABSTRACT

The aim of the study was to relate the addition of biochar obtained from banana peel pyrolysis to the adsorption of glyphosate in aqueous solution and soil. The biochar from banana peel was characterized in terms of total carbon, total nitrogen, moisture, ash, electrical conductivity, pH in water and zero charge point. Surface morphology was determined by Scanning Electron Microscopy. Identification of chemical groups by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. The thermal decomposition profile through Thermogravimetric Analysis. And elemental quantification by X-ray fluorescence. For tests in aqueous solution, the central composite design was used for glyphosate adsorption tests using biochar from banana peel, with the pH of the solution being evaluated (pH 2.7; 4; 6; 8 and 9.3), adsorbent mass (0.08; 0.25; 0.50; 0.75 and 0.92 g) and initial herbicide concentration (8.0; 25.0 ; 50.0, 75.0 and 92.0 mg L⁻¹). And for the soil test, a Inceptisol was used, using a completely randomized design, in a factorial scheme to evaluate the effect of soil pH (pH 4 and pH 6), doses of biochar from banana peel incorporated into the soil (0.0 and 0.25 g) and glyphosate concentration (3.6; 7.0; 14.0 and 25.0 mg L⁻¹). For tests in aqueous media and in soil, the adsorption kinetics were determined by pseudo-first-order and pseudo-second-order kinetic models. And the adsorption mechanisms were evaluated by Langmuir and Freundlich nonlinear isotherm models. The results were analyzed using the R software, at a significance level of 5%. The physical and chemical composition of biochar indicates its usability without causing environmental risks. A porous and heterogeneous surface is also identified, in addition to the presence of polar and non-polar chemical groups in the composition of the biochar. The highest glyphosate removal efficiencies in aqueous media were observed in 120 min of contact, in a mass of 0.25 g of biochar and in solutions with an initial concentration of 25.0 mg L⁻¹ and pH 4. The nonlinear kinetic model pseudo-second order model and the Langmuir nonlinear isotherm model were the best fits for adsorption. For the soil tests, the maximum removal efficiencies were observed in 120 min in the presence of biochar, with pH 4 and initial herbicide concentration of 25.0 mg L⁻¹. The best fits were observed with the pseudo-first order nonlinear kinetic model and Freundlich nonlinear isotherm model. Finally, biochar from banana peel is an efficient alternative for removing glyphosate from aqueous solution and soil.

Keywords: Adsorption; Herbicide; Aqueous medium; Inceptisol.