



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

TESE DE DOUTORADO Nº 118

**EVOLUÇÃO DOS PÂNTANOS DA REGIÃO CENTRAL DA
PENÍNSULA DE BRAGANÇA-PA DE ACORDO COM AS
MUDANÇAS DO NÍVEL RELATIVO DO MAR DURANTE O
HOLOCENO**

Tese apresentada por:

PALOMA MARIA PINTO CAMARGO

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Martins Corrêa (UFPA)

**BELÉM
2016**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Camargo, Paloma Maria Pinto, 1985 -

Evolução dos pântanos da região central da península de Bragança-PA de acordo com as mudanças do nível relativo do mar durante o Holoceno / Paloma Maria Pinto Camargo. – 2016.

xv, 106 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: José Augusto Martins Corrêa

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2016.

1. Mudanças Climáticas - Pará. 2. Fácies (Geologia).
3. Isótopos. 4. Datação por radiocarbono. 5. Palinologia.
I. Título.

CDD 22. ed. 551.698115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**EVOLUÇÃO DOS PÂNTANOS DA REGIÃO CENTRAL DA
PENÍNSULA DE BRAGANÇA-PA DE ACORDO COM AS
MUDANÇAS DO NÍVEL RELATIVO DO MAR DURANTE O
HOLOCENO**

TESE APRESENTADA POR
PALOMA MARIA PINTO CAMARGO

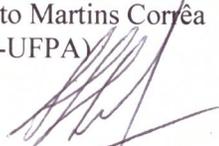
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutora em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.**

Data de Aprovação: 07 / 12 / 2016

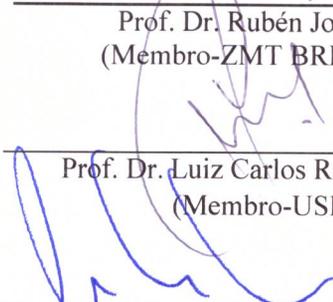
Banca Examinadora:



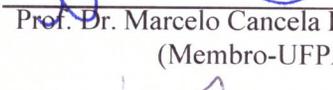
Prof. Dr. José Augusto Martins Corrêa
(Orientador-UFPA)



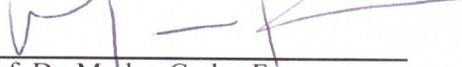
Prof. Dr. Rubén José Lara
(Membro-ZMT BREMEN)



Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda
(Membro-USP)



Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen
(Membro-UFPA)



Prof. Dr. Maílton Carlos França
(Membro-UFPA)

Dedicatória

*Dedico este trabalho ao meu amado filho
Miguel e aos meus pais Maria e Sebastião (in
memoriam)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas bênçãos e proteção concedidas e, à minha família pelo apoio incondicional durante essa jornada acadêmica.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Augusto Martins Corrêa (UFPA) pela oportunidade, sugestões e paciência, ao Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA) e Prof. Dr. Marlon Carlos França (IFPA), por todo o conhecimento científico, por todas as discussões e sugestões, por toda orientação nas atividades de campo, coleta dos testemunhos, atividades de laboratório, além dos incentivos diários para a composição deste e dos futuros trabalhos.

Aos Professores Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda (USP) por direcionar e contribuir com a pesquisa, Dr. Rômulo Simões Angélica (UFPA) pelo incentivo em momento crucial, sem o qual a pesquisa não teria sido retomada.

Aos amigos Érika, Wilson, Samuel, Liliane, Laís, Wilson, Jaine, Edson, Caio, Leiliane pelo apoio no trabalho e por tornarem o dia-a-dia na UFPA mais agradável, aos da UFRA Helen e Adriane por permanecerem ao meu lado auxiliando e torcendo. À Cleida Freitas pela amizade e eficiência profissional nos assuntos do PPGG/UFPA.

À Universidade Federal do Pará (Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica), pela disponibilidade de espaço, laboratórios e apoio financeiro.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA), pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de estudos.

Ao Centro de Energia Nuclear Aplicado à Agricultura (CENA-USP) e Laboratório de ^{14}C .

Aos Laboratórios da UFPA de Oceanografia Química (LOQ), Análises Químicas, Pará-ISO, Difração de Raios X, Microscopia Eletrônica de Varredura, Sedimentologia e ao Laboratório de Dinâmica Costeira da Universidade Federal do Pará (LADIC).

Agradeço novamente de forma especial à minha família, que diante de tantas dificuldades enfrentadas durante esses anos, teve forças para me ajudar a continuar e ao Programa de Pós-Graduação pela compreensão e incentivo.

Muito obrigada!

Energia e matéria ciclam

Nome e vida são singulares

E o que resta?

O caminho que se percorreu

RESUMO

Esta pesquisa integra dados de geomorfologia, feições sedimentares, pólen, diatomáceas, isótopos, mineralogia, análises químicas e datações C-14 obtidos de testemunhos da Península de Bragança, litoral do Pará. Os dados polínicos indicam que a zona central e topograficamente mais elevada da Península de Bragança foi uma área dominada por manguezais, com ampla expansão de árvores de *Avicennia*, presença de diatomáceas marinhas, uma tendência de aumento de matéria orgânica sedimentar de origem estuarina e uma assembleia mineralógica formada principalmente por pirita e hematita típica de sedimentos redutores de manguezais entre >6300 e ~4900 cal anos AP. Entre 4900 e 4300 cal anos AP houve uma zona estéril, sem pólen que pode ser interpretada como um brusco desaparecimento da vegetação costeira (manguezal e pântanos salgados). Nesse intervalo ocorrem ainda espécies de diatomáceas marinhas e estuarinas, assim como um aumento na contribuição de matéria orgânica sedimentar de origem marinha e um desaparecimento de minerais tipicamente formados em ambientes redutores. No Holoceno tardio (<4300 cal anos AP), o local de estudo foi recolonizado por ervas com árvores de *Avicennia* restritas às bordas da planície herbácea e uma significativa tendência de aumento da contribuição de matéria orgânica de origem terrestre (plantas C4), além da presença de resíduos de diatomáceas de água doce. A composição mineralógica é formada principalmente por minerais típicos de ambientes expostos a intensa evaporação. Nas últimas décadas existe uma tendência de migração dos manguezais por sobre superfícies mais elevadas ocupadas por ervas de metabolismos C3 e C4, assim como um aumento na contribuição de matéria orgânica de origem estuarina e uma tendência de incremento nas concentrações de Sr na superfície (últimos 10 cm). Tais dados sugerem fortemente uma dinâmica dos manguezais e pântanos salgados controlados principalmente pela variação do nível relativo do mar. Provavelmente, o aumento do nível relativo do mar pós-glacial contribuiu significativamente para a implantação e expansão dos manguezais na Península de Bragança com grande impacto na expansão de árvores de *Avicennia*, diatomáceas marinhas/estuarinas, aumento na contribuição de matéria orgânica de origem estuarina e favorecimento de ambientes adequados para a precipitação por exemplo de pirita. Entre 4900 e 4300 cal anos AP, provavelmente o nível relativo do mar continuou aumentando. Isso causou um aumento na contribuição de espécies de diatomáceas marinhas/estuarinas e matéria orgânica de origem marinha, porém o contínuo aumento do nível relativo do mar na área de estudo afogou os manguezais e vegetações associadas, causando o desaparecimento desses pântanos do local de estudo, e, conseqüentemente, desfavorecimento das condições de anoxia do substrato que inviabilizou a precipitação de minerais formados por S e Fe. Após 4300 anos, houve um aumento na contribuição de matéria orgânica de origem de plantas C4 terrestre, assim como a presença de fragmentos de diatomáceas de água doce. A composição mineralógica sugere um ambiente árido tipo *sabkha*. Tais dados sugerem uma diminuição no nível relativo do mar que causou a recolonização por ervas de metabolismos principalmente C4 com presença de árvores de *Avicennia* apenas nos setores topograficamente mais baixos da planície herbácea. Considerando as últimas décadas, a migração das árvores de *Avicennia* em direção aos campos herbáceos, assim como a tendência de aumento de matéria orgânica de origem estuarina e nas concentrações de Sr para o topo do testemunho analisado sugerem um aumento no nível relativo do mar.

Palavras-Chave: Carbono-14, Diatomáceas, Fácies sedimentares, Isótopos, Mudanças Climáticas, Palinologia, Pântano salino.

ABSTRACT

This work integrates data from geomorphology, sedimentary features, pollen, diatom, isotopes, mineralogy, chemical analysis and C-14 datings obtained of sediment cores sampled from Bragança Península, Pará littoral. The pollen data indicate that central and topographically higher area of Bragança Peninsula was an area dominated by mangroves, with wide expansion of *Avicennia* trees, marine diatom, an increased trend of sedimentary organic matter sourced from estuarine algae, and a mineralogical composition mainly formed by pyrite and hematite, typical of mangrove anoxic sediments between > 6300 and 4900 cal yr BP. Between 4900 and 4300 cal yr BP occurs a without pollen zone, but along this interval takes place marine diatom, an increase of sedimentary organic matter sourced from marine algae and the absence of minerals formed by Fe and S. In the late Holocene (<4300 cal yr BP), the study site was recolonised mainly by herbs with *Avicennia* trees restricted to border of the herbaceous plain, presence of freshwater diatom remains and a significant increase trend in contribution of sedimentary organic matter of terrestrial origin (C4 plants). Precipitated minerals from environments under intense evaporation form the mineralogical composition. In recent decades, there is a mangrove migration to elevated surfaces occupied by herbs (C4 and C3 terrestrial plants), and an increase of sedimentary organic matter sourced from estuarine algae. An upward increase in the Sr concentration occurs along the last 10 cm. These data suggest a mangrove and salt marshes dynamic mainly controlled by the relative sea level changes. Probably, post-glacial sea level rise contributed to the establishment and expansion of mangroves in the Bragança Peninsula with great impact on the expansion of *Avicennia* trees and marine diatoms, an increase of sedimentary organic matter sourced from estuarine algae. This environment favors the mineral precipitation for instance of pyrite. Between 4900 and 4300 cal yrs BP, the continuous relative sea level rise causes the increase of marine/estuarine diatoms and the contribution of sedimentary organic matter sourced from marine algae. However, it caused the drowning of mangrove and associated vegetation, and consequently its disappearance from the study area, as well as the environmental conditions for sulfides precipitation. After 4300 cal yrs BP, the increase of sedimentary organic matter sourced from C4 terrestrial plants and freshwater diatoms suggest a relative sea level fall. The mineralogical composition suggests an arid environment, such as a *sabkha*. This process caused the recolonization of herbs (mainly C4 plants) in the topographically highest area of studied peninsula and *Avicennia* trees surrounding this herbaceous plain. Considering the last decades, the *Avicennia* trees migration to elevated herbaceous fields, the increase trend of organic matter sourced from estuarine algae and the increase in concentration of Sr during the last 10 cm suggest a modern relative sea level rise.

Keywords: Carbon-14, Climate changes, Diatom, Isotopes, Sedimentary facies, Palynology, Salt marsh.



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 **PALOMA MARIA PINTO CAMARGO**

A banca examinadora da Tese de Doutorado de **PALOMA MARIA PINTO CAMARGO** orientanda do Prof. Dr. José Augusto Martins Correa (UFPA), composta pelos professores doutores Rubén José Lara (Inst. Argentino de Oceanografía), Luiz Carlos Ruiz Pessenda (USP), Marlon Carlos França (IFPA), e Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA), após apresentação da sua tese intitulada “**EVOLUÇÃO DOS PÂNTANOS DA REGIÃO CENTRAL DA PENÍNSULA DE BRAGANÇA-PA DE ACORDO COM AS MUDANÇAS DO NÍVEL RELATIVO DO MAR DURANTE O HOLOCENO**” emite o seguinte parecer:

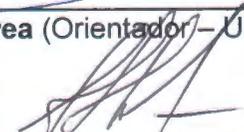
A candidata apresentou contribuição relevante ao conhecimento sobre a evolução dos campos salgados e manguezal da Península de Bragança-PA em uma escala decadal, secular e milenar com base em uma análise de multi-indicadores: feições sedimentares, minerais, pólen, diatomáceas e isótopos. Na apresentação oral, demonstrou segurança e expôs com clareza e uso adequado de recursos didáticos os principais métodos e resultados de sua Tese. O documento encontra-se bem estruturado e tem potencial para gerar publicações de nível internacional. A banca fez sugestões de aprimoramentos de forma e conteúdo. Durante a arguição, a candidata demonstrou domínio sobre os seus dados e capacidade de síntese e argumentação científica.

Com base no exposto, a banca examinadora decidiu por unanimidade aprovar a tese de doutorado.

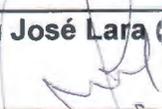
Belém, 07 de dezembro de 2016.



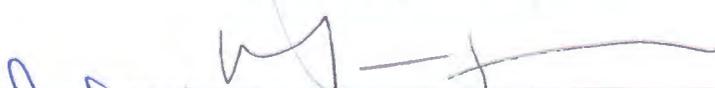
José Augusto Martins Correa (Orientador – UFPA)



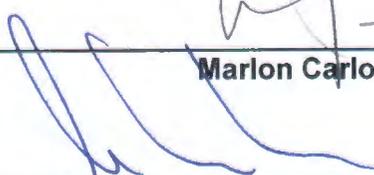
Rubén José Lara (Univ. Bremen)



Luiz Carlos Ruiz Pessenda (USP)



Marlon Carlos França (IFPA)



Marcelo Cancela Lisboa Cohen (UFPA)