



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

TESE DE DOUTORADO Nº 142

**DINAMICA DA PAISAGEM NA PORÇÃO NORTE DA ILHA
DO BANANAL-TO E ADJACENCIAS AO LONGO DO
QUATERNARIO TARDIO**

Tese apresentada por:

LAÍS AGUIAR DA SILVEIRA MENDES

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

BELÉM-PA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M538d Mendes, Laís Aguiar da Silveira
Dinâmica da paisagem na porção norte da Ilha do Bananal-TO e adjacências ao longo do Quaternário tardio / Laís Aguiar da Silveira Mendes. — 2019.
xiii, 130 f. : il. color.

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

Coorientador(a): Prof. Dr. Hermann Behling

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Ecótono floresta-savana. 2. *Wetlands*. 3. Dinâmica da paisagem. 4. Ilha do Bananal.
I. Título.

CDD 551.6981



Universidade Federal do Pará

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**DINAMICA DA PAISAGEM NA PORÇÃO NORTE DA ILHA
DO BANANAL-TO E ADJACENCIAS AO LONGO DO
QUATERNARIO TARDIO**

TESE APRESENTADA POR:

LAÍS AGUIAR DA SILVEIRA MENDES

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutora em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

Data de Aprovação: 30/08/2019

Banca Examinadora:

Prof. Marcondes Lima da Costa - Orientador
Membro – UFPA

Prof. Marcelo Cancela Lisboa Cohen
Membro – UFPA

Prof. Maria Ecilene Nunes da Silva Meneses
Membro – UFT

Prof. Soraia Girardi Bauermann
Membro – ULBRA

Prof. José Francisco Berrêdo Reis da Silva
Membro – MPE

*Aos amores Sônia e Wilton, e meus
amados irmãos, sem eles eu nada seria.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará, através do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências pela oportunidade de doutoramento, a secretaria do PPGG, as queridas Alana, Joanicy e em especial à Cleida Freitas, no apoio direto aos discentes.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida neste doutorado, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela disponibilidade e financiamento do doutorado sanduíche que viabilizou os trabalhos realizados na Alemanha.

Ao meu orientador Dr. Marcondes Lima da Costa pela oportunidade que deu a uma bióloga do Tocantins, pela fundamental orientação, ensinamentos acadêmicos e pessoais, por me fazer enxergar o mundo com olhos da geologia e aprimorar minha visão biológica, pelo apoio imprescindível no campo e no término deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Hermann Behling pelas orientações e sugestões de trabalho, pelo convite que me levou à Universidade de Göttingen onde pude realizar as análises palinológicas, elaborar os diagramas polínicos e discutir com ele os resultados obtidos. Por todo o suporte e apoio que possibilitaram a execução de grande parte deste trabalho.

Em especial agradeço imensamente a professora Dra. Maria Ecilene pelo incentivo em terminar esse árduo trabalho, não só profissionalmente, mas como apoio pessoal que me deu durante essa dura jornada. No fim, não tenho palavras para agradecer tamanho empenho em me auxiliar nas horas mais difíceis.

Aos membros da banca julgadora do exame de qualificação, Prof. Dra. Maria Ecilene, Prof. Dr. Rômulo Angélica e Prof. Dr. Marcelo Cohen pelas indispensáveis sugestões que contribuíram consideravelmente para a execução desta pesquisa.

Aos professores que integram a Banca Examinadora pela atenção e disponibilidade de seu tempo para colaborar conosco e dividir seus conhecimentos e expertise na leitura e contribuições a este trabalho.

Ao Prof. Dr. Rosildo Santos Paiva por disponibilizar o uso do Laboratório de Botânica do Instituto de Biologia, o que viabilizou a realização de parte das análises palinológicas.

À Nilselene Behling e filhos Laura e Joni pela tão calorosa acolhida em sua casa, e pela maravilhosa refeição, que em terras alemãs pude lembrar um pouco da comida brasileira.

Aos colegas do Departamento de Palinologia da Universidade de Göttingen Carolina, Sônia, Thomas, Lyudmila, Vincent, Anggi, Síria, Julia, Jörg, Fang, Ricardo, Sina, pela recepção e alegre convívio.

Às minhas queridas amigas que fiz durante o período sanduíche, Patrícia, Neuza, Daniela, Jéssica, Valentina, Christina, Mariana, Diana, Mayra e Amanda que tornaram meus dias mais felizes e cheios de aventuras neste período, e todos os meus amigos brasileiros que fiz em Göttingen que alegraram os meus dias, pessoas que guardarei para sempre no meu coração.

Aos queridos colegas e amigos do GMGA, Socorro e Roseane, que além de tudo, foram as primeiras amigas, mas também a Patrícia, Flávia, Glayce, Priscila, Rosemary, Darilena, Thais, Alessandro, Clovis, Anderson, Diogo, Heliana, Aline, Fernanda, Igor, Leonardo, Pablllo, Daiveson, Christiene, Argel, Alan, Rayara, Elaine, Jean, Paulo Ronny, Vitor, Karine e Rita de Kássia pela convivência, apoio e amizade durante esses anos.

Aos Laboratórios de Hidroquímica, Sedimentologia, LCM, LADIC e LAMIGA do PPGG/IG, agradeço toda disponibilidade do Senhor Natalino, Everaldo, Leila, e aos professores Rômulo Simões Angélica, Simone da Paz e Marcelo Cohen, os quais não mediram esforços em me ajudar. E também aos Laboratórios de Microscopia, Química e Paleobiologia da UFT, agradeço a Etiene que além de amiga, minha eterna orientadora, e agradeço imensamente ao Alexandre que sempre se dispôs a me ajudar no que eu precisasse.

Aos meus queridos amigos Érika, Rose, Eduardo, Evellyn, Paloma, Alexandre, Jorge, Robledo, da sala que dividimos, não apenas o espaço, mas também o amor e tudo o que vem em consequência dele, pelo apoio companheirismo e ótimas risadas.

Ao meu querido amigo Alan Rodrigo, pela amizade, companheirismo, pelo ombro, pelas risadas, por todo o amor, por me ajudar a me conhecer melhor, por me ensinar além de tudo a ser uma pessoa melhor. E a todos os amigos do PPGG e de Belém que fiz durante esse período, em especial, Caio Mesquita, Marcella, Rosilma/Rosália (Balhu) - minhas manas e família -, Bianca, Luiz, Anna Flávia, Bruno, companheiros aulas, almoços, lanches, festinhas... obrigada por tornarem meus dias mais iluminados. Ao meu irmãozinho de alma Jonas, que me acolheu em um momento super difícil e ainda hoje me acolhe. E as minhas amigas e amigos do Tocantins, que sempre me mandaram boas energias, e sempre iam me ver em minhas idas a Palmas.

À minha querida mãe, minha melhor amiga, pessoa incrível que sempre me incentivou, e por morar longe da família.... Incentivadora e amiga que sempre me apoia, me acode, me encoraja, pelo seu exemplo de luta e pelas suas orações. Ao meu pai Wilton que sempre me estende a mão e aos meus irmãos João Henrique e Alex, e minha cunhada Bruna. E toda minha família e amigos, que eu sei que mesmo longe sempre estão torcendo e rezando por mim.

Obrigada a todos!

RESUMO

Estudos paleoclimáticos e paleoambientais visam entender os processos de evolução de paisagens globais, contribuindo para reconstituição das paisagens quaternárias e das mudanças climáticas e ambientais a que foram submetidas ao longo deste período da história geológica da Terra. Alguns estudos na Amazônia, mas, principalmente aqueles realizados em regiões mais sensíveis, como os ecótonos e *wetlands*, mostram que estas áreas sofreram várias mudanças paleoecológicas durante o Pleistoceno e Holoceno. O presente estudo foi realizado na região da Ilha do Bananal situada em uma área de transição entre os biomas amazônicos e cerrado. A Ilha do Bananal considerada por diversos autores como a maior ilha fluvial do mundo, ocupa uma área de cerca de 20.000 km² e está situada entre o curso médio do rio Araguaia e o seu afluente pela margem direita, o rio Javaés, no Estado do Tocantins. A porção norte da ilha, se destaca por um complexo mosaico de feições geomorfológicas (diques marginais, meandros abandonados, paleocanais e lagos) e geobotânicas contrastantes (florestas e savanas), que refletem a intensa atividade hidrodinâmica nesta região. Sazonalmente ela é inundada pelas águas pluviais e pela elevação do lençol freático, por isso, é considerada uma *seasonal wetland*. O objetivo deste trabalho foi entender a dinâmica dessa paisagem, com base no estudo da composição mineralógica e química dos solos e sedimentos e na composição palinológica de sedimentos lacustres dessa região. Dessa forma, foram coletadas amostras de barrancos expostos nas margens dos rios Javaés e Araguaia, de barras arenosas e sedimentos lacustres. Os solos e sedimentos foram analisados quanto à sua mineralogia por Difração de Raios- X e química por ICP-MS. Os testemunhos de sedimentos coletados em 2 lagos distintos, um localizado no interior da porção norte da Ilha do Bananal (Lago Quatro Veados) e o outro situado nos arredores do Rio Javaés (Lago da Mata Verde) foram analisados quanto ao seu conteúdo palinológico e datados por AMS ¹⁴C. Os resultados desta pesquisa estão apresentados em 3 artigos: o primeiro trata sobre a mineralogia e geoquímica dos solos e sedimentos da Ilha do Bananal, das barras e barrancos ao longo do Rio Javaés. Discorre, portanto, sobre a natureza diversificada dos minerais e elementos químicos que compõem os estratos e horizontes dessas coberturas superficiais, apontando proveniência geológica, bem como os processos geoquímicos envolvidos na dinâmica atual e pretérita dessa paisagem. O segundo artigo apresenta a dinâmica da vegetação ao longo dos últimos 2000 anos AP no interior da Ilha do Bananal e discute sua relação com as condições climáticas e edáficas locais. O terceiro artigo, por sua vez, descreve a sucessão vegetal ocorrida nos últimos 400 anos AP, com base no registro polínico de sedimentos de um lago situado nos arredores da Ilha do Bananal, bem como, analisa o espectro polínico moderno na região. Os resultados obtidos através do presente trabalho apresentam uma paisagem altamente diversificada quanto as suas geoformas, coberturas sedimentares e pedogenéticas e aspectos geobotânicos resultante dos diversos momentos de sua história geológica e que mesmo atualmente se mostra dinâmica e intrigante. Os solos e sedimentos dessa paisagem são variados quanto as suas texturas (sequencias de materiais arenosos e argilosos) e composições mineralógicas e químicas onde minerais primários e

derivados de variados graus de intemperismo químico coexistem em um mesmo perfil, evidenciando momentos de condições climáticas contrastantes. Mesmo, atualmente é possível observar *in loco* ambientes com dinâmicas variáveis (erosivas, sedimentares, pedogenéticas, etc.), bem como, processos geoquímicos diversos, tais como, aqueles de oxidação das barras e barrancos arenosos e também os processos redutivos dessas areias ferruginizadas (por vezes, confundidas equivocadamente com perfis lateríticos), devido o contato com os ácidos orgânicos produzidos pela cobertura florestada e condições hidromórficas as quais são submetidas. Com relação às mudanças na vegetação ao longo do Holoceno tardio, observou-se um controle climático, mas, sobretudo edáfico, uma vez que, essa área é sazonalmente alagada, fato este favorecido pela natureza argilosa dos horizontes superficiais dos solos, das altas taxas de pluviosidade como estação chuvosa prolongada (em média 6 meses) e da extensivamente planura do terreno. Assim, fatores como a duração das inundações e das condições de hidromorfismo decorrentes são responsáveis por controlar a instalação de florestas e/ou savanas que caracterizam a região. Dessa maneira, a regência de um clima mais seco com o encurtamento das estações chuvosas que causa a elevação do lençol freático pode representar condições favoráveis ao desenvolvimento e avanço da floresta. Por outro lado, um clima mais úmido com estações chuvosas mais prolongadas causaria inundações, abrangendo áreas maiores e os solos permaneceriam saturados por períodos mais longos, fato este que desfavorece o avanço da floresta e possibilita a manutenção ou mesmo expansão das savanas, especialmente aquelas dominadas por gramíneas sobre a região. No entanto, como já mencionado, as condições climáticas nessa região, controlam a expansão das formações florestais, porém, não são os únicos fatores protagonistas nesse processo, uma vez que, a presença da *wetland* decorrente da topografia baixa e plana, dos solos argilosos e da saturação dos solos e sedimentos se constitui um impedimento efetivo para instalação de florestas. Outro fator responsável pela substituição da floresta de galeria por savana arbórea, por exemplo, é o abandono de canais, fato observado atualmente na região, onde é possível trilhar por dentro desses antigos leitos dos rios, muitos desses locais já enriquecidos em espécies como a *Curatella americana* e *Byrsonima sp* entre outras. A Ilha do Bananal que se insere geologicamente no contexto da Bacia do Bananal e é banhada por umas das maiores bacias hidrográficas do território brasileiro (Araguaia-Tocantins), configura-se como uma paisagem extremamente importante para a compreensão da dinâmica das *wetlands* e também das áreas de ecótonos floresta-savana, durante o Quaternário, enquadrando-se nas duas situações. A parte norte da ilha onde foi desenvolvida esta pesquisa ainda carece de estudos. Entretanto, de um modo geral, esta pesquisa trouxe contribuições para entender a dinâmica funcional dessa paisagem frente as mudanças climáticas e ambientais ocorridas na região, bem como para ampliar o conhecimento sobre as paisagens de transição entre a floresta amazônica e as savanas, cujo conhecimento paleoambiental ainda é restrito.

Palavras-chave: Ecótono floresta-savana. *Wetlands*. Dinâmica da paisagem. Ilha do Bananal.

ABSTRACT

Paleoclimatic and paleoenvironmental studies aim to understand processes of global landscapes evolution, contributing to the reconstitution of the quaternary landscapes and the climatic and environmental changes to which were submitted during this period of the earth's geological history. Some studies in the Amazon, but especially those led in regions more sensitive, such as ecotones and wetlands, show that these areas underwent various paleoecological changes during the Pleistocene and Holocene. The present study was led in the Bananal Island region located in a transition area between the Amazon and Cerrado biomes. The Bananal Island, considered by many authors the largest river island in the world, occupies an area of about 20,000 km² and is located between the middle course of the Araguaia River and its tributary by the right branch, the Javaés River, in the state of Tocantins. The northern portion of the island stands out for its complex mosaic of geomorphological features (marginal dikes, abandoned meanders, paleochannels and lakes) and contrasting geobotanical features (forests and savannas), such that reflect the intense hydrodynamic activity in this region. Seasonally it is flooded by rainwater and rising water table, so it is considered a seasonal wetland. The aim of this work is to understand the dynamics of this landscape, based on the mineralogical and chemical composition of soils and sediments and the palynological composition study of lacustrine sediments of this region. Therefore, samples of ravines exposed on the banks of Javaés and Araguaia rivers, sandy bars and lake sediments were collected. Soils and sediments were analyzed for their mineralogy by X-ray diffraction and chemistry by ICP-AES and ICP-MS. The sediment cores collected in 2 distinct lakes, one located in the interior of the northern portion of Bananal Island (Quatro Veados Lake) and the other located on the surroundings of the Javaés River (Mata Verde Lake) were analyzed for their palynological content and dated by AMS ¹⁴C. The results of this research are presented in 3 articles: the first one treaties about the mineralogy and geochemistry of the soils and sediments of Bananal Island, the bars and ravines along the Javaés River. Therefore, it discusses about the diversified nature of the minerals and chemical elements that the strata and horizons of these surface covers are composed, pointing to geological provenance, as well as the geochemical processes involved in the current and past dynamics of this landscape. The second article presents the dynamics of vegetation over the last 2000 years AP in the interior of Bananal Island and discusses its relationship with local climatic and edaphic conditions. The third article, on the other hand, describes the vegetational succession occurred in the last 400 years AP, based on the pollen record of sediments from a lake located on the Bananal Island surrounds, and analyzes the modern pollen spectrum in the region. The results obtained through this work present a highly diversified landscape in terms of its geoforms, sedimentary and pedogenetic coverings and geobotanical aspects resulting from the various moments of its geological history and which even today is dynamic and intriguing. The soils and sediments of this landscape are varied as their textures (sequences of sandy and clay materials) and mineralogical and chemical compositions, where primary minerals and derivatives of varied degrees of chemical weathering coexist in the same profile,

showing moments of contrasting climatic conditions. Even, nowadays it is possible to observe in situ environments with variable dynamics (erosive, sedimentary, pedogenetic, etc.), as well as, several geochemical processes, such as those of oxidation of sandy bars and ravines and also the reductive processes of these ferruginized sands (sometimes, mistakenly confused for lateritic profiles), due to contact with organic acids produced by forest cover and hydromorphic conditions such as they are subjected. Regarding vegetation changes throughout the late Holocene, climate control was observed, but especially edaphic, since this area is seasonally flooded, a fact favored by the clayey nature of the soil surface horizons, the rainfall high rates as a prolonged rainy season (on average 6 months) and extensively flat terrain. Thus, factors such as flood duration and hydromorphism conditions stemming are responsible for controlling the installation of forests and/or savannas that characterize the region. So, the reGENCY of a drier climate with the shortening rainy seasons that causes the water table rise, may represent favorable conditions for the development and advancement of the forest. On the other hand, a wetter climate with longer rainy seasons would cause flooding, covering larger areas and the soils would remain saturated for longer periods, a fact that undermines the advancement of the forest and allows the maintenance or even expansion of savannas, especially those dominated by grasses over the region. However, as already mentioned, the climatic conditions in this region control the expansion of forest formations, but they are not the only protagonists in this process, since the presence of wetland due to low and flat topography, clay soils, soil and sediment saturation is an effective impediment to the forest installation. Another factor responsible for replacing for gallery forest by savanna's tree, for example, is the channel abandonment, a fact that is currently observed in the region, where it is possible to tread inside these old river beds, many of these places already enriched with species such as *Curatella americana* and *Byrsonima sp* among others. The Bananal Island, which is geologically inserted in the context of the Bananal Basin and is bathed by one of the largest hydrographic basins in the Brazilian territory (Araguaia-Tocantins), sets up as an extremely important landscape for understanding the wetlands dynamics and also from the savanna-forest ecotone areas during the Quaternary, since, it fits in both situations. The northern part of the island where this research was developed still needs studies. However, in general, this research has contributed to understand the functional dynamics of this landscape in face of the region climate and environmental changes, as well as to increase the knowledge about the transition landscapes between the Amazon forest and savannas, such as the paleoenvironmental knowledge is still restricted.

Key-words: Forest-savanna Ecotone. Wetlands. Landscape dynamics. Bananal Island.



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

PARECER

Sobre a Defesa Pública da Tese de Doutorado de LAÍS AGUIAR DA SILVEIRA MENDES

A banca examinadora da Tese de Doutorado de **LAÍS AGUIAR DA SILVEIRA MENDES** orientanda do Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (UFPA), composta pelos professores doutores Maria Ecilene Nunes da Silva Meneses (UFT), Soraia Girardi Bauermann (ULBRA-RS), José Francisco Berredo Reis da Silva (MPEG) e Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA), após apresentação da sua tese intitulada "**DINÂMICA DA PAISAGEM NA PORÇÃO NORTE DA ILHA DO BANANAL E ADJACÊNCIAS DURANTE O QUATERNÁRIO TARDIO**", emite o seguinte parecer:

A candidata realizou sua apresentação de forma clara e bem organizada. Na arguição mostrou domínio das questões relacionadas à mineralogia e geoquímicas dos sedimentos e vegetação atual e passada da sua área de estudo. O trabalho foi apresentado na forma de três artigos redigidos em inglês e atende as exigências para uma tese de doutorado.

A banca examinadora decidiu por unanimidade aprovar a tese de doutorado.

Belém, 30 de agosto de 2019.



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



Prof.ª Dr.ª Maria Ecilene Nunes Meneses (UFT)



Prof.ª Dr.ª Soraia Girardi Bauermann (ULBRA)



Dr. José Francisco Berredo Reis da Silva (MPEG)



Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA)