



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

TESE DE DOUTORADO

**ELEMENTOS TERRAS RARAS, U, Th E ELEMENTOS
POTENCIALMENTE TÓXICOS EM AGROECOSSISTEMAS
COM USO DE FERTILIZANTES NO NORDESTE DO PARÁ**

Tese apresentada por:

ANDERSON MARTINS DE SOUZA BRAZ

Orientador: Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (UFPA)

**BELÉM
2020**

RESUMO

A região amazônica é a última fronteira agrícola do Brasil e os aumentos da demanda por alimentos e fontes energéticas renováveis têm intensificado a pressão de uso do solo. O estado do Pará é um dos maiores produtores mundiais de dendê e pimenta do reino, sendo a mesorregião do Nordeste Paraense responsável pela produção anual de 1.634.476 toneladas de dendê, 39.577 toneladas de pimenta do reino e 286.768 toneladas de laranja, o que representa 97, 50 e 2% da produção nacional. Os solos da Amazônia, para expressarem o alto potencial agrícola, demandam altas taxas de aplicação de fertilizantes. Contudo, as matérias primas utilizadas na produção de insumos agrícolas também são fontes de contaminação do solo. Assim, estudos que facilitem o entendimento da dinâmica de elementos terras raras (ETRs) e outros metais/metaloídeos nos solos da região são relevantes. E, partindo da premissa que a ação antrópica, principalmente através das atividades agrícolas, tem provocado incrementos significativos nos teores destes elementos em solos, objetivou-se avaliar (i) as concentrações de ETRs e outros metais em agroecossistemas amazônicos de citricultura, dendeicultura e pipericultura, com 26, 10 e 5 anos de implantação, respectivamente; (ii) determinar os índices de contaminação como, o fator de enriquecimento e de bioacumulação e; (iii) estabelecer/discutir relações com as propriedades dos solos. Os resultados mostraram: (i) ETRs são externamente correlacionados ao pH do solo; (ii) o európio (Eu) apresentou o maior fator de bioacumulação dentre os ETRs; (iii) as concentrações de atividade de ^{238}U e ^{232}Th no solo cultivado com pimenta do reino foram superiores à média mundial de ^{238}U (35 Bq kg^{-1}) e ^{232}Th (30 Bq kg^{-1}) conforme estabelecido pelo Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR); (iv) fatores de enriquecimento (FE) moderados de Ba, Pb e Zn ($2 > \text{FE} < 5$) e significativos para As e Cu ($5 > \text{FE} < 20$); (v) as seguintes ordens de bioacumulação: dendê - $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Hg} > \text{Ni} > \text{Ba} > \text{Co} > \text{As} > \text{Cr} > \text{Cd} \approx \text{Pb}$; pimenta do reino - $\text{Zn} > \text{Hg} > \text{Cu} > \text{Ba} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Pb} \gg \text{As} > \text{Cr} > \text{Cd}$; laranja - $\text{Hg} > \text{Ni} > \text{Ba} > \text{Zn} > \text{Co} > \text{Cu} > \text{As} > \text{Pb} \gg \text{Cr} > \text{Cd}$. Nesse contexto, este é o primeiro estudo avaliando a absorção de ETRs por culturas amazônicas de grande importância para os mercados globais. Uma relevante contribuição para prever o acúmulo de contaminantes em solos resultante de atividades antrópicas, principalmente, em regiões de importância agrícola e de vulnerabilidade ambiental como o bioma Amazônia.

Palavras-chave: Lantanídeos. Química do Solo. Fator de Enriquecimento. Fator de Bioacumulação. Amazônia Oriental.