

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 01/11/2017.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS  
CAMPUS DE RIO CLARO

RENATO LADA GUERREIRO

**MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS NO HOLOCENO EM LAGOAS  
SALINAS DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA**

Rio Claro - SP  
2016

RENATO LADA GUERREIRO

**MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS NO HOLOCENO EM LAGOAS  
SALINAS DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Mudanças Ambientais (regionais e globais)

Orientador: Prof. Dr. Mario Luis Assine

Rio Claro - SP  
2016

551.42 Guerreiro, Renato Lada  
G934m Mudanças paleoambientais no Holoceno em lagoas salinas  
do Pantanal da Nhecolândia / Renato Lada Guerreiro. - Rio  
Claro, 2016  
151 f. : il., figs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Mario Luis Assine

1. Geomorfologia. 2. Mudanças climáticas. 3.  
Quaternário. 4. Espículas de esponjas. 5. Diatomáceas. 6.  
Datação 14C e datação LOE. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP



RENATO LADA GUERREIRO

**MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS NO HOLOCENO EM LAGOAS  
SALINAS DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA**

Comissão examinadora

Mario Luis Assine

José Cândido Stevaux

Lucas Veríssimo Warren

Ivan Bergier Tavares de Lima

Francisco Sergio Bernardes Ladeira

Rio Claro, 01 de novembro 2016.

*Se não existe possibilidade de fracasso, então a vitória é insignificante.*  
Robert H. Schuller

*Sobre serpentes e víboras andarás, calcarás aos pés o leão e o dragão.  
Nenhum mal lhe atingirá, porque aos seus anjos Ele mandou que  
te guardem em todos os teus caminhos. Eles te sustentarão em  
suas mãos, para que não tropeces em alguma pedra.*  
Salmo 90 - trechos

## AGRADECIMENTOS

Como dizer obrigado quando há tantos para agradecer. Um simples obrigado jamais traduziria o sentimento de gratidão que tenho por todos que me ajudaram chegar até aqui. Uma tese não é feita por apenas uma pessoa, mas por muitas. É cheia de altos e baixos, de fracassos e sucessos. No fim, cheguei à conclusão de que antes de dar tudo certo, tudo tem que dar errado primeiro. Aos futuros doutorandos que estão lendo isto, estejam certos, vocês falharão muito antes de começarem a ter êxito na pesquisa, mas não desanimem, pois tudo isso faz parte e cada etapa é importante, sobretudo aprender com os erros cometidos.

Gostaria iniciar agradecendo à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudos nos anos iniciais do doutorado. E também, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-Fapesp pelo amparo financeiro (projeto 2014/06889-2).

Ao meu orientador Dr. Mario Luis Assine, que desde o mestrado vem me ensinando importantes lições. Agradeço pela paciência e pela confiança. Mario, obrigado por nunca desistir de mim.

Ao Dr. José Cândido Stevaux e ao Dr. Lucas Veríssimo Warren pelas importantes contribuições, que foram fundamentais para o desenvolvimento da tese e para a finalização do doutorado. Fica aqui minha sincera gratidão por tudo que fizeram.

Ao Dr. Ivan Bergier, da Emprapa Pantanal, pelas análises laboratoriais e auxílio nos trabalhos de campo, pelas valiosas discussões e ajuda na interpretação dos resultados, na revisão textual, e principalmente, pelo apoio constante e agradável companhia.

Ao Dr. Michael M. McGlue, da Universidade do Kentucky, pelas análises laboratoriais, datações, suporte na interpretação dos resultados e pela parceria e amizade desenvolvida ao longo desses anos de trabalho. Mike, obrigado por tudo, eu não teria conseguido sem você!

Ao Dr. Francisco Sergio Bernardes Ladeira, da Unicamp, pelas contribuições na defesa do doutorado.

Aos grandes amigos Hudson de Azevedo Macedo, Leandro Domingos Luz e Maurício Guerreiro dos Santos pelos auxílios nos trabalhos de campo e pelos momentos de descontração. Foram muitos os atoleiros, mas nós conseguimos

chegar!!! Agradeço ao Hudinho, membro mais forte da destemida “Equipe Trovoadá”. Ao Leandro por toda ajuda e paciência e ao Maurício pelas belas fotografias.

A Eder Renato Merino, companheiro de todas as horas, que esteve junto comigo desde o mestrado. Desenvolvedor do “Método Merino” de extração de testemunhos em salinas da Nhecolândia. Agradeço pela amizade e pelos bons momentos nesses anos de amizade.

A Fabiano do Nascimento Pupim pelas análises LOE, pelas importantes sugestões e discussões científicas, críticas e momentos de descontração. Fabiano, obrigado pelo incentivo e por toda ajuda que me deu.

A Mauro Parolin pelo constante incentivo e suporte desde a graduação. Pela ajuda na identificação das espículas, nas interpretações e discussões, que foram muito importantes para o desenvolvimento da tese. Mauro, obrigado por me apoiar sempre.

À minha grande amiga Giliane Gessica Rasbold pelas discussões, revisões, críticas, companheirismo e amizade. Pela sempre disponibilidade em me ajudar, não importando se é de madrugada, ou num domingo, ou feriado, ou no meio de uma festa rsrs. Sempre pude contar contigo Gi, e tenha certeza que você sempre poderá contar comigo! Obrigado por tudo.

A Sidney Kuerten pelas revisões no texto e incentivo desde o mestrado. Compadre, obrigado pelos conselhos e apoio sempre.

Aos pilotos, Comandante Amadeu e Comandante Ricardo, pelo ótimo serviço prestado. Ao Comandante Ricardo em especial, gostaria de agradecer pela tranquilidade que nos passou. Fazer um pouso de emergência no “meio do nada” e deixar os tripulantes tranquilos ao mesmo tempo, não é para qualquer um. Que Deus o abençoe sempre.

À Rosângela Vacello, com sua indiscutível competência e sempre prestatividade. Rô, agradeço por toda paciência, não deve ter sido fácil nos aturar esses anos todos.

Aos amigos do Laboratório de Estudos do Quaternário (LEQ), Deborah Mendes, Filipi Varejão, Patricia Mescolotti e Michele Custódio pelo apoio, discussões e pela agradável companhia.

A Hermes Dias-Brito pelas imagens no MEV.

A Victoria Oberc, da Universidade do Kentucky, pelas análises laboratoriais.

Ao Dr. Jefferey R. Stone, da Indiana State University, pelas análises das diatomáceas.

A Dra. Silane A. F. Silva Caminha, da Universidade Federal de Mato Grosso, pelo auxílio nas datações e pelas contribuições e discussões sobre a pesquisa no Pantanal da Nhecolândia.

A Barbara Fernandes Becker pelas discussões a respeito do conteúdo polínico dos sedimentos.

Ao Dr. Aguinaldo Silva, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, pelo apoio logístico e ajuda nos trabalhos de campo.

Ao Dr. Didier Gastmans pelas discussões sobre a geoquímica das lagoas salinas.

Ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (Iepafe), pelo suporte nos procedimentos laboratoriais e assistência na interpretação das espículas de esponjas.

Ao Dr. Ulisses Pinheiro, da Universidade de Pernambuco, pelo auxílio na identificação de espículas de esponjas.

Ao Lucas Leuzinger, da Fazenda Barranco Alto, pela hospitalidade, suporte nos trabalhos de campo e pelas belíssimas fotos. Agradeço também ao Hugo, Carol, Claudia Pozzoli, Fernando, e o Luis que nos acompanhou e nos ajudou nas atividades de coleta de material nas lagoas.

A Luiz Otávio Carneiro e André Penna, da Fazenda São José da Formosa, por toda ajuda nos trabalhos de campo.

Ao Seu João, Dona Mazilde e Adalto pela receptividade e hospitalidade e a todos os pantaneiros anônimos que nos socorreram por inúmeras vezes.

Aos companheiros de república Limeira, PV, Skal e Tranquilo, agradeço pela hospitalidade e pela companhia.

A Roberto Gómez Bolaños, por me proporcionar grandes momentos de descontração!

Ao Darlan e Diane pelo companheirismo e pelos bons momentos.

Aos meus grandes parceiros e amigos do Instituto Federal do Paraná - Campus Assis Chateaubriand pelo incentivo, apoio constante e descontração, em especial a Elenice Josefa Kolancko Setti, Polyanna Guimarães e Miranda, Edualdo Alberto Felippsen, Franciele Fernandes Baliero, Michelli Cristina Galli, Carla Melli Tambarussi, Luiz Inácio Chaves, Deisinara Giane Schulz, Leiliane Cristina de Souza,

Bruno Garcia Bonfim, Claudia Dell’Agnolo Petry, Karina Dias Espartosa, Amilcar Machado Profeta Filho, que me substituíram sempre quando precisei.

A José Silvio Dotto Camponogara que me acompanhou em todas as viagens ao Pantanal. Foram muitos sufocos e atoleiros. Agradeço pela parceria, pelas histórias e pela agradável companhia.

Às direções Geral e de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus Assis Chateaubriand (2013-2016), Anderson Sanita e Jorge Luiz de Mendonca Ortellado Alderete.

A todos os meus amigos e minha família que sempre me apoiaram.

À Elizângela Yurkiw Guerreiro, minha esposa, por suportar a distância quando eu estava ausente e a minha ausência mesmo quando eu estava presente. Esses anos não foram fáceis, mas nós conseguimos juntos.

Ao meu pai Abilio Guerreiro, à minha mãe Emilia Lada Guerreiro e ao meu irmão Ricardo Lada Guerreiro, por sempre me apoiarem e por estarem ao meu lado, sempre pude contar com vocês. Peço desculpas pelos anos de “ausência”.

E por fim, gostaria de agradecer a Deus, pela companhia constante, pelos desabafos. A fé não é inimiga da ciência, mas aliada. Peço que continue iluminando meu caminho e que sempre me dê sabedoria.

Depois de incansáveis horas de trabalho e incontáveis xícaras de café, chego ao final do doutorado com múltiplos sentimentos. Difícil de explicar. Uma coisa é certa, esse doutorado mudou a minha vida, e me permitiu alcançar tudo o que tenho. Por isso gostaria, mais uma vez, de agradecer todos que contribuíram com isso.

Obrigado!

Dedico esta tese a minha família,  
que sempre esteve ao meu lado.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                    |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| LISTA DE FIGURAS .....                                                                                                                             | XII  |
| LISTA DE TABELAS.....                                                                                                                              | XV   |
| RESUMO .....                                                                                                                                       | XVI  |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                     | XVII |
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                                                                                                 | 1    |
| 2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DA PESQUISA.....                                                                                                       | 4    |
| 2.1. Bacia do Pantanal .....                                                                                                                       | 4    |
| 2.2. O Pantanal da Nhecolândia.....                                                                                                                | 8    |
| 2.2.1. Geomorfologia do Pantanal da Nhecolândia .....                                                                                              | 8    |
| 2.2.1.1. Vazantes e corixos .....                                                                                                                  | 11   |
| 2.2.1.2. Baías .....                                                                                                                               | 11   |
| 2.2.1.3. Cordilheiras .....                                                                                                                        | 11   |
| 2.2.1.4. Salinas .....                                                                                                                             | 12   |
| 2.3. A origem da paisagem da Nhecolândia .....                                                                                                     | 17   |
| 2.4. Espículas de esponjas de água doce em estudos paleoambientais.....                                                                            | 24   |
| 2.5. Área estudada .....                                                                                                                           | 26   |
| 3. OBJETIVOS .....                                                                                                                                 | 29   |
| 4. MATERIAIS E MEIOS.....                                                                                                                          | 31   |
| 5. ARQUIVOS SEDIMENTARES DE LAGOAS SALINAS DO OESTE DA NHECOLÂNDIA:<br>REGISTRO DE MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS DURANTE O HOLOCENO NO<br>PANTANAL..... | 42   |
| 5.1. Área estudada .....                                                                                                                           | 42   |
| 5.2. Resultados .....                                                                                                                              | 43   |
| 5.2.1. Sucessão vertical de fácies e granulometria dos sedimentos.....                                                                             | 43   |
| 5.2.2. Datações <sup>14</sup> C, modelos de idade e taxas de sedimentação.....                                                                     | 46   |
| 5.2.3. Carbono Total: orgânico e inorgânico .....                                                                                                  | 49   |
| 5.2.4. Nitrogênio Total e razão Carbono : Nitrogênio .....                                                                                         | 51   |
| 5.2.5. Sílica biogênica.....                                                                                                                       | 51   |
| 5.3. Discussão dos resultados .....                                                                                                                | 52   |
| 5.3.1. Sedimentologia e taxas de sedimentação.....                                                                                                 | 52   |
| 5.3.2. Implicações nas mudanças paleoambientais no Pantanal no Holoceno Superior                                                                   | 55   |
| 5.4. Conclusão .....                                                                                                                               | 58   |
| 6. MUDANÇAS PALEO-HIDROLÓGICAS E PALEOLIMNOLÓGICAS NO HOLOCENO<br>SUPERIOR.....                                                                    | 59   |

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1. Resultados .....                                                                                   | 60  |
| 6.1.1. Assembleia de espículas de esponjas .....                                                        | 61  |
| 6.1.2. Assembleia de frústulas de diatomáceas.....                                                      | 66  |
| 6.2. Discussão dos resultados .....                                                                     | 69  |
| 6.2.1. Mudanças paleoambientais com base nas espículas de esponjas .....                                | 69  |
| 6.2.2. Contribuição das frústulas de diatomáceas na análise de mudanças paleoambientais nas lagoas..... | 73  |
| 6.2.3. Processos envolvidos na evolução da condição hidroquímica das lagoas .....                       | 77  |
| 6.3. Conclusão .....                                                                                    | 79  |
| 7. PALEOAMBIENTES DAS LAGOAS SALINAS DO PLEISTOCENO SUPERIOR AO HOLOCENO .....                          | 81  |
| 7.1. Características hidroquímicas e geográficas das lagoas salinas da área sul da Nhecolândia.....     | 81  |
| 7.2. Sedimentos das lagoas salinas.....                                                                 | 92  |
| 7.3. Geocronologia .....                                                                                | 100 |
| 7.4. Carbono total: orgânico e inorgânico .....                                                         | 104 |
| 7.5. Espículas de esponjas preservadas nos sedimentos.....                                              | 105 |
| 7.6. Mudanças paleoambientais das lagoas salinas da Nhecolândia desde o Pleistoceno Superior            | 115 |
| 7.6.1. Lagoas de água doce (Holoceno Médio ao Superior).....                                            | 116 |
| 7.6.2. Lagoas salinas (Holoceno Superior) .....                                                         | 119 |
| 7.6.3. Implicações sobre a origem da paisagem da Nhecolândia.....                                       | 121 |
| 7.7. Conclusão .....                                                                                    | 121 |
| 8 CONCLUSÕES.....                                                                                       | 123 |
| Referências bibliográficas.....                                                                         | 124 |

## LISTA DE FIGURAS

|            |                                                                                                          |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.  | Trato de sistemas deposicionais do Pantanal.....                                                         | 5  |
| Figura 2.  | Compartimentos geomorfológicos presentes de área estudada.....                                           | 6  |
| Figura 3.  | Geologia da área estudada.....                                                                           | 7  |
| Figura 4.  | Pantanal da Nhecolândia.....                                                                             | 9  |
| Figura 5.  | Área de contato da Alta e a Baixa Nhecolândia.....                                                       | 9  |
| Figura 6.  | Diferenças morfológicas entre a Alta e a Baixa Nhecolândia.....                                          | 10 |
| Figura 7.  | Pantanal da Nhecolândia na estação chuvosa e na estação seca.....                                        | 13 |
| Figura 8.  | Vazante Castelo no sul da Nhecolândia na estação chuvosa.....                                            | 14 |
| Figura 9.  | Pequenos canais incisos por onde correm os corixos.....                                                  | 14 |
| Figura 10. | Lagoas interconectadas por drenagens superficiais.....                                                   | 15 |
| Figura 11. | Lagoas de água doce (baías) recobertas por vegetação anfíbia.....                                        | 15 |
| Figura 12. | Cordilheiras.....                                                                                        | 16 |
| Figura 13. | Lagoas salinas da Nhecolândia.....                                                                       | 16 |
| Figura 14. | Visão geral da paisagem lacustre da Nhecolândia.....                                                     | 17 |
| Figura 15. | Hipótese de Wilhelmy para a origem das lagoas da Nhecolândia.....                                        | 20 |
| Figura 16. | Pantanal da Nhecolândia e as áreas onde foram feitas as amostragens sedimentares das lagoas salinas..... | 27 |
| Figura 17. | Calibração do equipamento e medição dos parâmetros físico-químicos.....                                  | 34 |
| Figura 18. | Cenas dos trabalhos de campo.....                                                                        | 34 |
| Figura 19. | Mapa de localização das lagoas salinas estudadas.....                                                    | 43 |
| Figura 20. | Lagoas salinas estudadas na região oeste da Nhecolândia.....                                             | 44 |
| Figura 21. | Perfis sedimentológicos dos testemunhos NM1, NM3 e NM4.....                                              | 45 |
| Figura 22. | Modelos de idade $^{14}\text{C}$ BACON do testemunho NM1.....                                            | 48 |
| Figura 23. | Modelos de idade $^{14}\text{C}$ BACON do testemunho NM3.....                                            | 48 |
| Figura 24. | Perfil geoquímico, cronologia e taxas de sedimentação do testemunho NM1..                                | 49 |
| Figura 25. | Perfil geoquímico, cronologia e taxas de sedimentação do testemunho NM3..                                | 50 |
| Figura 26. | Perfil geoquímico, cronologia e taxas de sedimentação do testemunho NM4..                                | 50 |
| Figura 27. | Microfósseis silicosos presentes nos sedimentos do testemunho NM1.....                                   | 52 |
| Figura 28. | Mapa de localização das lagoas salinas na área oeste da Nhecolândia.....                                 | 60 |
| Figura 29. | Perfis sedimentológicos das lagoas salinas estudadas.....                                                | 61 |
| Figura 30. | Resultados de TOC, TIC e granulometria.....                                                              | 61 |
| Figura 31. | Espículas de esponjas de água doce preservadas nos sedimentos das lagoas.....                            | 62 |
| Figura 32. | Ocorrências de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho NM1.....                   | 63 |
| Figura 33. | Ocorrências de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho NM3.....                   | 64 |

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 34. Ocorrências de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho NM4.....                                                | 64 |
| Figura 35. Ocorrência de frústulas de diatomáceas nos testemunhos NM1 e NM3.....                                                                 | 68 |
| Figura 36. Ocorrência de frústulas de diatomáceas no testemunho NM4.....                                                                         | 69 |
| Figura 37. Ocorrência dos principais tipos de espículas de esponjas de água doce e dos principais grupos de diatomáceas no testemunho NM1.....   | 75 |
| Figura 38. Ocorrência dos principais tipos de espículas de esponjas de água doce e dos principais grupos de diatomáceas no testemunho NM3.....   | 76 |
| Figura 39. Ocorrência dos principais tipos de espículas de esponjas de água doce e dos principais grupos de diatomáceas no testemunho NM4.....   | 76 |
| Figura 40. Mapa de localização das áreas estudadas da Nhecolândia.....                                                                           | 82 |
| Figura 41. Salina América na estação seca e no fim da estação chuvosa.....                                                                       | 84 |
| Figura 42. Árvores mortas e vegetação suprimida na margem das cordilheiras da Salina Japão.....                                                  | 84 |
| Figura 43. Formação incipiente de esteiras microbiais na margem da Salina do Coração                                                             | 85 |
| Figura 44. Formação de esteiras de cianobactérias e bancos flutuantes de exopolissacarídeos.....                                                 | 86 |
| Figura 45. Detalhes dos exopolissacarídeos de algas Characeae.....                                                                               | 86 |
| Figura 46. Imagens das Salinas Burro Branco e Salina Coração.....                                                                                | 87 |
| Figura 47. Precipitação na superfície das lagoas na margem concordante ao vento.....                                                             | 87 |
| Figura 48. Faixas esbranquiçadas formadas pela precipitação de sais e minerais na borda dos lagos Goodenough no Canadá e Mono na Califórnia..... | 89 |
| Figura 49. Lagoas salinas Coração, Mara Maravilha, Redonda e Tubarão.....                                                                        | 89 |
| Figura 50. Margem da Salina Tubarão.....                                                                                                         | 90 |
| Figura 51. Sedimentos organo-siltosos expostos na margem da Salina Burro Branco.....                                                             | 90 |
| Figura 52. Estruturas sedimentares induzidas microbialmente.....                                                                                 | 91 |
| Figura 53. Ilha formada por lajes formadas por crostas endurecidas no meio da Salina do Coração.....                                             | 91 |
| Figura 54. Estruturas circulares incrustadas de carapaças de óxido de ferro.....                                                                 | 91 |
| Figura 55. Perfil sedimentológico, diagramas de frequência de intervalos granulométricos e datações 14C e LOE (ka) do testemunho NM1.....        | 93 |
| Figura 56. Perfil sedimentológico, diagramas de frequência de intervalos granulométricos e datações 14C do testemunho NM2.....                   | 94 |
| Figura 57. Perfil sedimentológico, diagramas de frequência de intervalos granulométricos e datações 14C e LOE (ka) do testemunho NM3.....        | 95 |
| Figura 58. Perfil sedimentológico, diagramas de frequência de intervalos granulométricos e datações 14C do testemunho NM4.....                   | 96 |
| Figura 59. Perfil sedimentológico do testemunho BA1.....                                                                                         | 97 |
| Figura 60. Perfil sedimentológico, diagramas de frequência de intervalos granulométricos e datações 14C e LOE (ka) do testemunho BA4.....        | 97 |
| Figura 61. Perfil sedimentológico, diagramas de frequência de intervalos granulométricos e datações 14C e LOE (ka) do testemunho BA7-1.....      | 98 |

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 62. Perfil sedimentológico do testemunho BA7-2.....                                                                                  | 98  |
| Figura 63. Perfil sedimentológico, diagramas de frequência de intervalos granulométricos e datações 14C e LOE (ka) do testemunho BA9-1..... | 99  |
| Figura 64. Perfil sedimentológico, diagramas de frequência de intervalos granulométricos do testemunho BA9-2.....                           | 99  |
| Figura 65. Perfil sedimentológico do testemunho BA12.....                                                                                   | 101 |
| Figura 66. Carbono total dos testemunhos na área oeste da Nhecolândia.....                                                                  | 105 |
| Figura 67. Carbono total dos testemunhos na área sul da Nhecolândia.....                                                                    | 105 |
| Figura 68. Espículas de esponjas de água doce preservadas nos sedimentos das lagoas. ....                                                   | 114 |

## LISTA DE TABELAS

|            |                                                                                                                                                                                    |     |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1.  | Interpretações sobre a origem da paisagem da Nhecolândia.....                                                                                                                      | 18  |
| Tabela 2.  | Áreas e pontos amostrados com respectiva caracterização do tipo de análise realizada.....                                                                                          | 32  |
| Tabela 3.  | Áreas, pontos amostrados e testemunhos sedimentares recuperados.....                                                                                                               | 35  |
| Tabela 4.  | Datações 14C dos sedimentos organo-siltosos dos testemunhos das lagoas salinas da área oeste da Nhecolândia.....                                                                   | 47  |
| Tabela 5.  | Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos.....                                                                                                                        | 83  |
| Tabela 6.  | Datações 14C dos sedimentos organo-siltosos dos testemunhos das lagoas salinas das áreas oeste e sul da Nhecolândia.....                                                           | 102 |
| Tabela 7.  | Doses equivalentes naturais, taxas de doses efetivas e idades LOE dos sedimentos arenosos dos testemunhos recuperadas das lagoas salinas das áreas oeste e sul da Nhecolândia..... | 103 |
| Tabela 8.  | Ocorrência de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho NM1.....                                                                                              | 106 |
| Tabela 9.  | Ocorrência de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho NM3.....                                                                                              | 107 |
| Tabela 10. | Ocorrência de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho NM4.....                                                                                              | 108 |
| Tabela 11. | Ocorrência de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho BA4.....                                                                                              | 109 |
| Tabela 12. | Ocorrência de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho BA7.....                                                                                              | 110 |
| Tabela 13. | Ocorrência de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho BA9-1.....                                                                                            | 110 |
| Tabela 14. | Ocorrência de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho BA9-2.....                                                                                            | 111 |
| Tabela 15. | Ocorrências de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas no testemunho BA12.....                                                                                            | 112 |

## RESUMO

O Pantanal apresenta uma das mais belas e intrigantes paisagens naturais do Brasil. Nele há uma complexa rede de canais, planícies fluviais, leques aluviais e sistemas lacustres. Abriga uma combinação de elementos geomorfológicos pretéritos e atuais, e importantes registros do passado climático e ambiental do continente sul americano. A origem e evolução quaternária de algumas paisagens ainda não foram devidamente esclarecidas e uma delas é o Pantanal da Nhecolândia, onde um complexo sistema lacustre dá forma a uma das mais conhecidas e características paisagens do Pantanal. Das milhares de pequenas lagoas que a compõem, cerca de 10% são de águas salinas. Durante as últimas décadas, várias hipóteses foram lançadas para explicar a origem e evolução da paisagem da Nhecolândia e da salinidade destas lagoas. Alguns autores defendem a tese de que essa paisagem foi originada pelo abandono de canais fluviais e meandros, enquanto outros atribuem a atuação de processos eólicos durante eventos áridos do final do Pleistoceno, criando superfícies de deflação, cujas pequenas depressões deram origem às milhares de lagoas à medida que o clima tornou-se mais úmido e que as lagoas salinas sejam heranças destes períodos áridos. Com o objetivo de ampliar as discussões sobre a origem da paisagem e das lagoas salinas da Nhecolândia, foram analisados os registros sedimentares, geoquímicos, micropaleontológicos e realizadas datações  $^{14}\text{C}$  e LOE em sedimentos recuperados de lagoas salinas em porções distintas da Nhecolândia. Os testemunhos recuperados das lagoas são compostos por areias finas a muito finas na porção inferior, que são recobertas por sedimentos organo-siltosos na porção superior. Os resultados geocronológicos revelaram que os sedimentos arenosos foram depositados do final do Pleistoceno Tardio ao Holoceno Médio-Superior, com importante descontinuidade na passagem Pleistoceno/Holoceno marcada por mudanças abruptas na coloração e coesão das areias. Os sedimentos organo-siltosos não apresentaram lacunas estratigráficas expressivas, sendo depositados continuamente no Holoceno Superior. A deposição e preservação de sedimentos com teores altos de TOC e TIC são registro de tempo maior de residência de água nas lagoas a partir do Holoceno Superior em relação ao Holoceno Médio-Superior. Espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas preservadas nos sedimentos permitiram distinguir claramente uma fase inicial lacustre de água doce com sedimentação de areias finas a muito finas no Holoceno Médio-Superior, com posterior transição para ambientes salino-alcálinos em lagos dominados por sedimentação organo-siltosa no Holoceno Superior. As assembleias de espículas de esponjas e diatomáceas revelaram que as lagoas salinas estudadas apresentavam ambientes lacustres de água doce na maior parte do Holoceno, evidenciando que a salinidade das lagoas é decorrente de processos recentes e não herança de climas áridos do passado.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas; Quaternário; espículas de esponjas; diatomáceas; datação  $^{14}\text{C}$  e datação LOE.

## ABSTRACT

Pantanal presents one of most beautiful and wild landscapes of Brazil in South American tropics. Pantanal wetlands displays a complex network of channels, floodplains, alluvial fans and lake systems and features a combination of past and modern geomorphological landforms and important sedimentary records of paleoclimates and paleoenvironments of South America. The origin and Quaternary evolution of some landscapes have not been fully clarified and one of them is the Pantanal da Nhecolândia where a thousand of shallow ponds results in the one of the most known and characteristics landscapes of the Pantanal. About 10% of the small ponds, have saline water and over the last decades, many hypotheses have been proposed to explain the origin and evolution of these saline ponds and Nhecolândia landscape. Some authors support the thesis that this landscape was originated by abandonment of river meanders and channels, while others attribute to aeolian processes during the arid phases in the late Pleistocene. Here, we use sediment cores from saline lakes in northwest and southeast Nhecolândia were sampled to assess the temporal resolution and environmental sensitivity of these aquatic ecosystems. The shallow stratigraphy of each pond is characterized by a thick basal sandy unit overlain by a thinner silt sized organic muddy. Geochronological results revealed that these sediments were deposited in different temporal contexts, whereas the sandy sediments were deposited from the Late Pleistocene to the Mid-to-Late Holocene, with significant discontinuity between Pleistocene and Holocene marked by abrupt changes in the color and cohesion of the sands. The organic muddy sediments was continuously deposited on the Late Holocene without significant stratigraphic gaps. Organic sediments accumulation reflects a longer water residence time on the Late Holocene. Sponge spicules and diatoms frustules assemblages showed that the saline ponds had lacustrine environments of freshwater in most of the Mid-Late Holocene, suggesting that salinity of lakes is due to recent processes and not inheritance of past arid climates.

**Keywords:** Climate changes; Quaternary; Sponge spicules; Diatoms;  $^{14}\text{C}$  and OSL dating.

## 1. INTRODUÇÃO

O Pantanal abriga um dos mais biodiversos ecossistemas tropicais do mundo (Por 1995; Costa et al., 2015). Essa diversidade é atribuída à grande variedade de paisagens, que compõem um rico mosaico de ambientes para a fauna e flora (Evans e Costa, 2013). As paisagens do Pantanal estão em constante transformação e boa parte destes ambientes é hoje completamente diferente dos ambientes do passado (Assine, 2003).

Registros sedimentares fluviais e lacustres recuperados nas regiões central e norte do Pantanal revelaram profundas mudanças na precipitação, na temperatura, na vegetação e na sedimentação na planície fluvial durante o Pleistoceno Superior e Holoceno (Whitney et al., 2011; McGlue et al., 2012; Metcalfe et al., 2014). As evidências de mudanças ambientais na região sul do Pantanal são restritas a poucos registros fragmentados e de curta resolução temporal (Victoria et al., 1995; Bezerra e Mozeto, 2008; Bertaux et al., 2002; Kuerten et al., 2013).

Uma das mais emblemáticas paisagens da região sul do Pantanal é a paisagem lacustre do Pantanal da Nhecolândia. Estudos anteriores na Nhecolândia tiveram enfoque na caracterização das formas e da orientação preferencial das lagoas e cordilheiras, levando muitos autores a relacionar a origem e evolução dessas geoformas a processos eólicos ocorridos durante intervalos de prolongada aridez glacial (Almeida, 1945; Almeida e Lima, 1959; Valverde, 1972; Tricart, 1982; Klammer, 1982). Ainda que essa hipótese não seja universalmente aceita (e.g. Wilhelmy, 1958; Ab'Saber, 1988; Colinvaux et al., 2000), este modelo de formação das lagoas foi amplamente divulgado na literatura (Clapperton, 1993; Goudie e Wells, 1995), embora não houvesse dados sedimentológicos para testar ou refutar essa hipótese. A escassez de dados sedimentares contrasta com numerosa informação hidrobiogeoquímica que revelaram variabilidade espacial dos níveis de salinidade, alcalinidade e atividade biológica das lagoas por toda a Nhecolândia (Barbiero et al., 2002; Furquim et al., 2010; Furian et al., 2013; Bergier et al., 2014, Costa et al., 2015).

Para entender as mudanças paleoambientais na Nhecolândia é necessário buscar registros sedimentares em morfologias que representam as formas mais próximas da superfície original. As lagoas salinas são contornadas por unidades topograficamente mais elevadas (cordilheiras) e podem representar as formas mais

próximas do estado original da Nhecolândia, contendo importantes registros paleoambientais. Tendo como base a compreensão de dois eventos, sendo um deles a origem das lagoas salinas e o outro a origem da própria paisagem da Nhecolândia, espera-se que os sedimentos destas lagoas forneçam respostas para o entendimento da evolução destes ambientes.

Apesar da existência de diferentes hipóteses, a origem da paisagem e das lagoas salinas da Nhecolândia permanece controversa. Algumas questões permanecem sem resposta satisfatória, tais como: (1) as lagoas sempre foram de água salina? (2) se já foram de água doce, quando se tornaram lagoas salinas? 3) que processos estão envolvidos?

Para tentar responder essas questões, uma nova abordagem será apresentada nessa tese, com base na interpretação de dados sedimentológicos, geoquímicos, micropaleontológicos e de datações absolutas. Este é o primeiro trabalho com esse tipo de abordagem realizado em sedimentos das lagoas salinas da Nhecolândia.

Esta tese de doutorado está estruturada em oito capítulos que objetivam apresentar as etapas e objetivos alcançados, sendo apresentados sobre diferentes óticas em cada capítulo de resultados. Para contextualizar o tema da tese, o Capítulo 2 versará sobre aspectos principais do Pantanal, acompanhado de uma síntese dos resultados de várias pesquisas realizadas na Nhecolândia, de modo a compor um estado da arte sobre os avanços científicos no estudo dessa complexa paisagem do Pantanal. Um histórico sobre o uso de espículas de esponjas como indicadores paleoambientais será apresentado no Capítulo 2, seguido dos objetivos da tese no Capítulo 3 e a descrição dos materiais e meios utilizados para o desenvolvimento da presente pesquisa no Capítulo 4.

Os resultados alcançados estão apresentados em três capítulos, organizados para comporem artigos independentes. Os resultados das análises sedimentares, geoquímicas e geocronológicas ( $^{14}\text{C}$ ) das lagoas salinas estudadas na área oeste da Nhecolândia são discutidos no Capítulo 5. Esses dados constituem os primeiros resultados sobre os arquivos sedimentares das lagoas salinas e o que eles revelam sobre as mudanças paleoambientais no Pantanal.

No Capítulo 6 são apresentados os resultados e as interpretações de indicadores ambientais como espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas preservadas nos sedimentos. O capítulo inclui discussões sobre as mudanças paleo-

hidrológicas e paleolimnológicas no Holoceno Superior que levaram ao desenvolvimento de ambiente salino-alcálico nas lagoas da Nhecolândia.

Integração dos resultados da tese é apresentada no capítulo 7, agregando os dados sedimentológicos, geoquímicos e geocronológicos ( $^{14}\text{C}$  e LOE) obtidos das áreas oeste e sul da Nhecolândia. Esse capítulo aborda as mudanças paleoambientais e a evolução das lagoas salinas do Pleistoceno Superior ao Holoceno Superior.

Por fim, conclusões e considerações dos resultados da tese são apresentadas no Capítulo 8.

## 8 CONCLUSÕES

Os sedimentos das lagoas salinas são compostos por areias finas a muito finas e recobertos por sedimentos organo-siltosos com espessuras variáveis em cada lagoa. Os resultados geocronológicos revelaram que os sedimentos arenosos foram depositados do final do Pleistoceno ao Holoceno Superior. Embora não tenham sido constatadas alterações significativas na granulometria, mudanças abruptas na coloração e na coesão das areias são evidências de descontinuidade no registro sedimentar entre o Pleistoceno e o Holoceno.

Os sedimentos organo-siltosos foram depositados continuamente, sem lacunas expressivas no registro sedimentar, evidenciando tempo maior de residência da água nas lagoas no Holoceno Superior, fato que pode ser associado à elevação do nível freático regional em resposta ao aumento de precipitação.

Os testemunhos revelaram variações na deposição e preservação de espículas de esponjas na seção sedimentar do Holoceno, permitindo distinguir claramente uma fase inicial lacustre de água doce com sedimentação de areias finas a muito finas no Holoceno Médio-Superior, com posterior transição para ambientes salino-alcálinos com sedimentação organo-siltosa no Holoceno Superior. As assembleias de espículas de esponjas preservadas em contexto estratigráfico semelhante evidenciaram que estas mudanças paleoambientais tiveram respostas similares em todas as lagoas estudadas.

Os resultados obtidos mostram que eventos holocênicos foram mais importantes para a construção da paisagem da Nhecolândia do que previamente se considerava. Os dados revelaram que as lagoas eram efêmeras e de água doce na maior parte do Holoceno Médio-Superior, em períodos marcadamente mais secos no Pantanal, evoluindo assíncronicamente para lagoas salinas após o estabelecimento de climas mais úmidos com aumento da precipitação no Holoceno Superior.

Espículas de esponjas lacustres de água doce e frústulas de diatomáceas indicam que a salinidade das lagoas é fenômeno recente na história da Nhecolândia, ao contrário de hipóteses que associavam a salinidade com eventos áridos supostamente ocorridos do Pleistoceno. Embora a salinidade não seja herança de climas pretéritos, a paisagem de lagoas que caracteriza a Nhecolândia é relict, produto de eventos que datam do final do Pleistoceno Tardio e início do Holoceno.

## Referências bibliográficas

- Abbott, M. B.; Seltzer, G. O.; Kelts, K. R.; Southon, J. 1997. Holocene paleohydrology of the tropical Andes from lake records. *Quaternary Research*, **47**: 70-80.
- Abbott, M. B.; Wolfe, B. B.; Aravena, R.; Wolfe, A. P.; Seltzer, G. O. 2000. Holocene hydrological reconstructions from stable isotopes and paleolimnology, Cordillera Real, Bolivia. *Quaternary Science Reviews*, **19**: 1801-1820.
- Abbott, M. B.; Wolfe, B. B.; Wolfe, A. P.; Seltzer, G. O.; Aravena, R.; Mark, B. G.; Polissar, P. J.; Rodbell, D. T.; Rowe, H. D.; Vuille, M. 2003. Holocene paleohydrology and glacial history of the central Andes using multiproxy lake sediment studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **194**: 123-138.
- Ab'Sáber, A. N. 1988. O Pantanal Mato-grossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*, **50**: 9-57.
- Almeida, F. F. M. d. & Lima, M. A. 1959. Planalto centro-ocidental e pantanal Mato-Grossense. Rio de Janeiro, IBGE, 171 p.
- Almeida, F. F. M. d. 1945. Geologia do Sudoeste Mato-grossense. *Boletim DNPM/DGM*, **116**: 1-118.
- Almeida, T. I. R.; Calijuri, M. d. C.; Falco, P. B.; Casali, S. P.; Kupriyanova, E.; Paranhos Filho, A. C.; Sigolo, J. B.; Bertolo, R. A. 2011. Biogeochemical processes and the diversity of Nhecolândia lakes, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **83**: 391-407.
- Almeida, T. I. R.; Karmann, I.; Paranhos Filho, A. C.; Sígolo, J. B.; Bertolo, R. A. 2010. Os diferentes graus de isolamento da água subterrânea como origem de sua variabilidade: Evidências isotópicas, hidroquímicas e da variação sazonal do nível da água no pantanal da Nhecolândia. *Geologia USP - Serie Científica*, **10**: 37-47.
- Almeida, T. I. R.; Paranhos Filho, A. C.; Rocha, M. M. d.; Souza, G. F. D.; Sigolo, J. B.; Bertolo, R. A. 2009. As diferenciadas altitudes do nível da água dos lagos salino-alcalinos e hipossalinos do Pantanal da Nhecolândia: um indicativo de funcionamento do mega sistema lacustre. *Geociências*, **28**: 401-415.
- Almeida, T. I. R.; Sígolo, J. B.; Fernandes, E.; Queiroz Neto, J. P.; Barbiéro, L.; Sakamoto, A. Y. 2003. Proposta de classificação e gênese das lagoas da baixa Nhecolândia com base em sensoriamento remoto e dados de campo. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**: 83-90.
- Alonso-Zarza, A. M. & Wright, V. P. 2010. Palustrine Carbonates. In: Alonso-Zarza, A. M. & Tanner, L. H (Eds) *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments, and Processes*. p. 103-131.
- Assine, M. L. 2003. Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-grossense, Centro-oeste do Brasil. Tese de Livre-Docência, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro-SP, 115 p.
- Assine, M. L.; Soares, P.C. 2004. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. *Quaternary International*, **114**: 23-34.
- Assine, M. L.; Merino, E. R.; Pupim, F.N.; Macedo, H.A.; Santos, M. G. M. 2015a. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, **45**: 475-489.
- Assine, M. L.; Merino, E. R.; Pupim, F. N.; Warren, L. V.; Guerreiro, R. L.; McGlue, M. M. 2015b. Geology and Geomorphology of the Pantanal Basin. In: Bergier,

- I & Assine, M. L. (Eds) *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*, pp. 23-50.
- Baker, P. A. & Fritz, S. C. 2015. Nature and causes of Quaternary climate variation of tropical South America. *Quaternary Science Reviews*, **124**: 31-47.
- Barbiéro, L.; Filho, A. R.; Furquim, S. A. C.; Furian, S.; Sakamoto, A. Y.; Vallès, V.; Graham, R. C.; Fort, M.; Ferreira, R. P. D.; Queiroz Neto, J. P. 2008. Soil morphological control on saline and freshwater lake hydrogeochemistry in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil. *Geoderma*, **148**: 91-106.
- Barbiéro, L.; Furquim, S. A. C.; Vallès, V.; Furian, S.; Sakamoto, A. Y.; Filho, A.; Fort, M. 2007. Natural arsenic in groundwater and alkaline lakes at the upper Paraguay basin, Pantanal, Brazil. *Arsenic in Soil and Groundwater Environment - Biogeochemical Interactions, Health Effects and Remediation*, **9**: 101-126.
- Barbiéro, L.; Queiroz Neto, J. P.; Ciornei, G.; Sakamoto, A. Y.; Capellari, B.; Fernandes, E.; Valles, V. 2002. Geochemistry of water and ground water in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil: variability and associated processes. *Wetlands*, **22**: 528-540.
- Barbouthi, A. I. & Rastin, B. C. 1983. A study of the absolute intensity of muons at sea level and under various thicknesses of absorber. *Journal of Physics G: Nuclear Physics*, **9**: 1577-1595.
- Battarbee, R. W. 1986. Diatom analysis. In: B. Berglund, (Ed.) *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. Wiley, New York, pp. 527–570.
- Beilby, M. J. & Casanova, M. T. 2014. The Physiology of Characean Cells.
- Beilby, M. J. 2015. Salt tolerance at single cell level in giant-celled Characeae. *Frontiers in Plant Science*, **6**: 1-16.
- Bergier, I. & Assine, M. L. 2016. *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*. The Handbook of Environmental Chemistry Volume 37, Springer International Publishing, p. 243,
- Bergier, I.; Krusche, A.; Guérin, F. 2014. Alkaline Lake Dynamics in the Nhecolândia Landscape. In: Bergier, I. & Assine, M. L. (Eds) *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*, p. 145-161
- Bertaux, J.; Sondag, F.; Santos, R.; Soubiès, F.; Causse, C.; Plagnes, V.; Le Cornec, F.; Seidel, A. 2002. Paleoclimatic record of speleothems in a tropical region: Study of laminated sequences from a Holocene stalagmite in Central-West Brazil. *Quaternary International*, **89**: 3-16.
- Bezerra, M. A. D. O. & Mozeto, A. A. 2008. Deposição De Carbono Orgânico Na Planície De Inundação Do Rio Paraguai Durante O Holoceno Médio. *Oecologia Brasiliensis*, **12**: 155-171.
- Blaauw, M. & Cristen, A. 2011. Flexible Paleoclimate Age-Depth Models Using an Autoregressive Gamma Process. *Bayesian Analysis*, **6**: 457-474.
- Boggiani, P. C. & Coimbra, A. M. 1995. Quaternary limestone of the pantanal area, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **67**: 343-349.
- Bonetto, A. A. & Ezcurra de Drago, I. 1966. Nuevos aportes al conocimiento de las esponjas argentinas. *Physis*, **26**: 129-140.
- Bonetto, A. A. & Ezcurra de Drago, I. 1973. Las esponjas del genero Trochospongilla Vejdovsky en aguas argentinas. *Physis*, **32**: 13-18.
- Brasil, A. E. & Alvarenga, S. M. 1988. Relevo. Rio de Janeiro, IBGE, pp. 53-76.

- Braun, E. W. 1977. Cone aluvial do Taquari, unidade geomórfica marcante da planície quaternária do Pantanal. *Revista Brasileira de Geografia*, **39**: 164-180.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J. 2007. Invertebrados. 968 p.
- Candido, J. L.; Volkmer-Ribeiro, C.; Simões Filho, F. L.; Turcq, B.; Chauvel, A. 2000. Microsclere variations of *Dosilia pydanieli* (Porifera, Spongillidae) in Caracaranã lake (Roraima - Brazil). Palaeoenvironmental implication. *Biociências*, **8**: 77-92.
- Cheng, H.; Sinha, A.; Cruz, F. W.; Wang, X.; Edwards, R. L.; D'Horta, F. M.; Ribas, C. C.; Vuille, M.; Stott, L. D.; Auler, A. S. 2013. Climate change patterns in Amazonia and biodiversity. *Nature Communications*, **4**: 1411.
- Clapperton, C. M. 1993. Nature of environmental changes in South America at the Last Glacial Maximum. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **101**: 189-208.
- Cohen, A. S. 2003. Paleolimnology: the history and evolution of lake systems. 528 p.
- Colinvaux, P. A.; De Oliveira, P. E.; Bush, M. B. 2000. Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Science Reviews*, **19**: 141-169.
- Costa, M. P. F. & Telmer, K. H. 2006. Utilizing SAR imagery and aquatic vegetation to map fresh and brackish lakes in the Brazilian Pantanal wetland. *Remote Sensing of Environment*, **105**: 204-213.
- Costa, M. P. F.; Telmer, K. H.; Evans, T. L.; Almeida, T. I. R.; Diakun, M. T. 2015. The lakes of the Pantanal: inventory, distribution, geochemistry, and surrounding landscape. *Wetlands Ecology and Management*, **23**: 19-39.
- Cramp, A. & O'Sullivan, G. 1999. Neogene sapropels in the Mediterranean: A review. *Marine Geology*, **153**: 11-28.
- Cunha, J. 1943. Cobre do Jaurú e lagoas alcalinas do Pantanal (Mato Grosso). Boletim DNPM/LPM, pp. 1-53.
- Cunha, N. G. D. 1981. Classificação e fertilidade de solos da planície sedimentar do rio Taquari, Pantanal Matogrossense. *Circular técnica nº 4*, 56 p.
- Dam, H.; Mertens, A.; Sinkeldam, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, **28**: 117-133.
- De Deckker, P. 1983. Australian salt lakes their history, chemistry, and biota a review. *Hydrobiologia*, **105**: 231-244.
- Debrot, A. O. & Van Soest, R. W. M. 2001. First records of the freshwater sponges *Corvoheteromeyenia heterosclera* and *Spongilla alba* (Porifera: Spongillidae) from Curaçao, with species descriptions and data from transplantation experiments. *Caribbean Journal of Science*, **37**: 88-94.
- Dunagan, S. P. & Turner, C. E. 2004. Regional paleohydrologic and paleoclimatic settings of wetland/lacustrine depositional systems in the Morrison Formation (Upper Jurassic), Western Interior, USA. *Sedimentary Geology*, **167**: 269-296.
- Dundas, I. 1998. Was the environment for primordial life hypersaline? *Extremophiles*, **2**: 375-377.
- Eiten, G. 1983. Classificação da vegetação do Brasil. Brasília, CNPq, 305 p.
- Elanskaya, I. V.; Karandashova, I. V.; Bogachev, a. V.; Hagemann, M. 2002. Functional analysis of the Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter encoding genes of the cyanobacterium *Synechocystis* PCC 6803. *Biochemistry. Biokhimiia*, **67**: 432-440.
- Esteves, F. d. A. 2011. Fundamentos de Limnologia. 828 p.

- Evans, T. L. & Costa, M. P. F. 2013. Landcover classification of the Lower Nhecolândia subregion of the Brazilian Pantanal Wetlands using ALOS/PALSAR, RADARSAT-2 and ENVISAT/ASAR imagery. *Remote Sensing of Environment*, **128**: 118-137.
- Ezcurra de Drago, I. 1974. Las especies sudamericanas de Corvomeyenienidae (Porifera, Spongillidae). *Physis*, **33**: 233-240.
- Ezcurra de Drago, I. 1979. Un nuevo genero sudamericano de esponjas: Corvoheteromeyenienidae gen. nov. (Porifera:Spongillidae). *Neotropica*, **25**: 109-118.
- Fernandes, E. 2007. Organização espacial dos componentes da paisagem da baixa Nhecolândia - Pantanal de Mato Grosso do Sul. 177p.
- Freytet, P. & Plaziat, J. C. 1982. Continental carbonate sedimentation and pedogenesis – Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France. 213p.
- Furian, S.; Martins, E. R. C.; Parizotto, T. M.; Rezende-Filho, A. T.; Victoria, R. L.; Barbiéro, L. 2013. Chemical diversity and spatial variability in myriad lakes in Nhecolândia in the Pantanal wetlands of Brazil. *Limnology and Oceanography*, **58**: 2249-2261.
- Furquim, S. A. C.; Graham, R. C.; Barbiéro, L.; Queiroz Neto, J. P.; Vidal-Torrado, P. 2010. Soil mineral genesis and distribution in a saline lake landscape of the Pantanal Wetland, Brazil. *Geoderma*, **154**: 518-528.
- Geyer, C. J. 2011. Introduction to Markov Chain Monte Carlo. In: Gelman, A.; Brooks, S.; Jones, G.; Meng, X. L. (Eds.) *Handbook of Markov Chain Monte Carlo: Methods and Applications*. London, CRC Press, pp. 3-48.
- Gierlowski-Kordesch, E.; Finkelstein, D. B.; Truchan Holland, J. J.; Kallini, K. D. 2013. Carbonate Lake Deposits Associated With Distal Siliciclastic Perennial-River Systems. *Journal of Sedimentary Research*, **83**: 1114-1129.
- Goudie, A. S. & Wells, G. L. 1995. The nature, distribution and formation of pans in arid zones. *Earth-Science Reviews*, **38**: 1-69.
- Goudie, A. S. 1991. Pans. *Progress in Physical Geography*, **15**: 221-237.
- Guerreiro, R. L.; Stevaux, J. C.; Parolin, M.; Assine, M. L. 2013. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of Upper Paraná River, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **16**: 39-46.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2016. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: <http://www.algaebase.org>, acesso em 20 de Março de 2016
- Håkansson, S. 1993. Numerical methods for the inference of pH variations in mesotrophic and eutrophic lakes in southern Sweden - a progress report. *Diatom Research*, **8**: 349-370.
- Hamilton, S. K.; Sippel, S. J.; Calheiros, D. F.; Melack, J. M. 1997. An anoxic event and other biogeochemical effects of the Pantanal wetland on the Paraguay River. *Limnology and Oceanography*, **42**: 257-272.
- Harrison, F. W. & Harrison, M. B. 1977. The taxonomic and ecological status of the environmentally restricted Spongillid species of North America. II. *Anheteromeyenienidae biceps* (Lindenschmidt, 1950). *Hydrobiologia*, **55**: 167-169.
- Harrison, F. W. 1974. Sponges (Porifera: Spongillidae). New York, Academic Press, pp. 29-66.
- Harrison, F. W. 1977. The taxonomic and ecological status sponges in other regions of the world, particularly of the environmentally restricted spongillid species of early in Asia, the southern hemisphere and in North America. III. *Corvomeyenienidae carolinensis* Harrison 1971. *Hydrobiologia*, **56**: 187-190.

- Harrison, F. W. 1979. The taxonomic and ecological status of the environmentally restricted spongillid species of North America. V. *Ephydatia subtilis* (Weltner) and *Stratospongilla penneyi* sp. nov. *Hydrobiologia*, **65**: 99-105.
- Harrison, F. W. 1988. Utilization of freshwater sponges in paleolimnological studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **62**: 387-397.
- Harrison, F. W.; Johnston, L.; Stansell, K. B.; McAndrew, W. 1977. The taxonomic and ecological status of the environmentally restricted spongillid species of North America. I. *Spongilla sponginosa* Penney 1957. *Hydrobiologia*, **53**: 199-202.
- Hilleyer, R.; Valencia, B. G.; Bush, M. B.; Silman, M. R.; Steinitz-Kannan, M. 2009. A 24,700-yr paleolimnological history from the Peruvian Andes. *Quaternary Research*, **71**: 71-82.
- Hofmann, A.; Roussy, D.; Filella, M. 2002. Dissolved silica budget in the North basin of Lake Lugano. *Chemical Geology*, **182**: 35-55.
- Hogg, A.; Hua, Q.; Blackwell, P. G.; Niu, M.; Buck, C. E.; Guilderson, T. P.; Heaton, T. J.; Palmer, J. G.; Reimer, P. J.; Reimer, R. W.; Turney, C. S. M.; Zimmerman, S. R. H. 2013. SHCal13 Southern Hemisphere Calibration, 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, **55**: 1889-1903.
- Horikoshi, K., Antranikian, G., Bull, A.T., Robb, F.T., Stetter, K.O. (Eds.) 2011. *Extremophiles Handbook*. Springer Japan, Tokyo, 608.
- Hua, Q.; Barbetti, M.; Rakoesski, A. Z. 2013. Atmospheric Radiocarbon for the Period 1950–2010. *Radiocarbon*, **55**: 2059-2072.
- Inaba, M.; Sakamoto, A.; Murata, N. 2001. Functional Expression in *Escherichia coli* of Low-Affinity and High-Affinity Na<sup>+</sup>(Li<sup>+</sup>)/H<sup>+</sup> Antiporters of *Synechocystis*. *Journal of Bacteriology*, **183**: 1376-1384.
- Jiang, H.; Dong, H.; Yu, B.; Liu, X.; Li, Y.; Ji, S.; Zhang, C. L. 2007. Microbial response to salinity change in Lake Chaka, a hypersaline lake on Tibetan plateau. *Environmental Microbiology*, **9**: 2603-2621.
- Jiménez-Rueda, J. R.; Pessoti, J. E. S.; Mattos, J. T. d. 1998. Modelo para estudo da dinâmica evolutiva dos aspectos fisiográficos dos Pantanaís. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **33**: 1763-1773.
- Junk, W. J.; da Cunha, C. N.; Wantzen, K. M.; Petermann, P.; Strüßmann, C.; Marques, M. I.; Adis, J. 2006. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences*, **68**: 278-309.
- Jüttner, I.; Reichardt, E.; Cox, E. J. 2004. Taxonomy and ecology of some new *Gomphonema* species common in Himalayan streams. *Diatom Research*, **19**: 235-264.
- Kanner, L. C.; Burns, S. J.; Cheng, H.; Edwards, R. L.; Vuille, M. 2013. High-resolution variability of the South American summer monsoon over the last seven millennia: insights from a speleothem record from the central Peruvian Andes. *Quaternary Science Reviews*, **75**: 1-10.
- Karpel, R.; Olami, Y.; Taglicht, D.; Schuldiner, S.; Padan, E. 1988. Sequencing of the gene ant which affects the Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter activity in *Escherichia coli*. *J Biol Chem*, **263**: 10408-10414.
- Kelly, M.G.; Bennion, H.; Cox, E.J.; Goldsmith, B.; Jamieson, J.; Juggins, S.; Mann, D.G.; Telford, R.J. 2005. Common freshwater diatoms of Britain and Ireland: an interactive key. Environment Agency, Bristol. Disponível em: <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/taxon11.html>, acesso em 20 de Março de 2016

- Kidd, R. B.; Cita, M. B.; Ryan, W. B. F. 1978. Stratigraphy of Eastern Mediterranean Sapropel Sequences Recovered during DSDP Leg 42A and their paleoenvironmental significance. *U.S. Government Printing Office*, pp. 421-443.
- Klammer, G. 1982. Die Paläowüste des Pantanal von Mato Grosso und die pleistozäne Klimageschichte der brasilianischen Randtropen. *Zeitschrift für Geomorphologie*, **26**: 393-416.
- Knauth, L. P. 1998. Salinity history of the Earth's early ocean. *Nature*, **395**: 554-555.
- Krulwich, T. a.; Ito, M.; Guffanti, a. a. 2001. The Na(+)-dependence of alkaliphily in *Bacillus*. *Biochimica et biophysica acta*, **1505**: 158-168.
- Kubitza, F. 1999. *Qualidade da água na produção de peixes*. Jundiaí: CIP-USP Editora.
- Kuerten, S.; Parolin, M.; Assine, M. L.; McGlue, M. M. 2013. Sponge spicules indicate Holocene environmental changes on the Nabileque River floodplain, southern Pantanal, Brazil. *Journal of Paleolimnology*, **49**: 171-183.
- Lacerda Filho, J. V.; Correia De Brito, R. S.; Rodrigues Valente, C.; Cavalcante De Oliveira, C.; Silva, M. G.; Moreton, C. C.; Martins, E. G.; Lopes, R. C.; Muniz Lima, T.; Larizzatti, J. H.; Valente, C. R. 2006. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. CPRM/SICME,
- Latrubesse, E. M.; Stevaux, J. C.; Cremon, E. H.; May, J.-H.; Tatum, S. H.; Hurtado, M. A.; Bezada, M.; Argollo, J. B. 2012. Late Quaternary megafans, fans and fluvio-aeolian interactions in the Bolivian Chaco, Tropical South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **356-357**: 75-88.
- Machado, V. d. S. 2009. Enpogofauna do paleolago Cemitério, Catalão, GO.
- Machado, V. D. S.; Volkmer-Ribeiro, C.; Iannuzzi, R. 2012. Inventory of the Sponge Fauna of the cemiterio Paleolake, Catalao, Goias, Brazil. *An Acad Bras Cienc*, **84**: 17-34.
- Malone, C. F. S. 2010. Biodiversidade de algas e cianobactérias de duas lagoas salinas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. 144p.
- Malone, C. F. S.; Santos, K. R. D. S.; Neto, M. J.; Sakamoto, A. Y. 2007. Gêneros de Algas no Plâncton de Lagoas Salinas Situadas na Fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS. *Revista Brasileira de Biociências*, **5**: 588-590.
- Manconi, R. & Pronzato, R. 2002. Suborder Spongillina subord. nov.: Freshwater Sponges. *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*, 921-1021.
- Manconi, R. & Pronzato, R. 2007. Gemmules as a key structure for the adaptive radiation of freshwater sponges: a morpho-functional and biogeographical study. In: Custódio, M.R.; Lôbo-Hajdu, G.; Hajdu, E.; Muricy, M. (Eds Porifera Research: Biodiversity, Innovation, Sustainability. Rio de Janeiro, *Museu Nacional, Serie Livros* 28: 61-77.
- Mann, D. G. & Stickle, A. J. 1991. The genus *Craticula*. *Diatom Research*, **6**: 79-107.
- Mariot, M.; Dudal, Y.; Furian, S.; Sakamoto, A.; Vallès, V.; Fort, M.; Barbiéro, L. 2007. Dissolved organic matter fluorescence as a water-flow tracer in the tropical wetland of Pantanal of Nhecolândia, Brazil. *Science of The Total Environment*, **388**: 184-193.
- Martin, L.; Bertaux, J.; Corrège, T.; Ledru, M.-P.; Mourguiart, P.; Sifeddine, A.; Soubiès, F.; Wirrmann, D.; Suguio, K.; Turcq, B. 1997. Astronomical Forcing of Contrasting Rainfall Changes in Tropical South America between 12,400 and 8800 cal yr B.P. *Quaternary Research*, **47**: 117-122.

- Martin, L.; Flexor, J. M.; Suguio, K. 1995. Vibrotestemunhador leve: construção, utilização e potencialidades. *Revista do Instituto Geológico*, **16**: 1-30.
- Martins, E. R. C. 2012. Tipologia de lagoas salinas no Pantanal da Nhecolândia (MS). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 188 p.
- Maslin, M. A. & Burns, S. J. 2000. Reconstruction of the Amazon Basin effective moisture availability over the past 14,000 years. *Science (New York, N.Y.)*, **290**: 2285-2287.
- Mayle, F. E.; Burbridge, R.; Killeen, T. J. 2000. Millennial-scale dynamics of southern Amazonian rain forests. *Science*, **290**: 2291-2294.
- McGlue, M. M.; Silva, A.; Assine, M. L.; Stevaux, J. C.; Pupim, F. N. 2015. Paleolimnology in the Pantanal: using lake sediments to track quaternary environmental change in the world's largest tropical wetland. In: . In: Bergier, I & Assine, M. L. (Eds) *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*, pp. 51-81.
- McGlue, M. M.; Silva, A.; Corradini, F. A.; Zani, H.; Trees, M. A.; Ellis, G. S.; Parolin, M.; Swarzenski, P. W.; Cohen, A. S.; Assine, M. L. 2011. Limnogeology in Brazil's "forgotten wilderness": a synthesis from the large floodplain lakes of the Pantanal. *Journal of Paleolimnology*, **46**: 273-289.
- McGlue, M. M.; Silva, A.; Zani, H.; Corradini, F. A.; Parolin, M.; Abel, E. J.; Cohen, A. S.; Assine, M. L.; Ellis, G. S.; Trees, M. a.; Kuerten, S.; Gradella, F. D. S.; Rasbold, G. G. 2012. Lacustrine records of Holocene flood pulse dynamics in the Upper Paraguay River watershed (Pantanal wetlands, Brazil). *Quaternary Research*, **78**: 285-294.
- Mendes, D. 2014. Geocronologia de formas deposicionais e evolução da planície interleques do rio Negro, Quaternário da bacia do Pantanal. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 114 p.
- Metcalfe, S. E.; Whitney, B. S.; Fitzpatrick, K. A.; Mayle, F. E.; Loader, N. J.; Street-Perrott, F. A.; Mann, D. G. 2014. Hydrology and climatology at Laguna La Gaiba, lowland Bolivia: complex responses to climatic forcings over the last 25 000 years. *Journal of Quaternary Science*, **29**: 289-300.
- Meyers, P. A. & Ishiwatari, R. 1993. Lacustrine organic geochemistry—an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *Organic Geochemistry*, **20**: 867-900.
- Meyers, P. A. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry*, **27**: 213-250.
- Montoya, H. 2009. Algal and cyanobacterial saline biofilms of the Algal and cyanobacterial saline biofilms of the Grande Coastal Lagoon , Lima , Peru. *Natural Resources and Environmental Issues*, **15**: 127-134.
- Mourão, G. H.; Ishii, I. H.; Campos, Z. 1988. Alguns fatores limnológicos relacionados com a ictiofauna de baías e salinas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Limnol. Brasil*, **11**: 181-198.
- Novello, V.F., Vuille, M., Cruz, F.W., Stríkis, N.M., de Paula, M.S., Edwards, R.L., Cheng, H., Karmann, I., Jaqueto, P.F., Trindade, R.I.F., Hartmann, G.A., Moquet, J.S., 2016. Centennial-scale solar forcing of the South American Monsoon System recorded in stalagmites. *Scientific Reports*, **6**, 24762

- Ojha, L.; Wilhelm, M. B.; Murchie, S. L.; McEwen, A. S.; Wray, J. J.; Hanley, J.; Massé, M.; Chojnacki, M. 2015. Spectral evidence for hydrated salts in recurring slope lineae on Mars. *Nature Geoscience*, **8**: 829-832.
- Parolin, M. 2006. Paleoambientes e paleoclimas no final do Pleistoceno e no Holoceno no sul do estado do Mato Grosso do Sul. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá, 121 p.
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C.; Stevaux, J. C. 2007. Sponge spicules in peaty sediments as paleoenvironmental indicators of the Holocene in the Upper Paraná River, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **10**: 17-26.
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C.; Stevaux, J. C. 2008. Use of spongofacies as a proxy for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of central-western Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **11**: 187-198.
- Patrick, R. M. & Reimer, C. W. 1966. The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 13,
- Pedersen, T. F. & Calvert, S. E. 1990. Anoxia vs productivity; what controls the formation of organic-carbon-rich sediments and sedimentary rocks? *AAPG Bulletin*, **74**: 454-466.
- Penney, J. T. & Racek, A. A. 1968. Comprehensive revision of a worldwide collection of freshwater sponges (Porifera: Spongillidae). *U.S. National Museum Bulletin*, **272**: 1-184.
- Pereira, L. P. F. & Mercante, C. T. J. 2005. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. *Boletim do Instituto de Pesca*, **31**: 81-88.
- Pinheiro, U. D. S. 2007. Contribuições a Taxonomia e Biogeografia das Esponjas de Águas Continentais Brasileiras. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 220 p.
- Pla-Pueyo, S.; Gierlowski-Kordesch, E. H.; Viseras, C.; Soria, J. M. 2009. Major controls on sedimentation during the evolution of a continental basin: Pliocene–Pleistocene of the Guadix Basin (Betic Cordillera, southern Spain). *Sedimentary Geology*, **219**: 97-114.
- Poirrier, M. A. 1969. Louisiana freshwater sponges: Ecology, taxonomy, and distribution. 172p.
- Poirrier, M. A. 1974. Ecomorphic variation in gemmoscleres of *Ephydatia fluviatilis* Linnaeus (Porifera: Spongillidae) with comments upon its systematics and ecology. *Hydrobiologia*, **44**: 337-347.
- Por, F. D. 1995. *The Pantanal of Mato Grosso (Brazil): World's Largest Wetlands*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 122 p.
- Post, M. A. 1992. Na-H antiporter: mechanisms of Na<sup>+</sup> conduction. University of Michigan.
- Quénol, H.; Fort, M.; Barbiéro, L.; Sakamoto, A. Y. 2006. Microclimatologie d'une saline dans le Pantanal de la Nhecolândia. *Grafiéo*, **30**: 39-42.
- Racek, A. A. 1966. Spicular remains of freshwater sponges. *Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, **17**: 78-83.
- Racek, A. A. 1969. The freshwater sponges of Australia (Porifera : Spongillidae). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **20**: 267-310.
- Racek, A. A. 1974. The waters of Merom: A Study of Lake Huleh. IV Spicular remains of fresh-water sponges (Porifera). *Archiv für Hydrobiologie*, **74**: 137-158.

- Reimer, C. W. 1961. Some aspects of the diatom flora of Cabin Creek raised bog, Randolph Co., Indiana. *Proceeding of the Indiana Academy of Sciences*, **71**: 305-319.
- Ross, J. L. S. & Santos, L. M. 1982. Geomorfologia. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.21 Cuiabá, p. 193-256.
- Sakamoto, A. Y. 1997. Dinâmica hídrica em uma lagoa salina e seu entorno no Pantanal da Nhecolândia: contribuição ao estudo das relações entre o meio físico e a ocupação, Fazenda São Miguel do Firme, MS. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 183 p.
- Santos, K. R. D. S. & Sant'Anna, C. L. 2010. Cianobactérias de diferentes tipos de lagoas ("salina", "salitrada" e "baía") representativas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, **33**: 61-83.
- Santos, K. R. D. S. 2013. Estudos de desenvolvimento, moleculares e do potencial biotecnológico em cepas de cianobactérias provenientes de lagoas salinas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil: *Anabaenopsis elenkinii* (Nostocales) e *Arthrospira platensis* (Oscillatoriales). Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Tese de doutorado, 194 p.
- Santos, K. R. d. S.; Rocha, A. C. R. d.; Sant'Anna, C. L. 2012. Diatoms from shallow lakes in the Pantanal of Nhecolândia, Brazilian wetland. *Oecologia Australis*, **16**: 756-769.
- Sanz, M. E.; Alonso-Zarza, A. M.; Calvo, J. P. 1995. Carbonate pond deposits related to semi-arid alluvial systems: examples from the Tertiary Madrid Basin, Spain. *Sedimentology*, **42**: 437-452.
- Saros, J. E. & Fritz, S. C. 2002. Resource competition among saline-lake diatoms under varying N/P ratio, salinity and anion composition. *Freshwater Biology*, **47**: 87-95.
- Sawakuchi, A. O.; Kalchgruber, R.; Giannini, P. C. F.; Nascimento, D. R.; Guedes, C. C. F.; Umisedo, N. K. 2008. The development of blowouts and foredunes in the Ilha Comprida barrier (Southeastern Brazil): the influence of Late Holocene climate changes on coastal sedimentation. *Quaternary Science Reviews*, **27**: 2076-2090.
- Schnurrenberger, D.; Russell, J.; Kelts, K. 2003. Classification of lacustrine sediments based on sedimentary components. *Journal of Paleolimnology*, **29**: 141-154.
- Seidl, A. F. & Moraes, A. S. 2000. Global valuation of ecosystem services: application to the Pantanal da Nhecolândia, Brazil. *Ecological Economics*, **33**: 1-6.
- Soares, A. P.; Soares, P. C.; Assine, M. L. 2003. Areiais e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática? *Revista Brasileira de Geociências*, **33**: 211-224.
- Spaulding, S. 2013. Hantzschia. In Diatoms of the United States. Disponível em: <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/hantzschia>, acesso em 20 de Março de 2016
- Spaulding, S.; Edlund, M. 2008. Craticula. In Diatoms of the United States. Disponível em: <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Craticula>, acesso em 20 de Março de 2016
- Spaulding, S.; Edlund, M. 2008. Nitzschia. In Diatoms of the United States. Disponível em: <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Nitzschia>, acesso em 20 de Março de 2016

- Spaulding, S.; Edlund, M. 2008. Sellaphora. In Diatoms of the United States. Disponível em: <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Sellaphora>, acesso em 20 de Março de 2016
- Spaulding, S.; Edlund, M. 2009. Pinnularia. In Diatoms of the United States. Disponível em: <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Pinnularia>, acesso em 20 de Março de 2016
- Spaulding, S., Edlund, M.; Metzeltin, D. 2009. Anomoeoneis. In Diatoms of the United States. Disponível em: <http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/Anomoeoneis>, acesso em 20 de Março de 2016
- Spaulding, S.A., Lubinski, D.J.; Potapova, M. 2010. Diatoms of the United States. Disponível em: <http://westerndiatoms.colorado.edu>, acesso em 20 de Março de 2016
- Stone, J. R.; Westover, K. S.; Cohen, A. S. 2011. Late Pleistocene paleohydrography and diatom paleoecology of the central basin of Lake Malawi, Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **303**: 51-70.
- Summerfield, T. C. & Sherman, L. a. 2008. Global Transcriptional Response of the Alkali-Tolerant Cyanobacterium *Synechocystis* sp. Strain PCC 6803 to a pH 10 Environment. *Applied and Environmental Microbiology*, **74**: 5276-5284.
- Talbot, M. R. & Kelts, K. 1990. Paleolimnological signatures from carbon and oxygen isotopic ratios in carbonates from organic-rich lacustrine sediments. American Association for Petroleum Geology, 99-112p.
- Tapia, P. M.; Fritz, S. C.; Baker, P. A.; Seltzer, G. O.; Dunbar, R. B. 2003. A Late Quaternary diatom record of tropical climatic history from Lake Titicaca (Peru and Bolivia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **194**: 139-164.
- Tavares, M. D. C. M.; Volkmer-Ribeiro, C.; De Rosa-Barbosa, R. 2003. Primeiro registro de *Corvoheteromeyenya australis* (Bonetto & Ezcurra de Drago) para o Brasil com chave taxonômica para os poríferos do Parque Estadual Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **20**: 169-182.
- Thompson, L. G. 1998. A 25,000-Year Tropical Climate History from Bolivian Ice Cores. *Science*, **282**: 1858-1864.
- Thunell, R. C.; Williams, D. F.; Belyea, P. R. 1984. Anoxic events in the Mediterranean Sea in relation to the evolution of late Neogene climates. *Marine Geology*, **59**: 105-134.
- Trauth, M. H.; Alonso, R. A.; Haselton, K. R.; Hermanns, R. L.; Strecker, M. R. 2000. Climate change and mass movements in the NW Argentine Andes. *Earth and Planetary Science Letters*, **179**: 243-256.
- Tricart, J. 1982. El pantanal: un ejemplo del impacto geomorfológico sobre el ambiente. *Informativo Geografico Chile*, **29**: 81-97.
- Ussami, N.; Shiraiwa, S.; Dominguez, J. M. L. 1999. Basement reactivation in a sub-Andean foreland flexural bulge: The Pantanal wetland, SW Brazil. *Tectonics*, **18**: 25-39.
- Valverde, O. 1972. Fundamentos geográficos do planejamento do Município de Corumbá. *Revista Brasileira de Geografia*, **34**: 49-144.
- Victoria, R. L.; Fernandes, F.; Martinelli, L. A.; Piccolo, M. D. C.; Decamargo, P. B.; Trumbore, S. 1995. Past Vegetation Changes in the Brazilian Pantanal Arboreal Grassy Savanna Ecotone by Using Carbon Isotopes in the Soil Organic-Matter. *Global Change Biology*, **1**: 165-171.

- Volkmer-Ribeiro, C. & Machado, V. D. S. 2007. Freshwater sponges (Porifera, Demospongiae) indicators of some coastal habitats in South America: redescrptions and key to identification. *Iheringia. Série Zoologia*, **97**: 157-167.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Motta, J. F. M. 1995. Esponjas formadas de espongilites em lagoas do Triangulo Mineiro e adjascências, com indicação da preservação de habitat. *Biociências*, **3**: 145-168.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Parolin, M. 2010. As esponjas. In: Parolin, M; Volkmer-Ribeiro, C.; Leandrini, J.A. (Org.). *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Campo. Mourão: Ed. Fecilcam, p.105-130.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Pauls, S. M. 2000. Esponjas de Agua Dulce (Porifera, Demospongiae) de Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*, **20**: 1-28.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Tavares, M. D. C. M. 1990. Esponjas de água doce do complexo lagunar Mundaú-Manguaba e dos seus rios formadores, Alagoa, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, **70**: 171-172.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Turcq, B. 1996. SEM Analysis of Silicious Spicules of a Freshwater Sponge Indicate Paleoenviromental Changes. *Acta Microscópica*, **5**: 186-187.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1992. The freshwater sponges in some peat-bog ponds in Brazil. *Amazoniana*, **12**: 317-335.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Correia, M. M. F.; Brenha, S. L. A.; Mendonça, M. A. 1999. Freshwater sponges from a neotropical sand dune area. *Memoirs of the Queensland Museum*, **44**: 643-649.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Mansur, M. C. D.; Mera, P. A. S.; Ros, S. M. 1998a. Biological indicators in the Aquatic habitats of the Ilha de Maracá. 403-414p.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Motta, J. F. M.; Callegaro, V. L. M. 1998b. Taxonomy and distribution of Brazilian spongillites. In: Wanabe, Y.; Fusetani, N. (Eds), *Sponge Sciences*, Springer-Verlag, Tokyo, Japan, p. 271-278.
- Whitney, B. S.; Mayle, F. E.; Punyasena, S. W.; Fitzpatrick, K. A.; Burn, M. J.; Guillen, R.; Chavez, E.; Mann, D.; Pennington, R. T.; Metcalfe, S. E. 2011. A 45 kyr palaeoclimate record from the lowland interior of tropical South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **307**: 177-192.
- Wilhelmy, H. 1958. Umlaufseen and dammuferseen tropischer tiefland flüsse. *Zeitschrift für Geomorphologie NF*, **2**: 27-54.
- Zani, H.; Assine, M. L.; McGlue, M. M. 2012. Remote sensing analysis of depositional landforms in alluvial settings: Method development and application to the Taquari megafan, Pantanal (Brazil). *Geomorphology*, **161-162**: 82-92.
- Zhou, J. & Lau, K.-M. 1998. Does a Monsoon Climate Exist over South America? *Journal of Climate*, **11**: 1020-1040.
- Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, **6**: 66-71.