



Diogo de Araújo Borges

**ANÁLISE BATIMÉTRICA E GEOMORFOLÓGICA INTEGRADA DE UM
CONJUNTO DE LAGOS BARRADOS NA REGIÃO DE LINHARES (ES)**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário para obtenção do grau em Geologia.

Orientador:
Claudio Limeira Mello

**Rio de Janeiro
Março de 2009**

**ANÁLISE BATIMÉTRICA E GEOMORFOLÓGICA INTEGRADA DE UM
CONJUNTO DE LAGOS BARRADOS NA REGIÃO DE LINHARES (ES)**

Diogo de Araújo Borges

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário para obtenção do grau em Geologia.

Orientador:
Claudio Limeira Mello

Aprovada em: 16/03/2009

Por:

Orientador: Claudio Limeira Mello (Depto. Geologia, IGEO/UFRJ)

José Carlos Sícoli Seoane (Depto. Geologia, IGEO/UFRJ)

Raphael Siston Hatushika (PETROBRAS)

Dedico esse trabalho aos meus pais, Guilherme e Nelia, e minha irmã Lívia, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e contribuindo na minha formação, sendo acadêmica ou como pessoa.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Orientador Dr. Cláudio Limeira Mello, pela paciência, dedicação, disciplina e pela oportunidade de participação em seu grupo de pesquisa.

Ao Professor Cleverson Guizan Silva (IGEO/ UFF), por permitir o uso de equipamentos cedidos pela LAGEMAR e por dividir a sua experiência e conhecimento.

Aos motoristas do Instituto de Geociências, Sidney Belarmino, Carlos Alberto, Paulo Burity e Pedro, grandes companhias em viagens de campo.

Aos companheiros do grupo de pesquisa CLM, Lucas Costa, Karina Lobato, Renato Ramos, Diogo Miranda, Fernanda Ventura, entre outros, que sempre me auxiliaram nos projetos e principalmente nas horas de correria pouco antes das jornadas.

Aos grandes amigos Rodrigo Vinagre, Vitor Fraga, Filipe “Macaé” Fratte, Rennan “Little val” Santos, Carolina Ribeiro, Edson Araújo, Gustavo Pereira, Alexandre “Aixandi” Dias, Daniel Bruno, Enrico Zipoli e Victor Valverde pelo companheirismo em todas as horas e por proporcionar momentos engraçados por todos esses anos de faculdade e a certeza de que ganhei amigos para vida toda.

Para meus amigos de infância Leandro, Xande, OP, Ramon, Bruno, Juliano, Eduardo, Alex, Felipe, Mauricio, Guinho, Abraão pelo apoio e ajuda em todas as horas.

Para meus amigos da época de colégio Álvaro, Daniel Borges, Luis “Slot”, Pedro Paulo pela compreensão por não aparecer tanto para jogar o “futeba” de sempre e nem para sinuquinha.

Um agradecimento especial a minha amada companheira Roberta Morena, por esta sempre do meu lado em todas as horas, boas ou ruins, me ajudando, me apoiando e compreendendo, sendo na faculdade ou não.

“No começo, muitos de nossos sonhos parecem impossíveis, para logo parecerem apenas improváveis e, no final quando usamos plenamente nossa vontade os tornamos inevitáveis”.

Christopher Reeve

Resumo

BORGES, Diogo de Araujo. *Análise integrada da batimetria de um conjunto de lagos barrados e suas relações areais com as respectivas bacias de drenagem na região de Linhares (ES)* 2009. 39p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009

Na região da planície costeira do rio Doce, próximo à cidade de Linhares (ES), ocorre um sistema de lagos barrados, que se podem ser dividido em dois subconjuntos principais: os lagos externos, que se desenvolveram no limite da planície costeira quaternária com os tabuleiros da Formação Barreiras; e os lagos internos, que estão associados à barragem de tributários do rio Doce, e estão situados em vales encaixados nos tabuleiros da Formação Barreiras, próximos ao contato com o embasamento cristalino pré-cambriano. Os lagos internos são os maiores lagos do sistema, com destaque para o lago Juparanã, que é o maior lago da região. Os modelos evolutivos discutidos na literatura consideram as variações quaternárias do nível do mar e/ou mecanismos neotectônicos como responsáveis pela origem dos lagos. O trabalho aqui apresentado tem como objetivo caracterizar e comparar aspectos como morfologia de fundo, forma e tamanho dos lagos Juparanã, Nova, Palminhas e Palmas, que são os maiores corpos lacustres do sistema de lagos em questão, buscando contribuir para as discussões sobre o controle neotectônico na origem e evolução do sistema de lagos do baixo vale do rio Doce. A metodologia aplicada neste estudo envolveu: i) a análise de cartas topográficas na escala de 1:100.000 (IBGE), que possibilitou o estudo de aspectos como áreas do lagos e suas bacias de drenagens; e ii) a interpretação de levantamentos geofísicos, através dos quais foram confeccionados mapas batimétricos, permitindo a análise da morfologia de fundo dos lagos e do preenchimento sedimentar destes. Com isso, foram relacionados valores de áreas dos lagos com suas respectivas bacias de drenagens, e de ambas com valores de profundidade e espessura de sedimentos lacustres. Os mapas batimétricos foram integrados com um mapa de lineamentos estruturais e dados de estruturas neotectônicas, de modo a relacionar os aspectos morfológicos descritos a possíveis controles neotectônicos. Os lineamentos estão associados a estrangulamentos identificados nos lagos estudados e também, possivelmente, à orientação e barragem de tais lagos, como já foi descrito em trabalhos anteriores na região.

Palavras chaves: Quaternário; Sistema de Lagos do Rio Doce (ES); Neotectônica

Abstract

BORGES, Diogo de Araujo. *Integrated analysis of bathymetry of barrier lakes and their relations with respective drainage basins areas in the region of Linhares*. 2009. 54p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

In the region of the coastal plain of the Doce river, near the city of Linhares (ES), there is a system of barred lakes, which can be divided into two main subsets: the external lakes, that was developed in the limit of the coastal quaternary plain with tablelands of Barreiras Formation; and internal lakes, that are associated with the barrier of tributaries of the Rio Doce, and are located in grooved valleys on the tablelands of Barreiras Formation, near the contact with the pre-Cambrian crystalline basement. The internal lakes are the largest lakes in the system, with emphasis on the lake Juparanã, which is the largest lake in the region. The models of evolution discussed in literature consider changes quaternary sea level and / or neotectonic mechanisms as responsible for the origin of the lakes. The work presented here aims to characterize and compare aspects such as morphology of the bottom, form and size of lakes Juparanã, Nova, Palminhas, Palmas, which are the largest lakes in the system in question, contributing for discussions about neotectonic control in the origin and evolution of the system of lakes the lower valley of the Doce river. The methodology applied in this study involved: i) the analysis of topographic charts on the scale of 1:100000 (IBGE), which enabled the study of aspects such as areas of lakes and their drainage basins; and ii) the interpretation of geophysical surveys, which allowed the preparation of bathymetric maps, permitting the analysis of the morphology of the bottom of the lakes and the sedimentary filling in of lakes. With that, areas of lakes values were related with their respective drainage basins, and both with values of depth and thickness of lake sediments. The bathymetric maps were integrated with a map of structural lineaments and neotectonics structures data, relating the morphological aspects described to possible neotectonics controls. The lineaments are associated with narrow identified in the lakes studied, and also, possibly, the orientation and barrier lakes as has been described in previous work in the region.

Keywords: Quaternary; system of lakes of the Doce river (ES); Neotectonics

Lista de Figura

Figura 1 - Mapa de localização do sistema de lagos do baixo rio Doce, na região de Linhares, centro-leste do Espírito Santo. (Fonte dos dados: IBGE)	3
Figura 2: Mapa geológico da área de estudo, (CPRM 2003)	5
Figura 3: Coluna estratigráfica da bacia do Espírito Santo, (Vieira et al, 1994)	7
Figura 4: Mapa hipsométrico da área de estudo, construído sobre modelo digital de elevação disponível em http://seamless.usgs.gov	10
Figura 5: Conjuntos de lagos que compõem o sistema lacustre do baixo curso do rio Doce. Base: mapa hipsométrico da área de estudo, construído sobre modelo digital de elevação disponível em http://seamless.usgs.gov	12
Figura 6: Furo de sondagem PRD-20 (modificado de Suguio & Kohler, 1992 apud Hatushika, 2005), localizado na desembocadura da lagoa Juparanã. No testemunho descrito, foram reconhecidos de 10 a 15 metros de depósitos fluviais indiferenciados sobrepostos a 45 a 50 metros de lamas estuarinas ricas em organismos marinhos.	14
Figura 7: Mapa de lineamento com destaque para lineamentos que controlam a orientação dos lagos e o alinhamento das barragens, segundo Hatushika et al, 2005. Lineamentos cedidos gentilmente por Diogo Justa Miranda sobreposto ao modelo digital de elevação, SRTM disponível http://seamless.usgs.gov	15
Figura 8: Mapa de localização de perfis sísmicos levantados no lago Juparanã (modificado de Hatushika 2005)	17
Figura 9: Mapa de localização de perfis sísmicos levantados no lago Nova (modificado de Ferreira 2008)	18
Figura 10: Mapa de localização de perfis sísmicos levantados no lago Palminhas	19
Figura 11: Mapa de localização de perfis sísmicos levantados no lago Palmas	20
Figura 12: Linha sísmica exemplificando como os dados de profundidade e de espessura de sedimentos lacustres foram extraídos (Modificado Hatushikal, 2005)	21
Figura 13: Mapa batimétrico do lago Juparanã	22
Figura 14: Mapa da bacia hidrográfica do lago Juparanã	23
Figura 15: Mapa batimétrico da lagoa Nova	24
Figura 16: Mapa da bacia hidrográfica da lagoa Nova.	25
Figura 17: Mapa batimétrico do lago Palminhas.	26
Figura 18: Mapa da bacia hidrográfica do lago Palminhas	27
Figura 19: Mapa batimétrico do lago Palmas.	28
Figura 20: Mapa da bacia hidrográfica do lago Palmas.	29

Figura 21: Mapas batimétricos dos lagos estudados e lineamentos interpretados com exemplo de dados estruturais elaborados por Hatushika et al,2005_____	30
Figura 22: Gráfico associando área dos lagos e área das respectivas bacias de drenagem_____	31
Figura 23: Gráfico associando profundidade e área dos lagos._____	32
Figura 24: Gráfico associando profundidade e área das bacias de drenagem._____	32
Figura 25: Gráfico associando espessura máxima de sedimentos lacustres e área dos lagos._____	33
Figura 26: Gráfico associando espessura máxima de sedimentos lacustres e área das bacias de drenagem._____	33
Figura 27: Mapas das bacias hidrográficas evidenciando capturas fluviais_____	34

Sumário

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	2
3 – ÁREA DE ESTUDO	3
3.1– GEOLOGIA REGIONAL	4
3.2 – GEOMORFOLOGIA	9
4 – FISIOGRAFIA E MODELOS DE EVOLUÇÃO DOS LAGOS DO BAIXO VALE DO RIO DOCE	12
5 – METODOLOGIA	16
6 – RESULTADOS	22
7 – CONCLUSÕES	35
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

O rio Doce possui 853 km de extensão. Tem sua nascente localizada na Serra da Mantiqueira, no estado de Minas Gerais, e sua desembocadura está localizada na porção centro-leste do estado do Espírito Santo, onde foi desenvolvida uma planície costeira que tem uma superfície de aproximadamente 2.500 km². (Martin *et al.*,1993).

Esta planície costeira apresenta diversos corpos lacustres, que estão dispostos nos tabuleiros da Formação Barreiras e na planície quaternária, compondo o sistema de lagos do baixo vale do rio Doce.

Inserido neste contexto estão os lagos Juparanã, Nova, Palminhas e Palmas, que são os maiores corpos lacustres da região e estão localizados próximo à cidades de Linhares. Tais lagos foram escolhidos para o presente estudo devido a suas dimensões, disposição e forma.

Sugiuo & Kohler (1992), utilizando dados de sondagem obtidos por Bandeira Jr. *et al.* (1975), atribuíram a formação do sistema de lagos do baixo vale do rio Doce a variações do nível do mar quaternárias.

Hatshika *et al.* (2005), analisando levantamentos sísmicos realizados no lago Juparanã, anomalias na rede de drenagem, alinhamentos do relevo e a morfologia de alguns lagos, atribuíram a formação e fisiografia dos lagos barrados internos do baixo vale do rio Doce a mecanismos neotectônicos. Estes autores compararam seus resultados com os estudos realizados por Mello (1997) em um sistema de lagos do médio vale do rio Doce (MG), onde foram documentadas falhas NE-SW afetando depósitos sedimentares datados de 9.000 anos AP, responsáveis pela barragem das desembocaduras dos antigos vales fluviais e, com isso, resultando na formação dos lagos da região.

Na região sudeste do Brasil, vários trabalhos indicam falhas contemporâneas e posteriores à sedimentação terciária e quaternária, interferindo diretamente na formação e

morfologia da região (Riccomini, 1989; Hasui, 1990; Saadi, 1991; Salvador & Riccomini, 1995; Mello, 1997; Gontijo, 1999). Tais trabalhos indicam que a ação tectônica foi fundamental na evolução geológica-geomorfológica da região.

2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo principal caracterizar e comparar aspectos como morfologia de fundo, forma e tamanho dos lagos Juparanã, Nova, Palminhas e Palmas, com o intuito de contribuir para as discussões sobre o controle neotectônico na origem e evolução do sistema de lagos do baixo vale do rio Doce.

3. ÁREA DE ESTUDO

Os lagos Juparanã, Nova, Palminhas e Palmas estão localizados no centro-leste do estado do Espírito Santo, a noroeste de cidade de Linhares (Figura 1). Os principais acessos para tais lagos são estradas secundárias que partem da BR-101, entre elas: a ES-245, que liga as cidades de Linhares e Rio Bananal; a ES-248, que liga Linhares a Colatina; e a ES-358, que é uma via para o lago Juparanã a partir da BR-101.

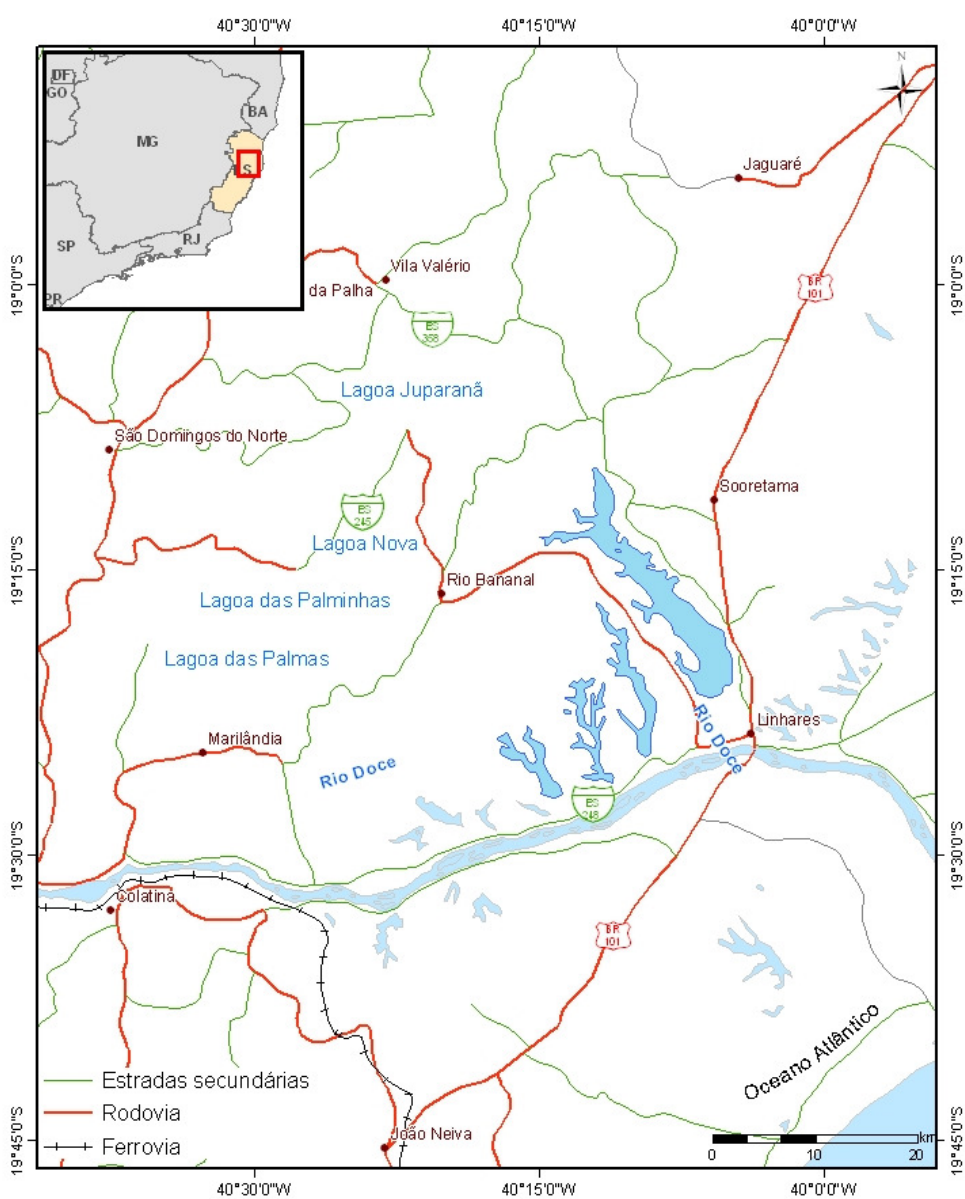


Figura 1: Mapa de localização do sistema de lagos do baixo rio Doce, próximo à região de Linhares, centro-leste do Espírito Santo. (Fonte dos dados: IBGE)

O clima da região de Linhares é tropical quente úmido, com chuvas no verão e inverno seco. A temperatura média da região é de 23,4°C (segundo Peixoto & Gentry, 1990 *apud* Fontes, 1999). Pode ser caracterizado como tipo Am, com base na classificação de Köppen, devido suas características como temperatura média do mês mais frio do ano maior que 18°C e precipitação total anual média maior de 1500mm (www.ceunes.ufes.br).

A vegetação da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual de terras baixas (IBGE, 1992). Antigamente, a região de Linhares era completamente coberta por Mata Atlântica. Hoje, devido à devastação, restaram apenas 8% da vegetação nativa em todo o Espírito Santo, destacando-se, nas áreas de devastação, o reflorestamento com eucalipto (www.ceunes.ufes.br).

3.1. Geologia regional

A região do baixo vale do rio Doce fica localizada no limite entre as províncias Mantiqueira e Costeira (Almeida *et al.*, 1977).

Segundo Silva *et al.* (1987), a geologia da região do baixo vale do rio Doce é composta por rochas do embasamento pré-cambriano, caracterizado principalmente pelos complexos Paraíba do Sul e Medina, recobertas pelos depósitos da Formação Barreiras e depósitos quaternários (Figura 2).

A região apresenta um padrão estrutural bastante complexo, com feições de lineamentos de diversas direções, estruturas dobradas e presenças de massas ígneas e intensa tectônica rúptil, registrada em sistemas de falhas e alinhamentos regionais (RADAMBRASIL, 1987). Um desses alinhamentos estruturais corresponde à faixa de lineamentos Colatina, com uma direção NNW, que pode estar associada tanto à xistosidade do embasamento quanto a reativações tectônicas mesozóicas-cenozóicas.

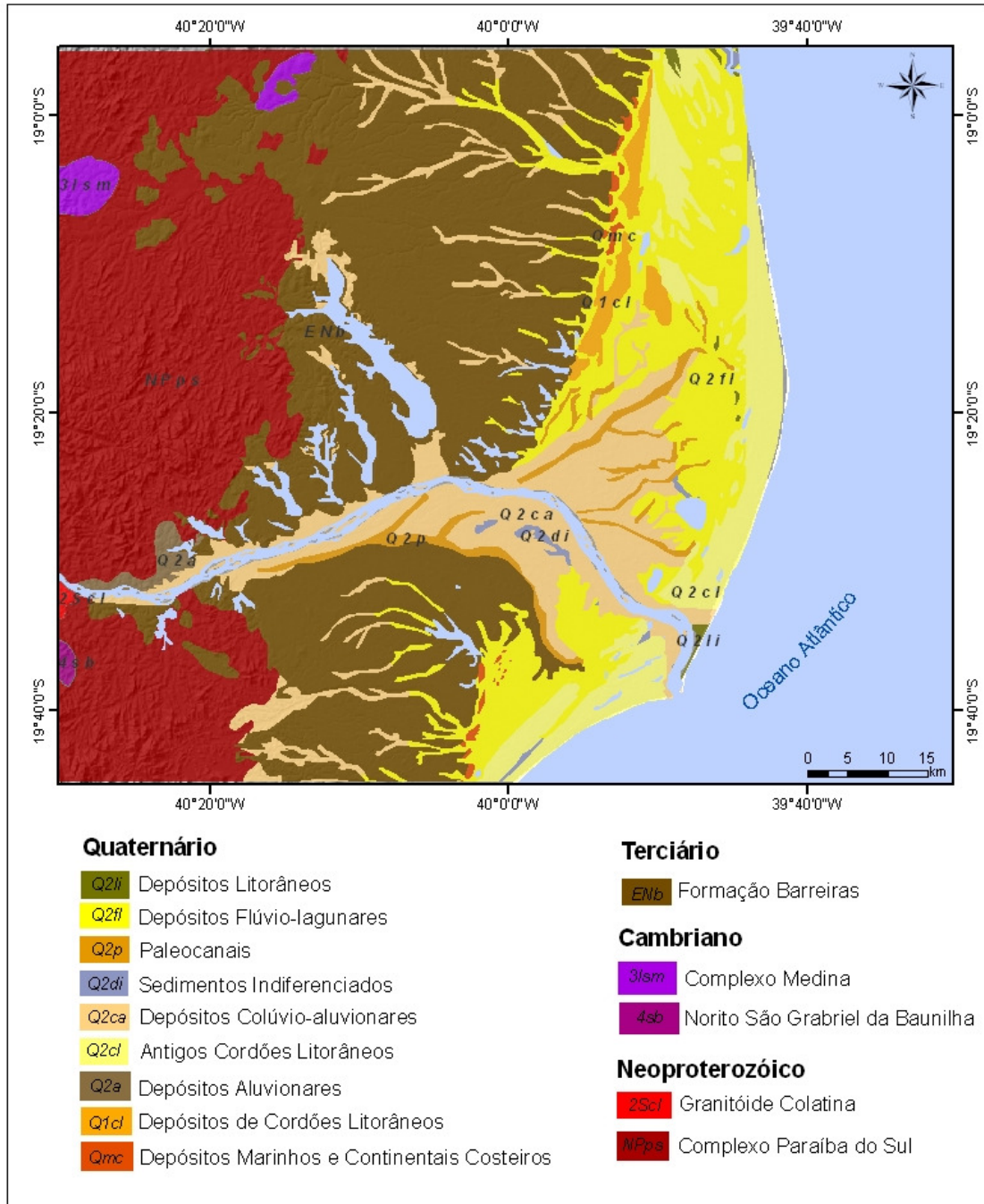


Figura 2: Mapa geológico da área de estudo (CPRM, 2003)

O Complexo Paraíba do Sul é formado por metapelitos aluminosos, representados por metatexitos de composição kinzigítica, e lentes calcossilicatadas. Atribui-se para tal complexo uma idade relacionada ao ciclo Transamazônico, tendo sido retrabalhado intensamente no ciclo Brasileiro (Silva *et al.*, 1987).

O Complexo Medina está associado a atividades ígneas e ocorre freqüentemente sob forma de batólitos de composição granítica a granodiorítica, provavelmente ligada à fusão total de litotipos do Complexo Paraíba do Sul. Essas atividades ígneas têm caráter sin a tarditectônico (Silva *et al.*, 1987).

O Granitóide Colatina corresponde a ortognaisses de composição tonalítica (Tuller, 1993), ocorrendo freqüentemente xenólitos de paragnaisses. Os contatos entre os ortognaisses e os paragnaisses são difusos, devido a anatexia local.

Os depósitos da Formação Barreiras constituem o registro sedimentar final da bacia do Espírito Santo (Silva *et al.*, 1997) - Figura 3. A origem e a evolução tectono-sedimentar desta bacia têm uma história muito semelhante às demais bacias da margem leste brasileira, intimamente ligada à separação do supercontinente Gondwana, no Neocomiano (Viera *et al.*, 1994). Esta história pode ser dividida em três seqüências deposicionais, associada as suas fases tectônicas: uma continental, associada à fase *Rift*; uma transicional; e uma fase de margem passiva.

A Formação Barreiras consiste em arenitos grossos a conglomeráticos, com uma matriz caulínica, e argilitos levemente arenosos, de cor esbranquiçada a avermelhada. (Ferrari *et al.* 1981). A sedimentação da Formação Barreiras provavelmente ocorreu durante o Plioceno, em um período de clima semi-árido, com isso teriam se formados faixas de leques aluviais nos sopés das encostas constituídas pelas rochas do embasamento. Segundo Morais (2007), o registro sedimentar da Formação Barreiras está relacionado a paleoambientes de canais fluviais entrelaçados.

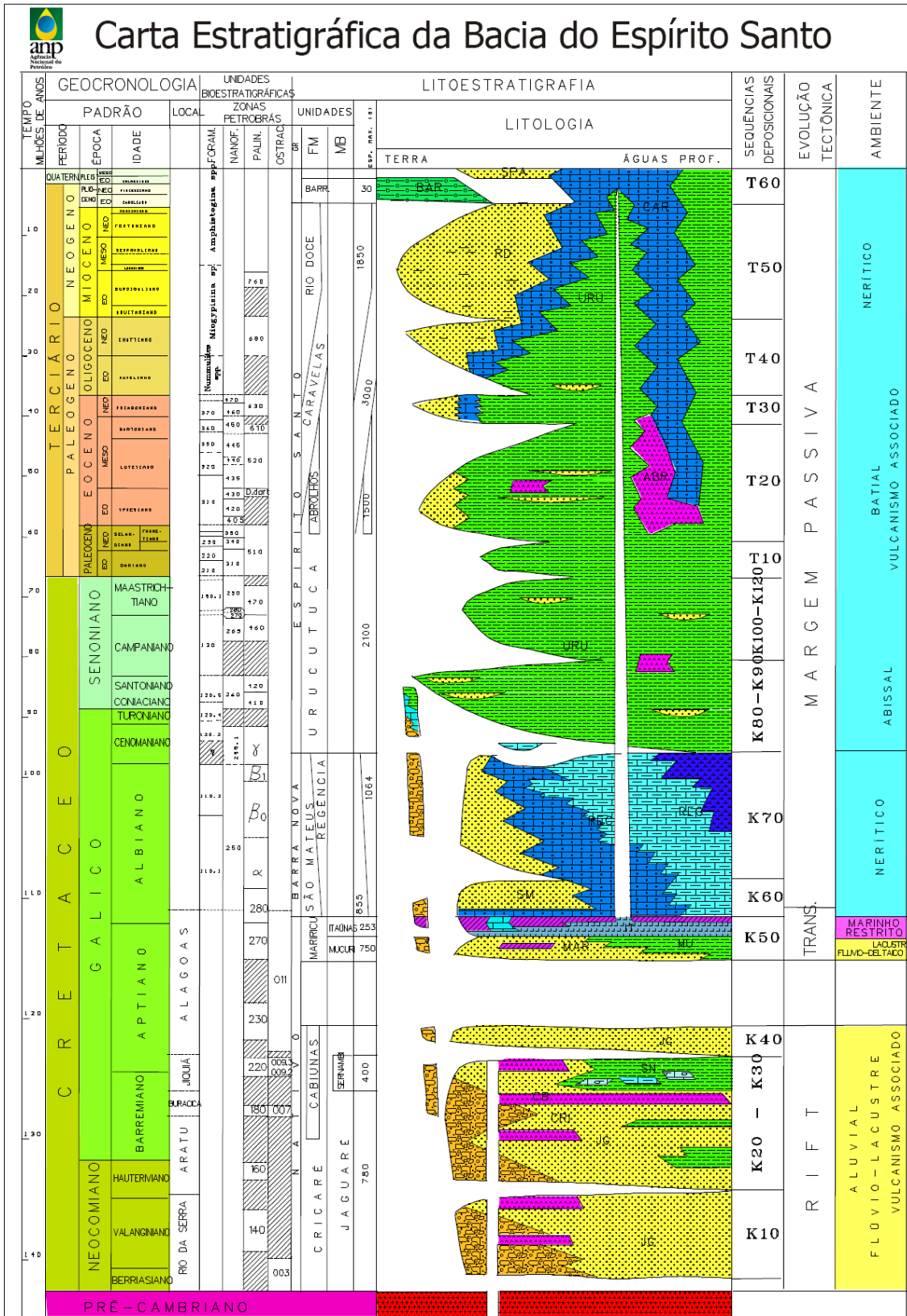


Figura 3: Coluna estratigráfica da bacia do Espírito Santo (Vieira et al., 1994).

Os depósitos quaternários são constituídos por sedimentos marinhos e continentais, que estão localizados ao longo da planície costeira do rio Doce e em vales dos seus tributários (Figura 2). Martin *et al.* (1993; 1997) indicaram que os depósitos quaternários compõem: terraços arenosos marinhos, pleistocênicos e holocênicos; depósitos lagunares; depósitos fluviais; e depósitos de manguezais.

Ao longo da planície costeira do rio Doce, pode-se distinguir duas gerações de depósitos arenosos marinhos, localizados adjacentes aos tabuleiros costeiros ou próximos à linha de costa atual.(Martin *et al.*,1993; 1997). Os terraços pleistocênicos correspondem aos depósitos internos e se caracterizam pela cor branca, acastanhada ou preta. As cores escuras são atribuídas à presença de matéria orgânica. Nas porções mais internas das planícies costeiras a altitude desses terraços chega a 8-9m, diminuindo rumo ao oceano, normalmente até 5-6m. A passagem para os terraços holocênicos é marcada por falésia de poucos metros. Esses terraços mais antigos são datados de 123.000 anos A.P, referente à penúltima transgressão. Os terraços holocênicos correspondem aos depósitos externos, compostos por areias mais claras, de baixa coesão e com a presença de conchas, raramente impregnada por matéria orgânica. Apresentam alinhamentos nítidos, e os mais externos formam uma faixa praticamente contínua na margem oceânica (Martin *et al.*,1993; 1997).

Grande parte da planície costeira situada entre os terraços pleistocênicos e os terraços holocênicos é ocupada por depósitos lagunares.Tais depósitos são compostos por materiais areno-argilosos, com presença de matéria orgânica e conchas de moluscos (Martin *et al.*,1993; 1997). A primeira fase lagunar ocorreu anteriormente há 5100 anos AP, quando o nível do mar estava 4 a 5m acima do atual. A fase lagunar mais recente está relacionada ao nível mais alto do que o atual entre 3600 e 3000 AP. Essa fase é reconhecida por evidências de invasão lagunar encontradas na porção externa da primeira geração de cristais praias (Martin *et al.*,1993; 1997).

Os depósitos fluviais estão localizados nas margens do atual curso do rio Doce, sendo caracterizados por sedimentos argilo-arenosos e arenosos, representados na planície costeira por paleocanais.

Sondagens mostram que, abaixo dos sedimentos fluviais, ocorrem sedimentos argilosos contendo conchas de moluscos, certamente correlacionáveis aos depósitos lagunares acima descritos (Bandeira Jr. *et al.* 1975).

Os depósitos de manguezais só aparecem na parte norte da planície costeira do baixo vale do rio Doce (Martin *et al.*, 1993; 1997).

3.2. Geomorfologia

Segundo Martin *et al.* (1997), o relevo da região pode ser dividido em três principais províncias geomorfológicas: a região serrana, os tabuleiros terciários e a planície quaternária. O modelo hipsométrico apresentado na Figura 4 permite visualizar claramente estes três domínios geomorfológicos principais.

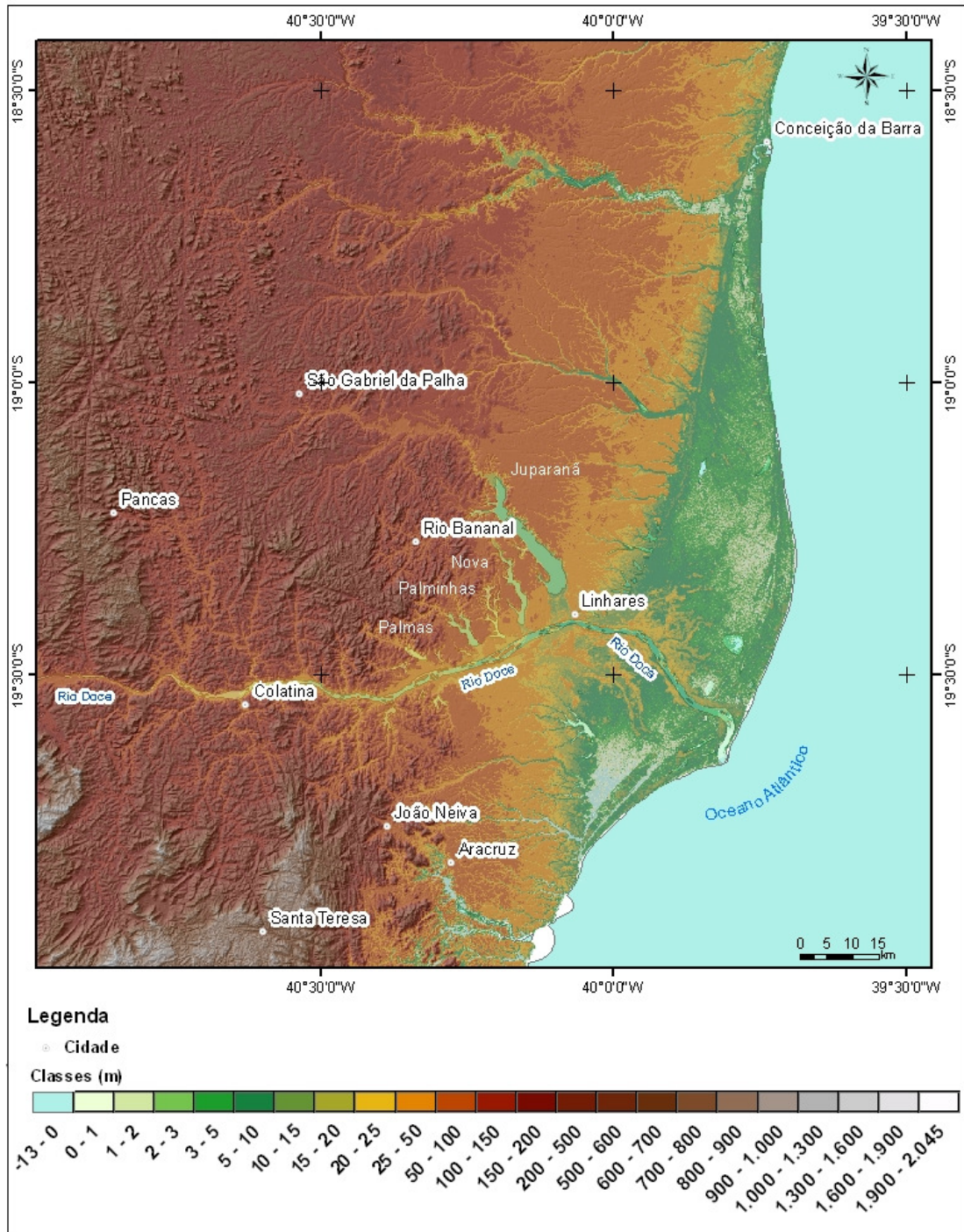


Figura 4: Mapa hipsométrico da área de estudo, construído sobre modelo digital de elevação disponível em <http://seamless.usgs.gov>

A região serrana é formada por terrenos apresentando cotas acima de 200m, sobre rochas do embasamento cristalino pré-cambriano. São as áreas mais elevadas da região, localizadas a oeste dos lagos barrados. Os rios formam vales com perfis encaixados com forma de V, compondo uma rede de drenagem dendrítica (Martin *et al.*, 1997). As áreas mais

escarpadas estão localizadas próximas às cidades de Pancas e Santa Teresa (Martin *et al.*, 1997). Nestas áreas ficam evidentes grandes anomalias altimétricas, porém ocorrem anomalias menores isoladas, que são evidenciadas por picos escarpados que se destacam nas áreas de colinas mais baixas (Martin *et al.*, 1997). São observados alinhamentos com direções NNW, referentes à Faixa de Lineamentos Colatina, que podem ser relacionados a deformações pré-cambriana, mesozóica e cenozóica (Martin *et al.*, 1997).

Áreas de colinas mais baixas estão inseridas nos vales dos principais tributários do rio Doce e São Mateus, próximo ao limite NW dos lagos barrados. Tal limite pode estar associado a um controle tectônico (Martin *et al.*, 1997).

Os tabuleiros terciários estão localizados a leste das colinas mais baixas da região serrana, esculpidos sobre os sedimentos da Formação Barreiras, a cotas predominantemente entre 10 e 100m. Compõe uma superfície plana e suavemente inclinada para o mar, ocorrendo, nas áreas costeiras, uma extensa linha de falésias (Martin *et al.* 1993; 1997).

A planície quaternária é uma área topograficamente baixa, que apresenta uma variação altimétrica que vai do nível do mar até cerca de 10m. Essa área tem uma forma de crescente assimétrico, convexo para o oceano, com largura máxima de 35 km, entre Barra do Riacho e Conceição da Barra (Martin *et al.*, 1997).

4. FIOGRAFIA E MODELOS DE EVOLUÇÃO DOS LAGOS DO BAIXO VALE DO RIO DOCE

O sistema lacustre da região do baixo vale do rio Doce envolve mais de 60 lagos, que podem ser separados em dois grupos distintos (Figura 5): os litorâneos e os barrados.

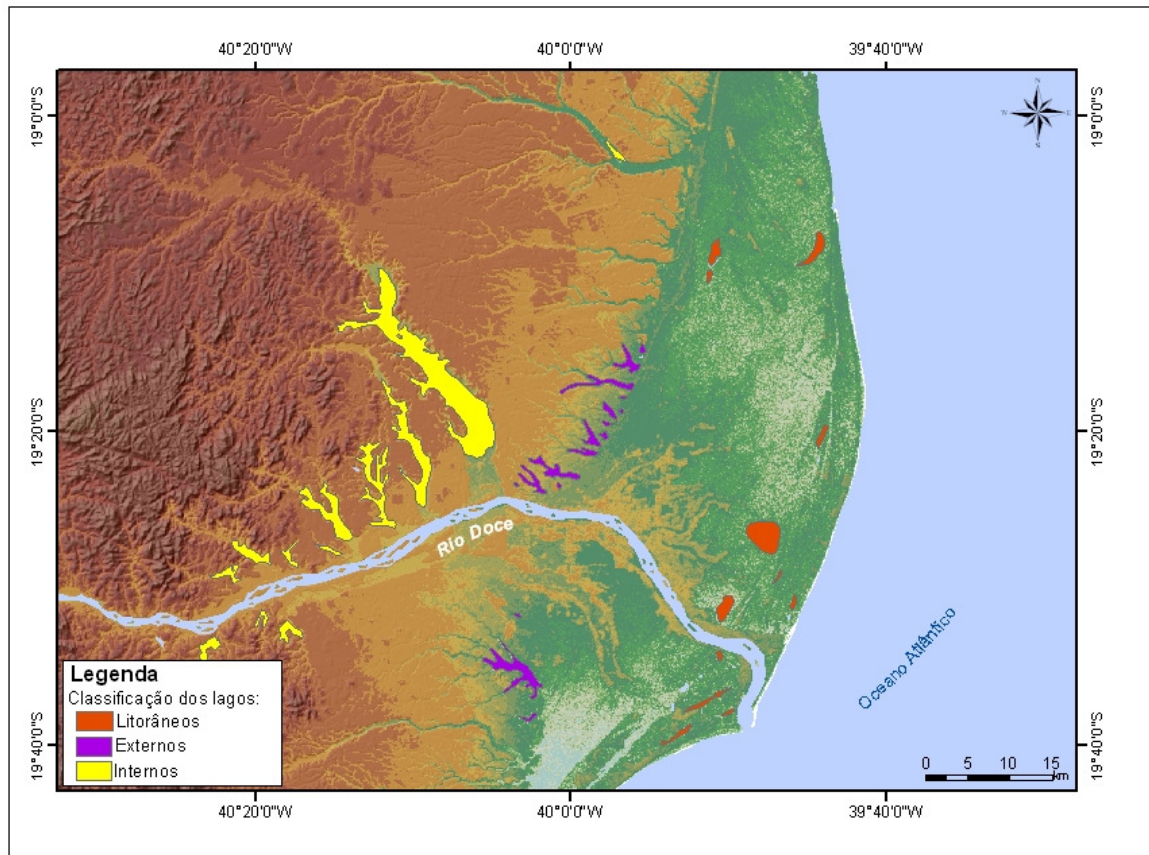


Figura 5: Conjuntos de lagos que compõem o sistema lacustre do baixo curso do rio Doce. Base: mapa hipsométrico da área de estudo, construído sobre modelo digital de elevação disponível em <http://seamless.usgs.gov>

Os lagos litorâneos são antigas lagunas dispostas no interior dos conjuntos de cristas de praias holocênicas, adjacentes à linha de costa.

Os lagos barrados, que são os de maior extensão, podem ser divididos em dois grupos com relação à morfologia e domínios geomorfológicos: lagos externos e lagos internos (Hatushika, 2005).

Os lagos externos estão dispostos no limite da planície costeira com os tabuleiros da Formação Barreiras. Tais lagos têm extensões de 1 a 10 km, possuindo orientações que variam de NW-SE a WNW-ESE.

Os lagos internos estão situados em vales encaixados nos tabuleiros da Formação Barreiras, afluentes do rio Doce. Esses lagos possuem maiores extensões, podendo atingir até 25 km, como é o caso do Juparanã. Junto com o lago Juparanã, destacam-se as lagoas Nova, Palminhas e Palmas, que apresentam bordas bem orientadas na direção NW-SE, com suas desembocaduras orientadas segundo a direção NE-SW.

Existem dois modelos acerca da origem e evolução do conjunto de lagos barrados do baixo vale do rio Doce, formulados por Suguio & Kohler (1992) e Hatushika (2005).

Suguio & Kohler (1992) atribuíram sua evolução a variações do nível do mar durante o Quaternário. Estes autores sugeriram que a formação dos lagos teve início com a dissecação de antigos tributários do rio Doce, devido ao rebaixamento do nível do mar associado ao último glacial pleistocênico, entre 15.000 e 18.000 anos AP. Os vales foram escavados mais de 100 m abaixo do nível do mar atual, o que pode explicar as grandes profundidades dos lagos. Posteriormente, em torno de 5.100 anos AP, com a subida do nível do mar 5 metros acima do nível atual, ocorreu o afogamento dos tributários do rio Doce, com a formação de ambientes estuarinos e lagunares.

Suguio & Kohler (1992) associaram a formação dos lagos ao afogamento dos paleotributários e a colmatação por lamas estuarinas sobre a superfície escavada. Os autores usaram como base o furo de sondagem PRD-20, localizado na desembocadura do lago Juparanã, descrito por Bandeira Jr. *et al.* (1975) - Figura 6, onde foram reconhecidos 10 a 15 metros de depósitos fluviais indiferenciados sobre 45 metros de lamas estuarinas ricas em organismos marinhos.

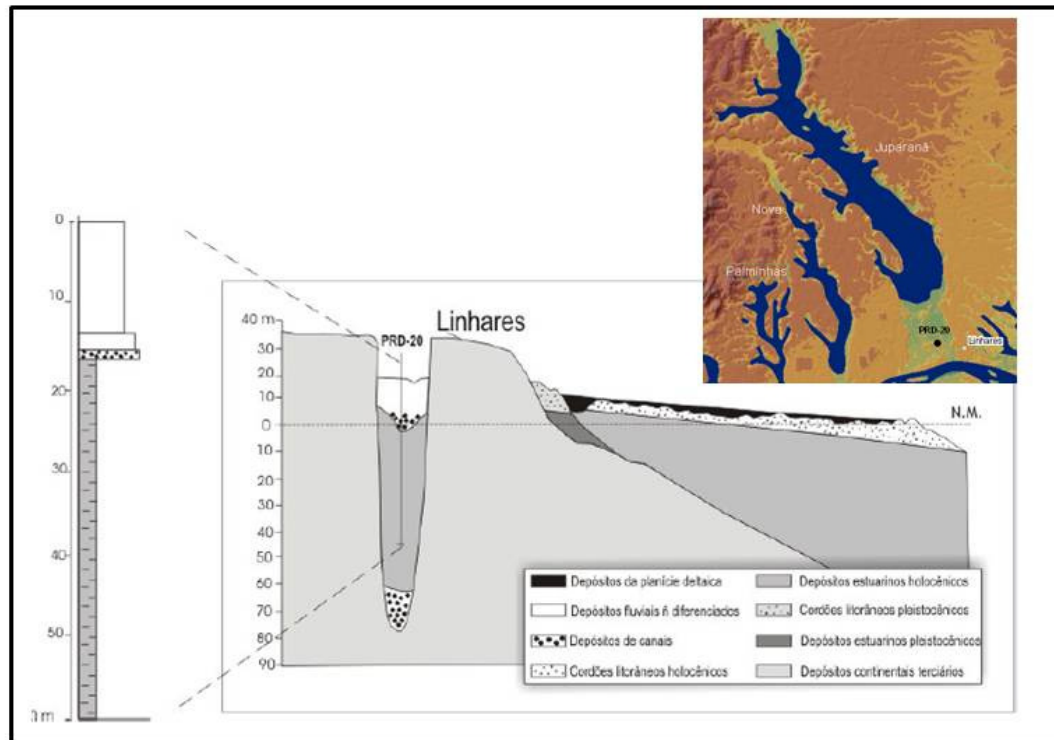


Figura 6: Furo de sondagem PRD-20 (modificado de Suguio & Kohler, 1992 apud Hatushika, 2005), localizado na desembocadura da lagoa Juparanã. No testemunho descrito, foram reconhecidos de 10 a 15 metros de depósitos fluviais indiferenciados sobrepostos a 45 a 50 metros de lamas estuarinas ricas em organismos marinhos.

Hatushika *et al.* (2005) associaram a formação do lago Juparanã a mecanismos neotectônicos. Estes autores identificaram dois regimes de tensões diferentes, atuantes durante o Quaternário, em parte responsáveis pela compartimentação topográfica, configuração de rede de drenagem e principalmente pelo estrangulamento e barragem do lago Juparanã (Figura 7).

O regime tectônico mais antigo reconhecido por estes autores foi de transcorrência dextral E-W, com distensão na direção NE-SW e compressão NW-SE, documentado por planos de falha normais dextrais ESE-WNW, dextrais E-W a ENE-WSW, e sinistrais normais N-S a NNW-SSE. Este regime, datado do Pleistoceno final/Holoceno, está associado aos lineamentos de direção NW, que refletem prováveis estruturas responsáveis pela orientação e contorno do lago.

O regime tectônico mais recente, holocênico, associa-se a uma distensão NW-SE, com planos de falhas normais com orientação NE-SW e ENE-WSW. Esse regime reflete prováveis estruturas responsáveis pelo estrangulamento e barragem do Juparanã.

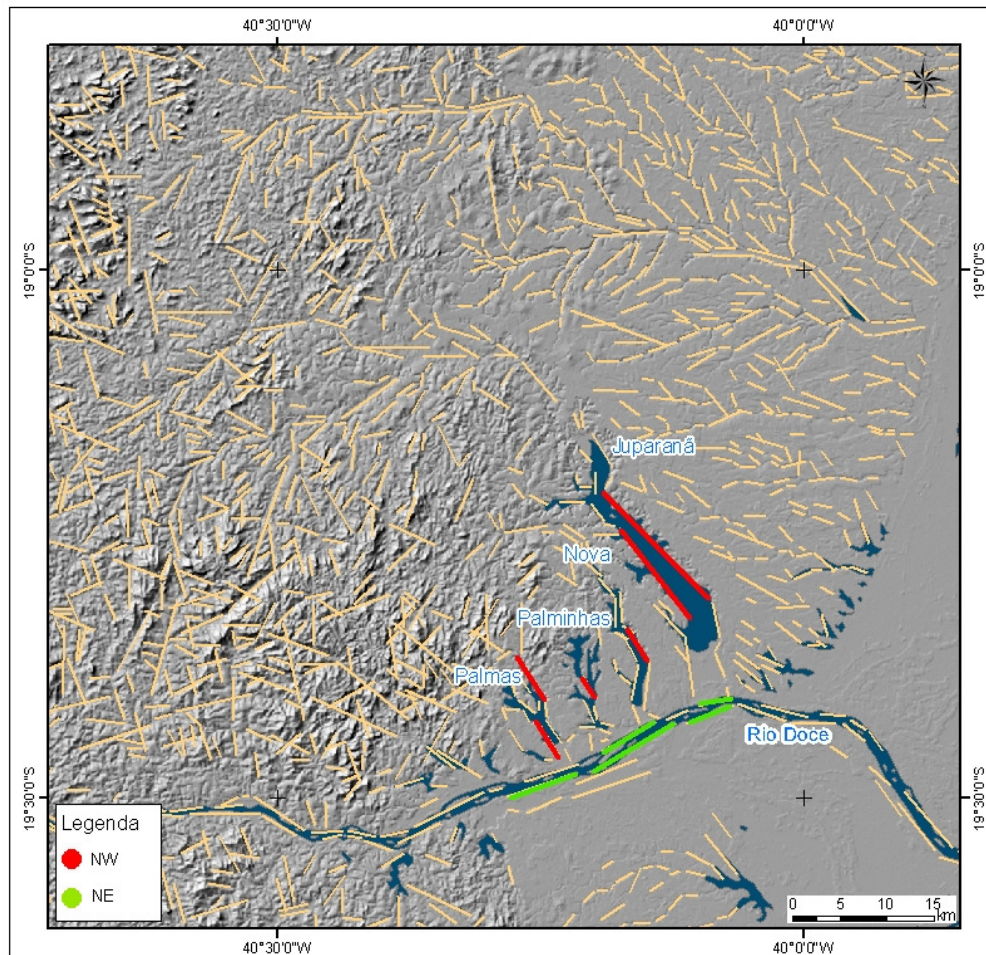


Figura 7: Mapa de lineamentos com destaque para lineamentos que controlam a orientação dos lagos e o alinhamento das barragens, segundo Hatushika et al., 2005. Lineamentos cedidos gentilmente por Diogo Justa Miranda sobreposto ao modelo digital de elevação, SRTM disponível <http://seamless.usgs.gov>

5. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho envolveu: i) a análise de mapas topográficos, que possibilitou o estudo de aspectos como áreas dos lagos e suas bacias de drenagens; e ii) a interpretação de levantamentos geofísicos, que permitiu a análise da morfologia de fundo dos lagos e do preenchimento sedimentar destes.

A obtenção dos valores das áreas dos lagos e de suas bacias de drenagem foi feita utilizando uma articulação de cartas topográficas na escala de 1:100.000 (IBGE). Foram utilizadas as cartas Mantena, Nova Venécia, São Mateus, São Gabriel da Palha, Linhares, Rio Doce, Colatina, Aracruz e Regência. A partir destas cartas topográficas, os limites dos lagos e das suas respectivas bacias de drenagens foram traçados em um *overlay* de acetato. Posteriormente, as áreas dos lagos e das suas bacias de drenagem foram medidas utilizando papel milimetrado, fazendo-se a correção de escala devida.

O levantamento geofísico nos lagos foi feito através de equipamento sísmico de alta resolução, com a intenção de obter informações da profundidade dos lagos e espessura de sedimentos lacustres. Este levantamento foi orientado pelo Professor Dr. Cleverton Guizan Silva, do Departamento de Geologia da Universidade Federal Fluminense (LAGEMAR/UFF), que disponibilizou e operou o equipamento durante a obtenção dos dados sísmicos.

O equipamento utilizado para obtenção dos dados sísmicos foi o *StrataBox*, do fabricante *Ocean Data Equipment Corporation*, pertencente ao LAGEMAR/UFF. O *StrataBox* é um perfilador de subfundo de baixa potência e alta frequência, e opera a uma frequência de 10 kHz alimentado por uma bateria de 24V. Dependendo do substrato onde é realizado o trabalho com este equipamento, o imageamento dos estratos pode alcançar uma resolução de 6 cm em uma espessura de até 40m de sedimentos, porém a penetração alcançada foi de 5 a 6 metros a partir do fundo dos lagos, devido a atenuação causada por um refletor da

alta amplitude que foi responsável pela absorção de quase toda energia da onda sísmica transmitida pela fonte, e também pela ausência de reflexão em materiais homogêneos (Hatushika, 2005).

Foram levantados 93 perfis sísmicos, sendo que 17 no lago Juparanã, 31 na lagoa Nova, 13 no lago Palminhas e 32 na lagoa Palmas (Figuras 8 a 11).

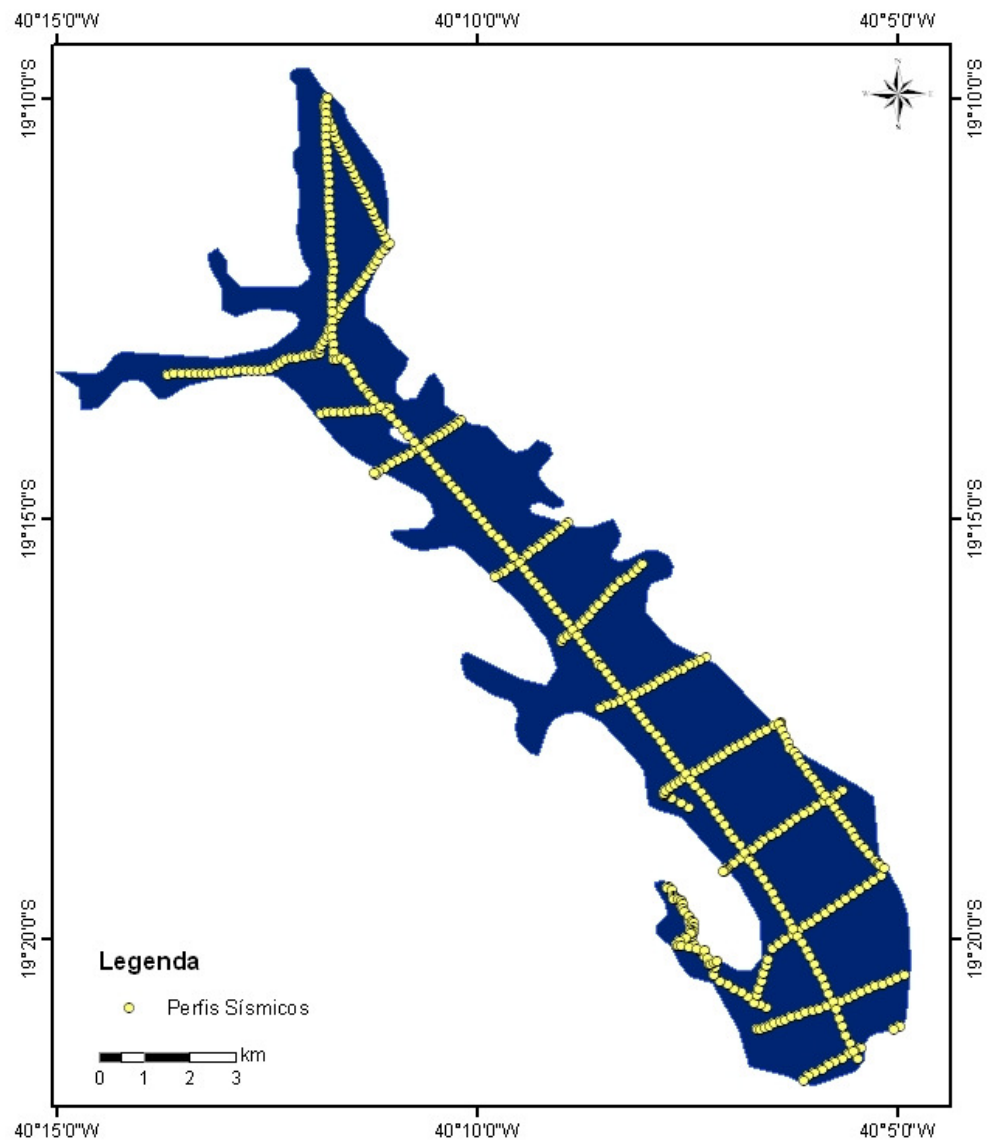


Figura 8: Mapa de localização dos perfis sísmicos levantados no lago Juparanã (modificado de Hatushika, 2005).

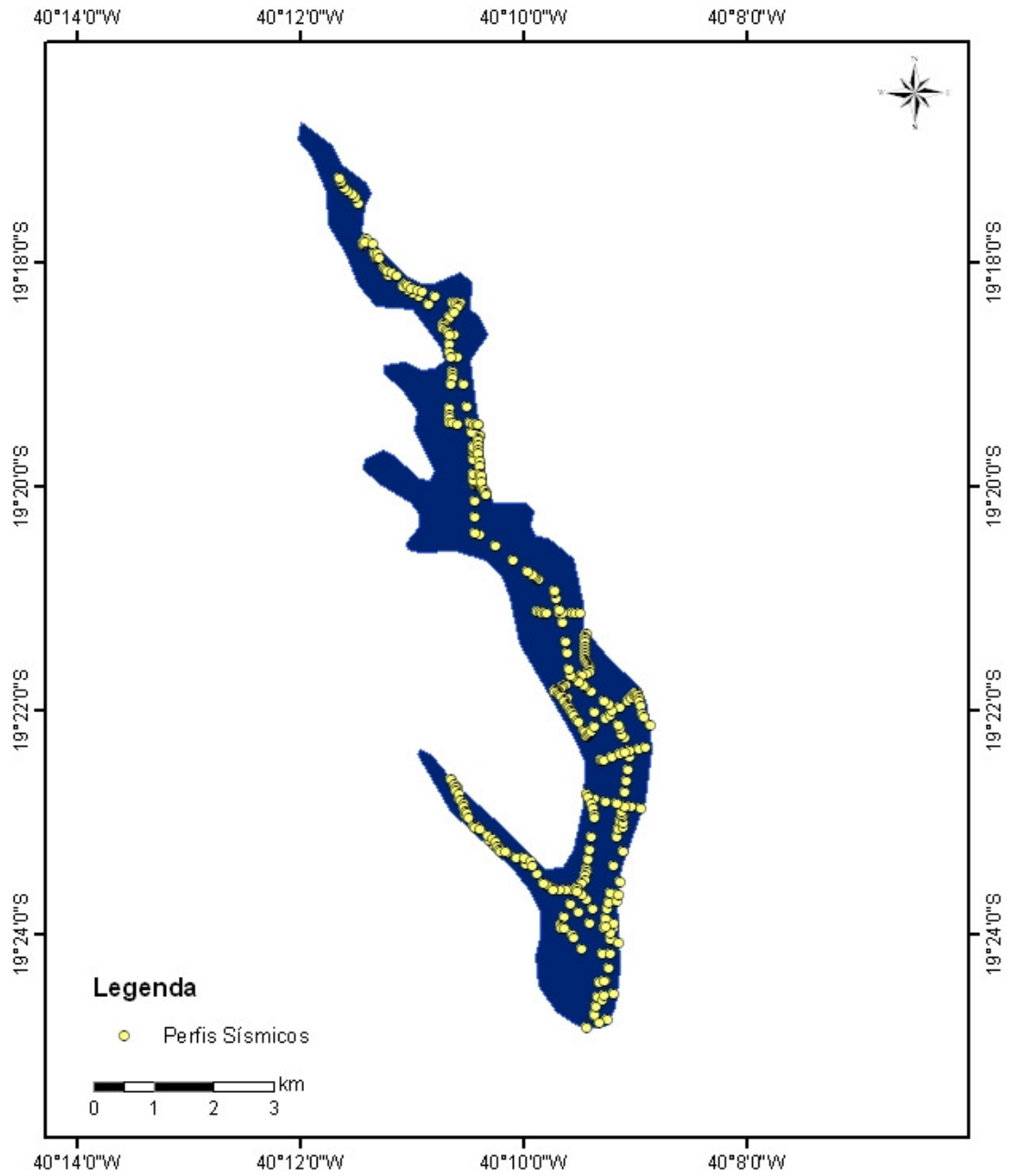


Figura 9: Mapa de localização dos perfis sísmicos levantados no lago Nova (modificado de Ferreira, 2008).

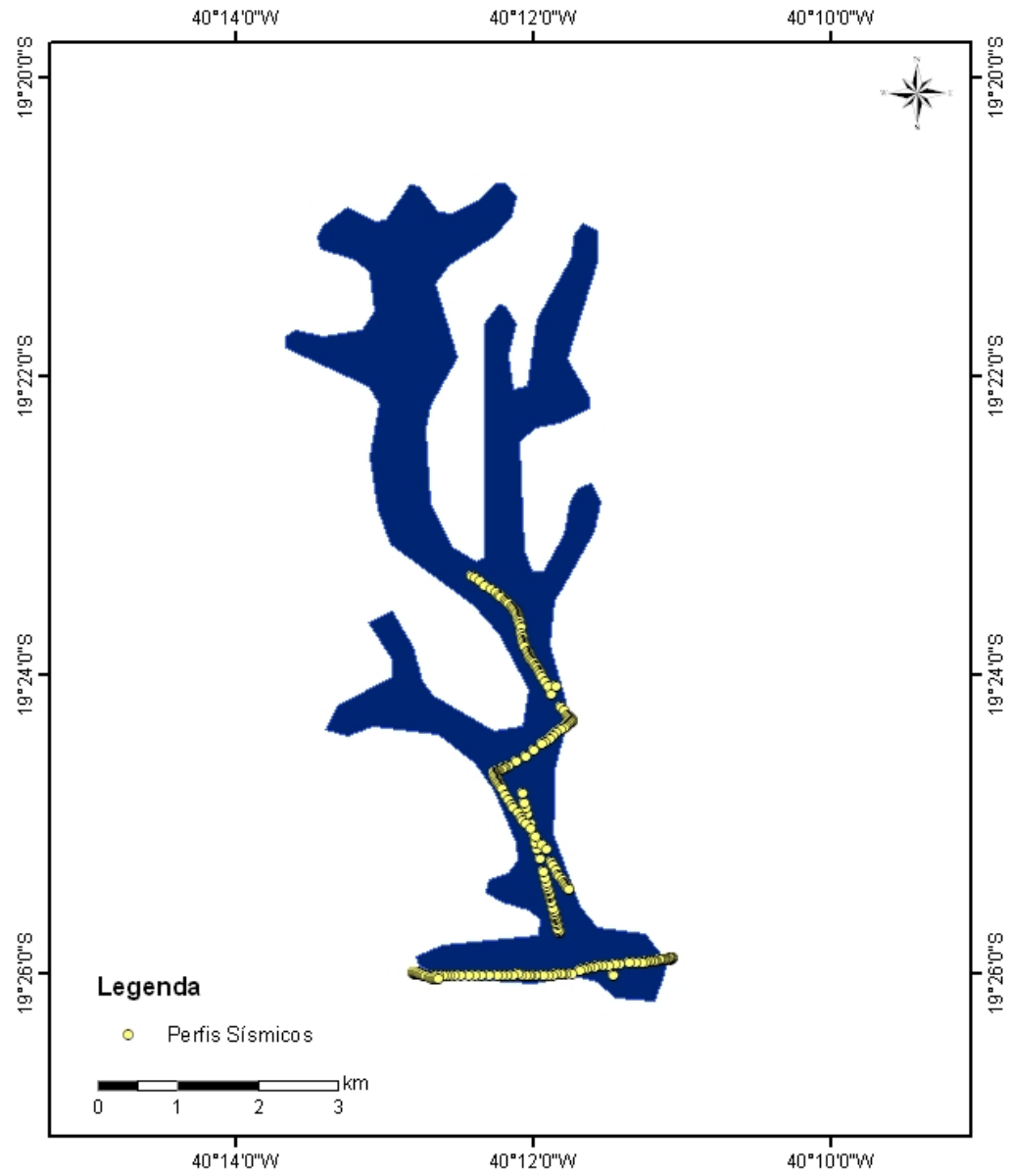


Figura 10: Mapa de localização dos perfis sísmicos levantados no lago Palminhas.

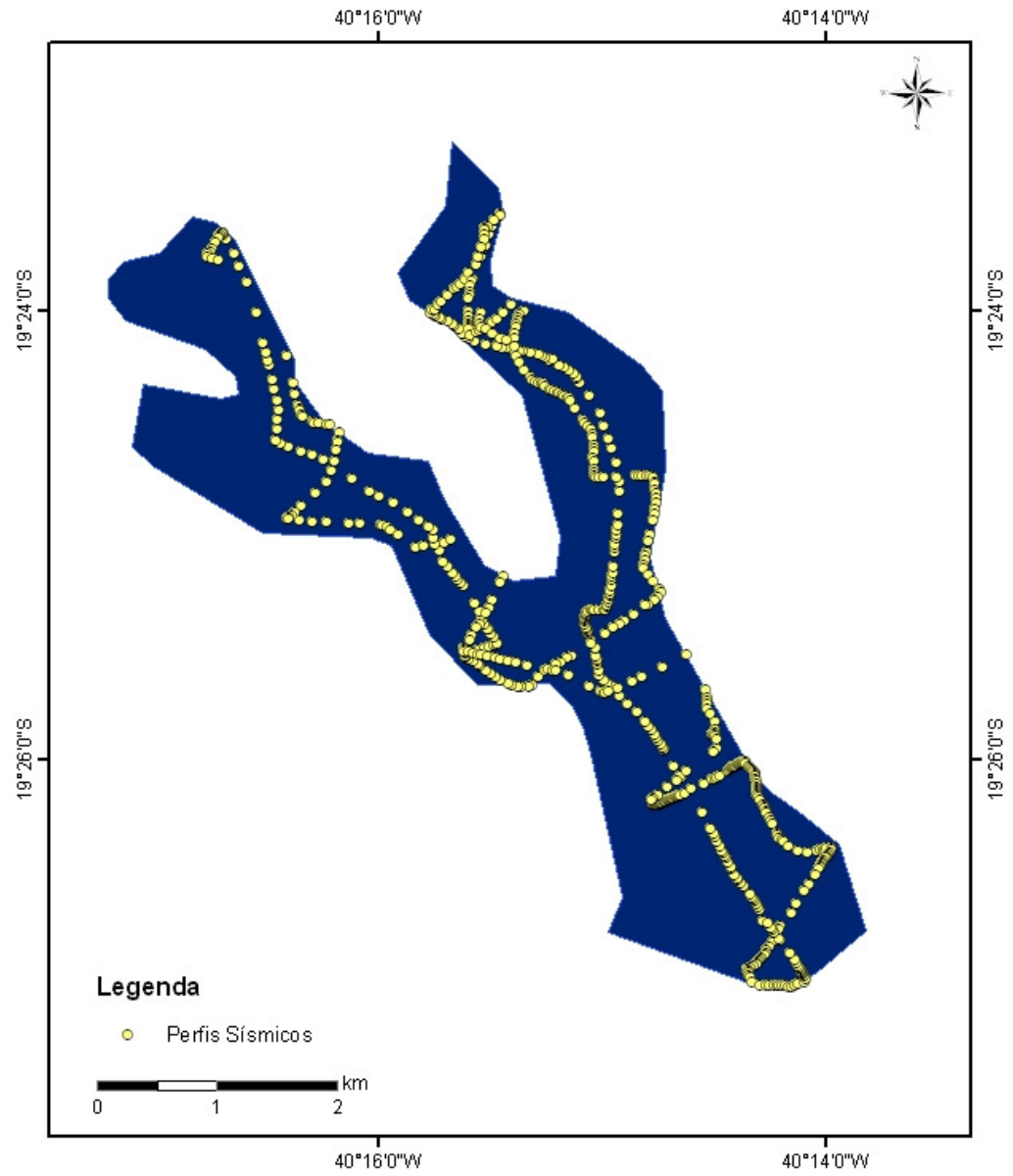


Figura 11: Mapa de localização dos perfis sísmicos levantados no lago Palmas.

Os valores de profundidade e de espessura de sedimentos lacustres foram retirados dos mosaicos das linhas sísmicas geradas pelo *software Stratabox* (Figura 12). A partir destes dados, foi gerada, no *software Microsoft Excel*, uma tabela contendo valores de profundidade, para posteriormente ser inserida no *software ArcGIS 9.2*. Os dados de profundidades possibilitaram a elaboração de mapas batimétricos, que foram gerados através do *software ArcGis 9.2*, sendo utilizados para a análise da morfologia do fundo dos lagos.

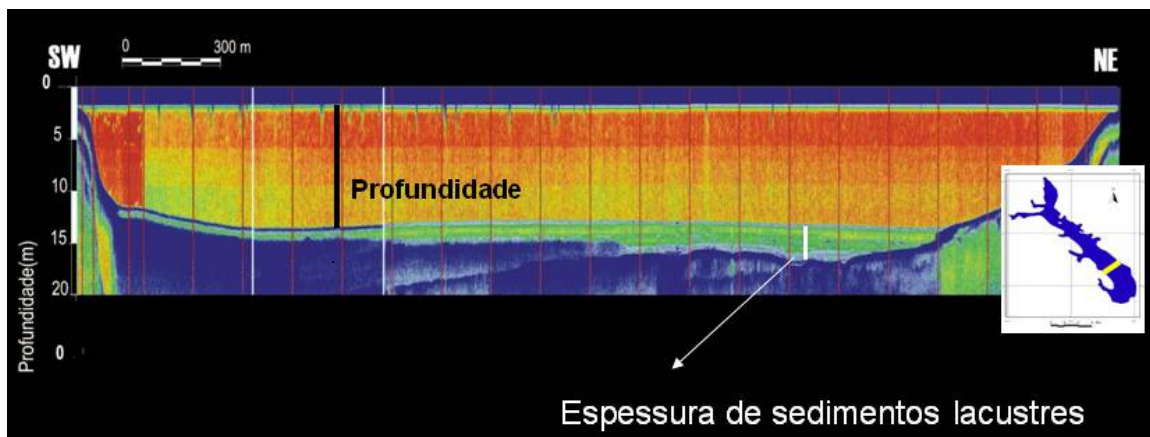


Figura 12: Linha sísmica exemplificando como os dados de profundidade e de espessura de sedimentos lacustres foram extraídos (Modificado Hatushika, 2005).

Os mapas batimétricos foram integrados com um mapa de lineamentos estruturais elaborado por Hatushika (2005) sobre modelo digital de elevação (MDE) da região estudada, adquirido no *site* da USGS <http://seamless.usgs.gov> (dados *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM*).

De modo a relacionar os aspectos morfológicos descritos a possíveis controles neotectônicos, foram utilizados dados estruturais (pares de falhas/estrias) adquiridos por Hatushika (2005) em afloramentos nos arredores dos lagos.

6. RESULTADOS

O lago Juparanã é o maior lago do sistema lacustre do baixo curso do rio Doce, com uma extensão de 25 km e área de 47 km². Sua profundidade varia muito ao longo de sua extensão: a montante, a profundidade do lago varia de 7 a 10 metros até a porção onde se localiza a ilha do Imperador; a partir desse ponto, a profundidade aumenta até atingir sua profundidade máxima, que é de 16m (Figura 13). Próximo à cabeceira do lago Juparanã há um notável estrangulamento associado a uma mudança batimétrica abrupta.

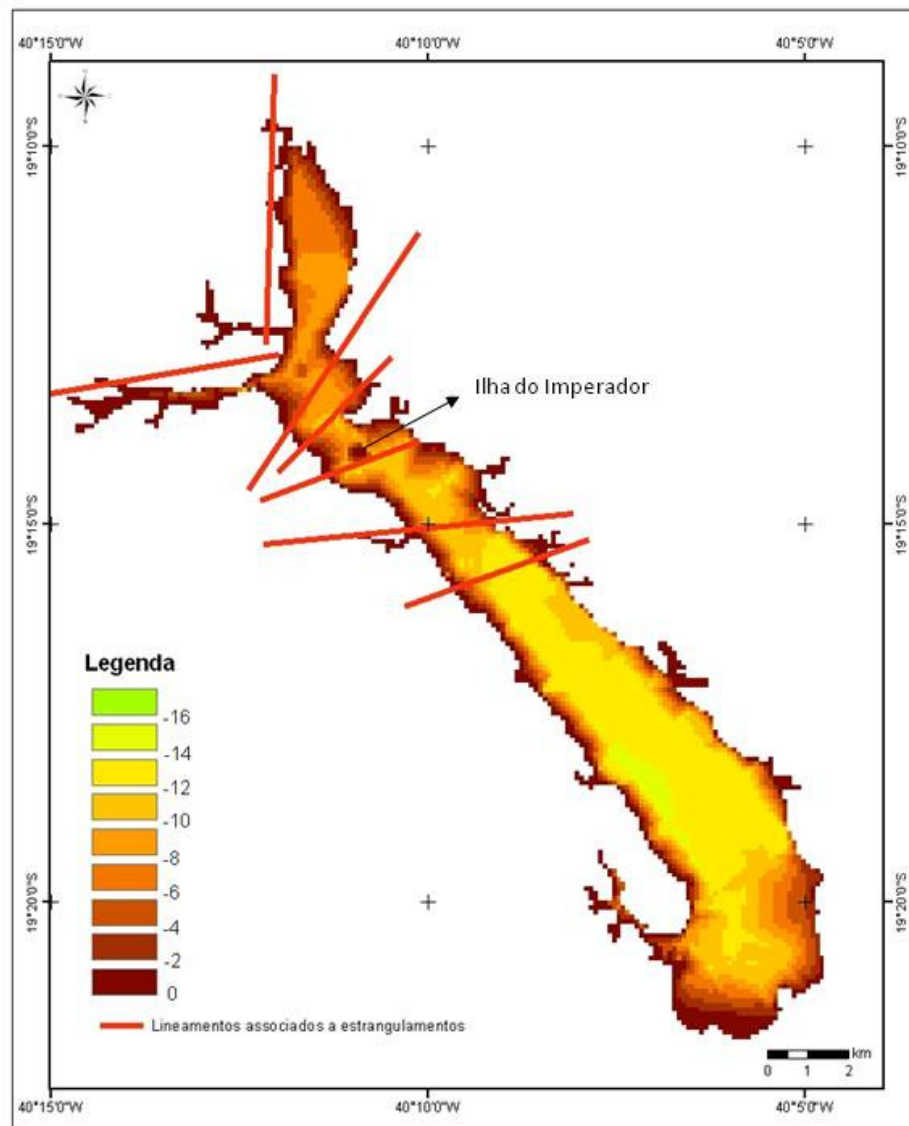


Figura 13: Mapa batimétrico do lago Juparanã.

A área da bacia do lago Juparanã é a maior do sistema (Figura 14), com 1942 km², tendo como tributário o rio São José, que tem uma extensão de aproximadamente 130 km. A bacia do rio São José tem uma rede de drenagem predominantemente dendrítica, porém apresenta padrão treliça próximo à Faixa de Lineamentos Colatina. O lago Juparanã drena para o rio Doce através do rio Pequeno.

A espessura máxima de sedimentos lacustres identificada no lago Juparanã é de

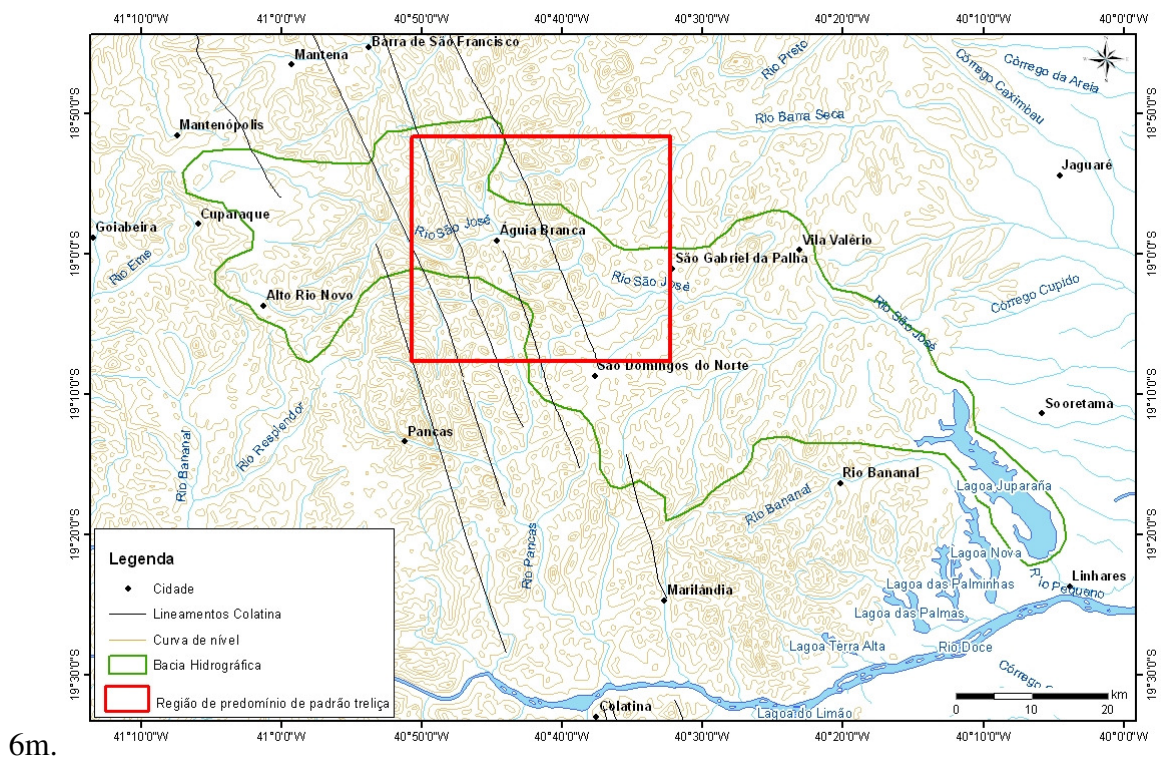


Figura 14: Mapa da bacia hidrográfica do lago Juparanã.

A lagoa Nova tem uma extensão de 18 km, sendo o segundo maior lago do sistema, com uma área de 16 km². Apresenta uma profundidade máxima de 32m (Figura 15). Na lagoa Nova, as feições de estrangulamento são mais frequentes: no segmento central da lagoa, ocorrem os três principais estrangulamentos e, na porção norte do lago ocorrem mais três importantes estrangulamentos.

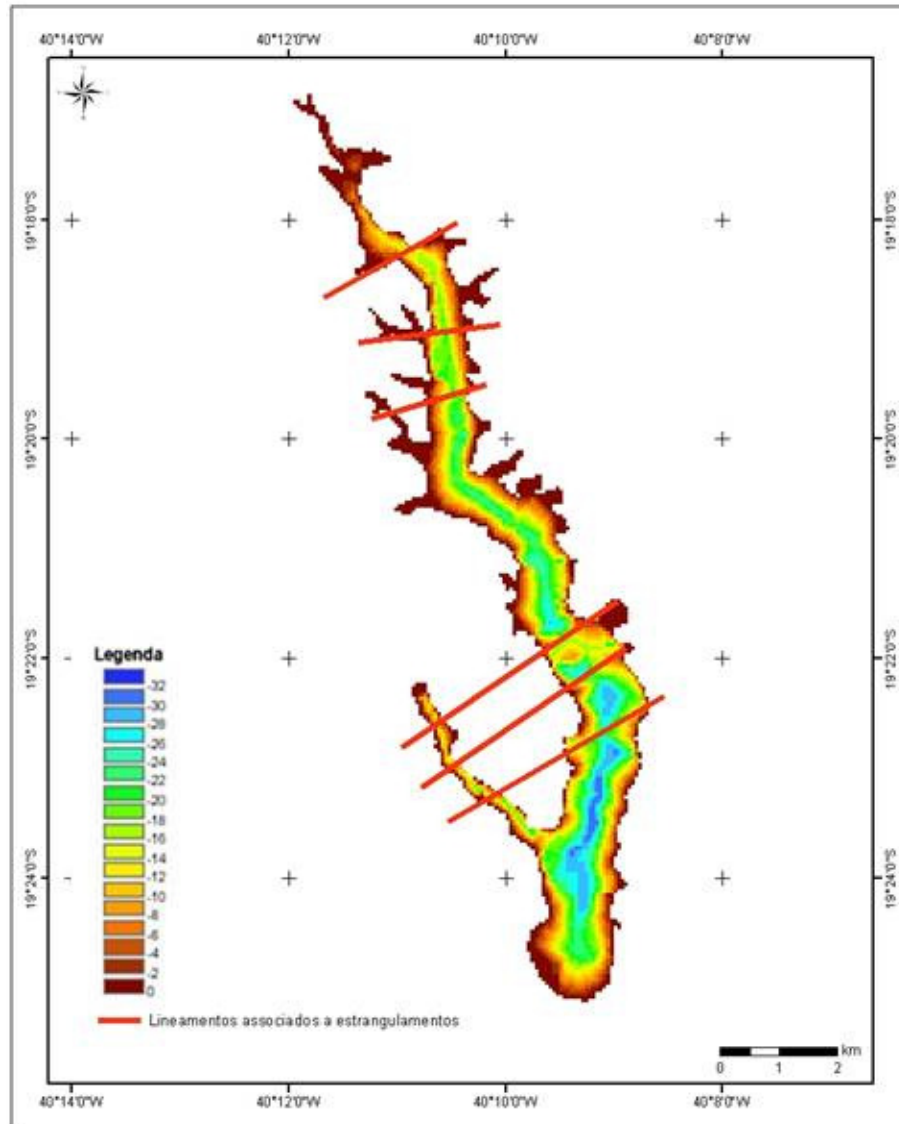
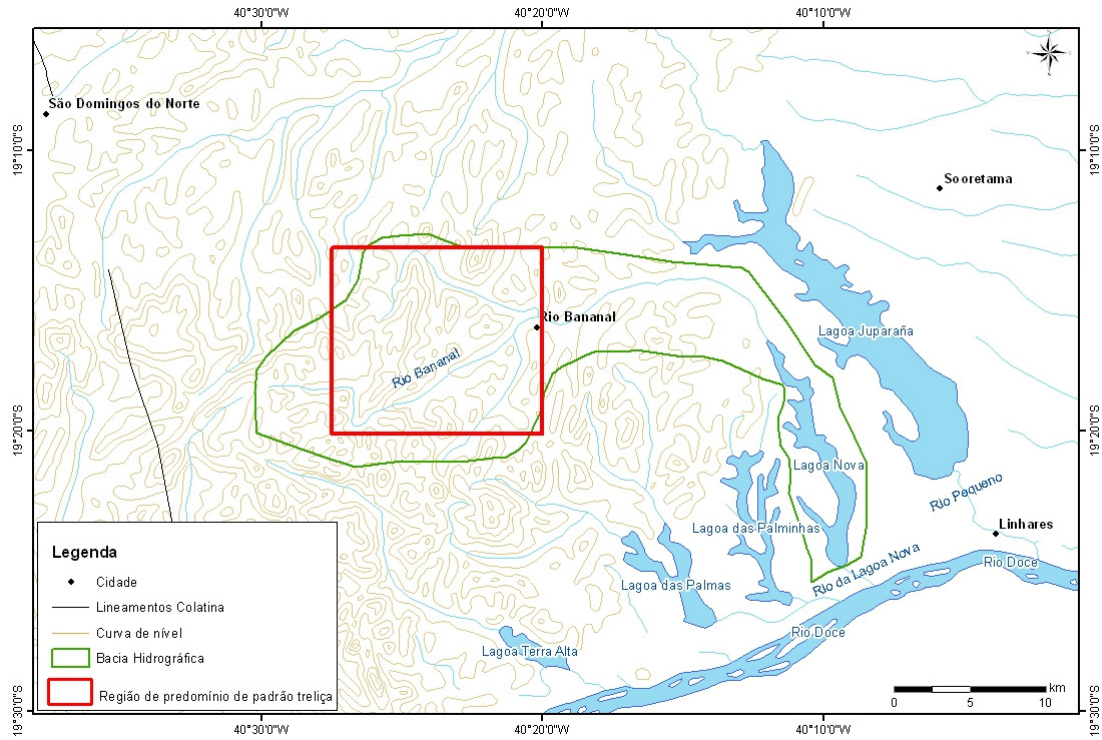


Figura 15: Mapa batimétrico da lagoa Nova.

A área bacia que drena para a lagoa Nova tem aproximadamente 368 km², tendo como tributário o rio Bananal (Figura 16). A bacia de drenagem do rio Bananal apresenta um padrão predominantemente dendrítico, com padrão treliça em determinadas regiões. A lagoa Nova drena para o rio Doce pelo denominado rio da Lagoa Nova.

Na lagoa Nova, a espessura máxima identificada de sedimentos lacustres foi de 3,5m.



Figura

16: Mapa da bacia hidrográfica da lagoa Nova.

O lago Palminhas apresenta comprimento de 12 km e uma profundidade máxima de 29m (Figura 17). Próximo à desembocadura ocorre uma mudança brusca na orientação do lago, associada a um estrangulamento batimétrico principal.

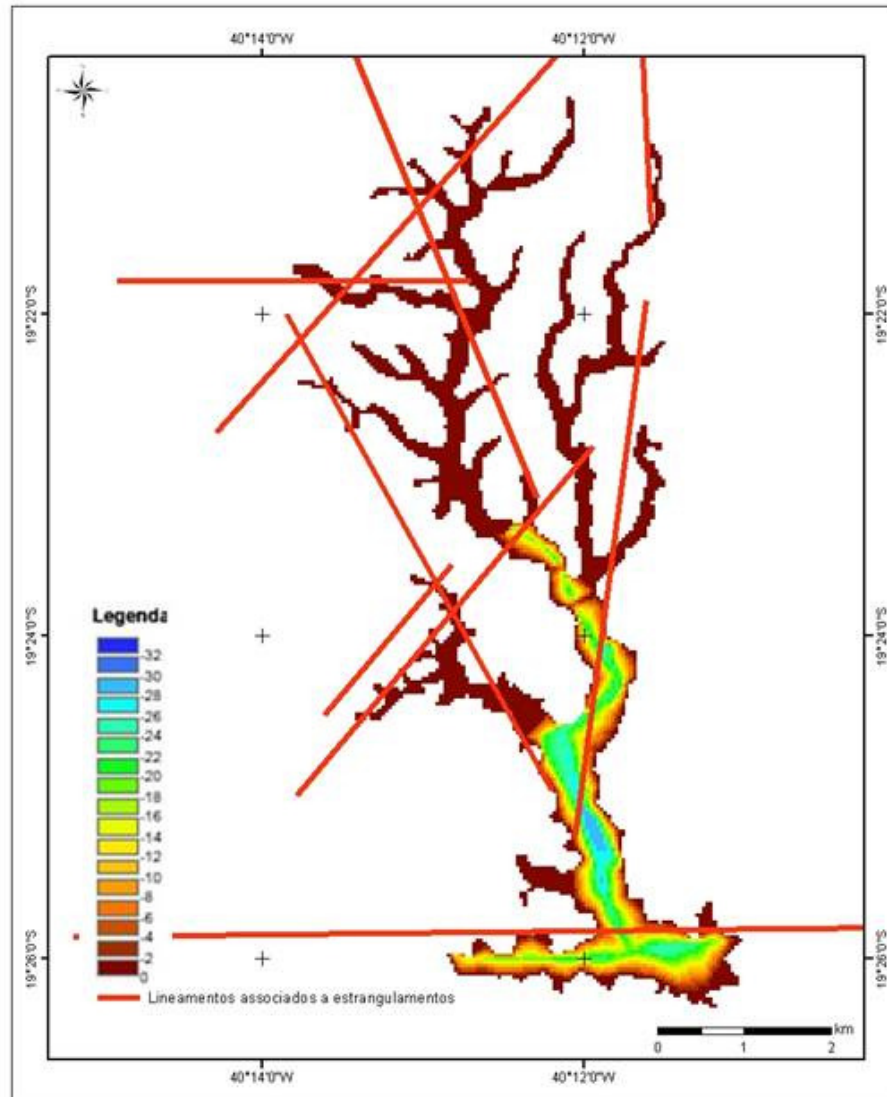


Figura 17: Mapa batimétrico do lago Palminhas.

Este lago possui a menor área entre os lagos barrados, que é de aproximadamente 8 km². A área de sua bacia é de 70 km² (Figura 18). O lago Palminhas não apresenta tributários extensos, sendo alimentado principalmente por pequenos córregos, como o Palminhas e o Jacarandá. Drena para o rio Doce pelo ribeirão das Palmas. Apresenta uma espessura máxima de sedimentos lacustres de apenas 2m.

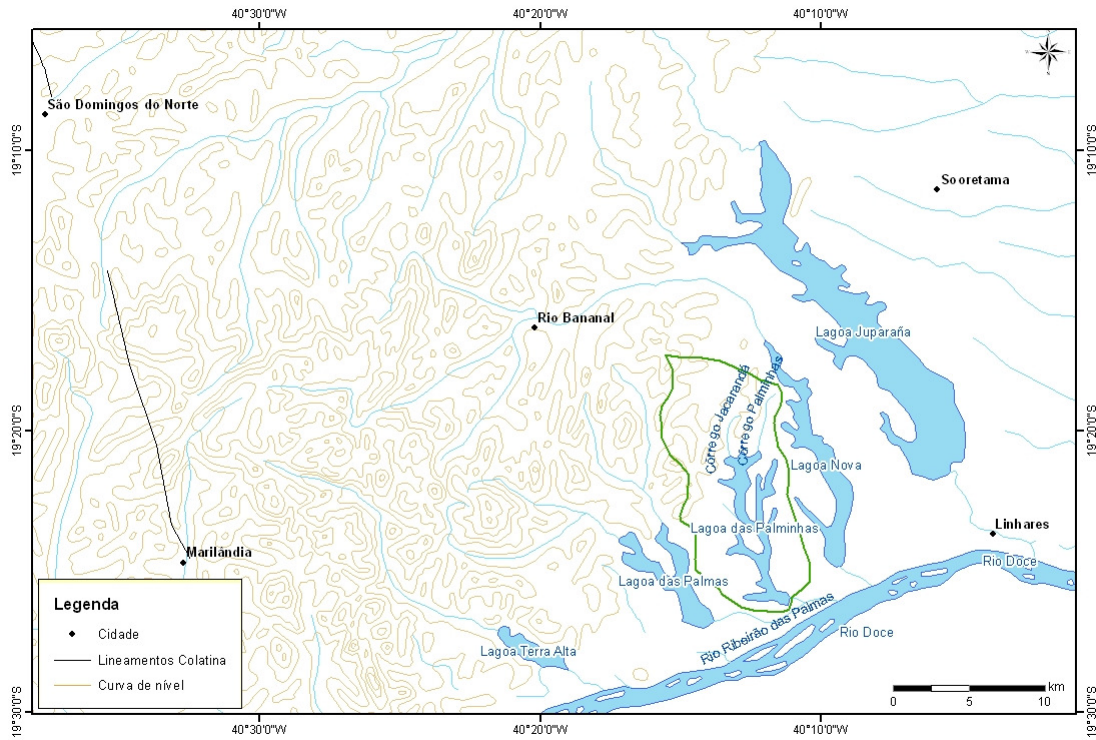


Figura 18: Mapa da bacia hidrográfica do lago Palminhas.

O lago Palmas tem um comprimento de 8,5 km e é, em extensão, o menor entre os lagos estudados. Porém é o lago mais profundo, com profundidade que chega a 45m (Figura 19). Apresenta estrangulamentos bem marcados, próximo à bifurcação dos braços do lago.

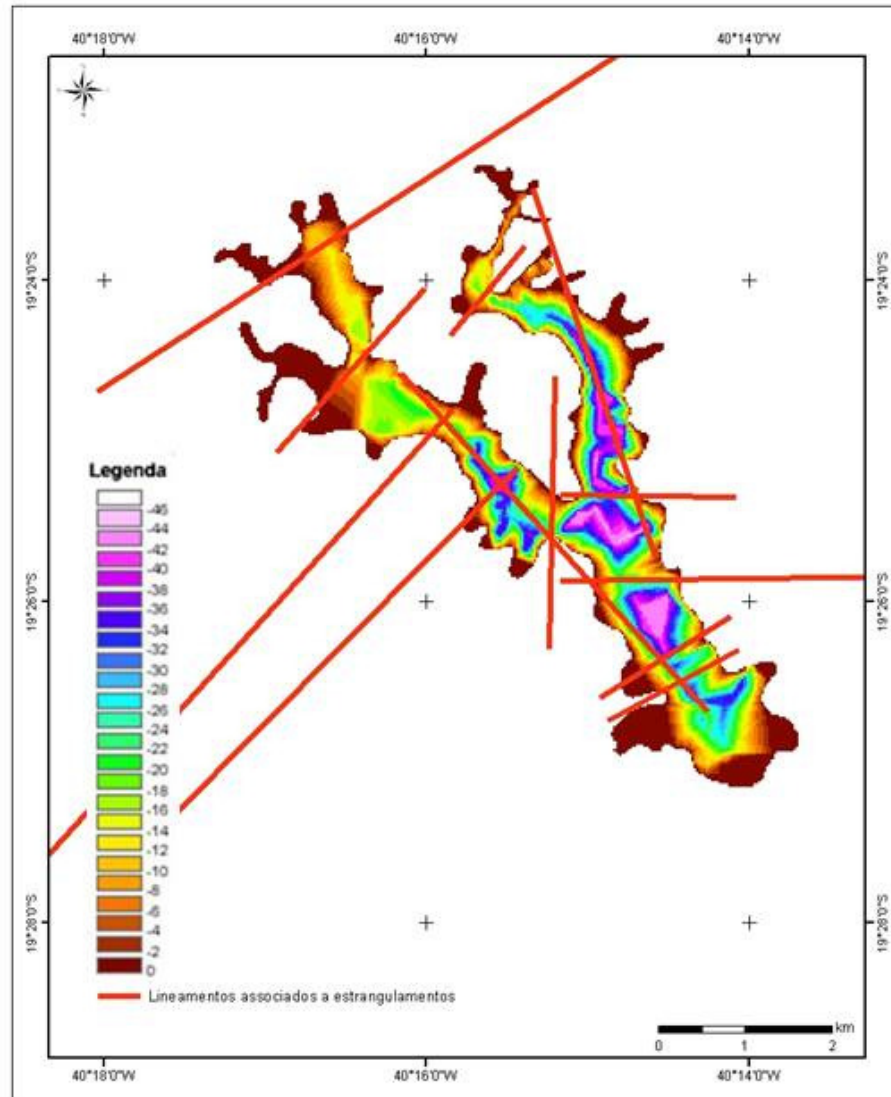


Figura 19: Mapa batimétrico do lago Palmas.

A área do lago Palmas é de aproximadamente 12 km² e a área de sua bacia é de 86 km² (Figura 20). O lago Palmas também não apresenta tributários muito extensos, sendo alimentado principalmente, na parte leste, pelos córregos São Francisco e São Jacinto dos Macacos. Já no lado oeste, o lago é alimentado pelos córregos Dr. Jones e Conceição das Palmas. A drenagem do lago Palmas para o rio Doce também é feita pelo ribeirão das Palmas.

A espessura máxima identificada de sedimentos lacustres é de 4m.

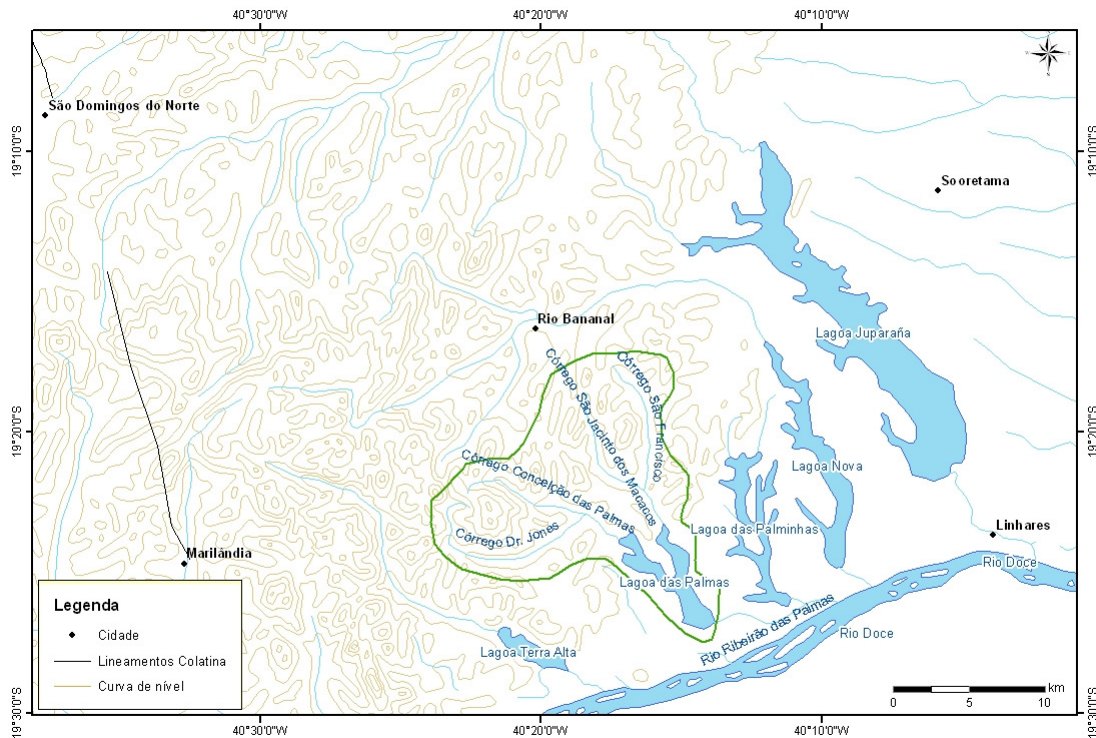


Figura 20: Mapa da bacia hidrográfica do lago Palmas.

A análise integrada dos mapas batimétricos dos lagos estudados (Figura 21) ressalta a presença de estrangulamentos bem marcados como uma característica similar entre eles. Estes estrangulamentos podem ser associados a feições estruturais reconhecidas no mapa de lineamentos, sendo possível identificar as seguintes direções preferenciais:

- lineamentos NW: bem destacados nas áreas mais elevadas topograficamente, isto é, nas regiões de serra e colinas, também são observados nos terrenos terciários da Formação Barreiras. Estão definidos próximo às cabeceiras dos lagos barrados pelo alinhamento das colinas;
- lineamentos NE: esses lineamentos estendem-se do embasamento cristalino até o platô terciário, atravessando os lagos barrados. Parecem controlar os alinhamentos das desembocaduras dos lagos barrados e as margens do rio Doce, além dos principais estrangulamentos batimétricos identificados.

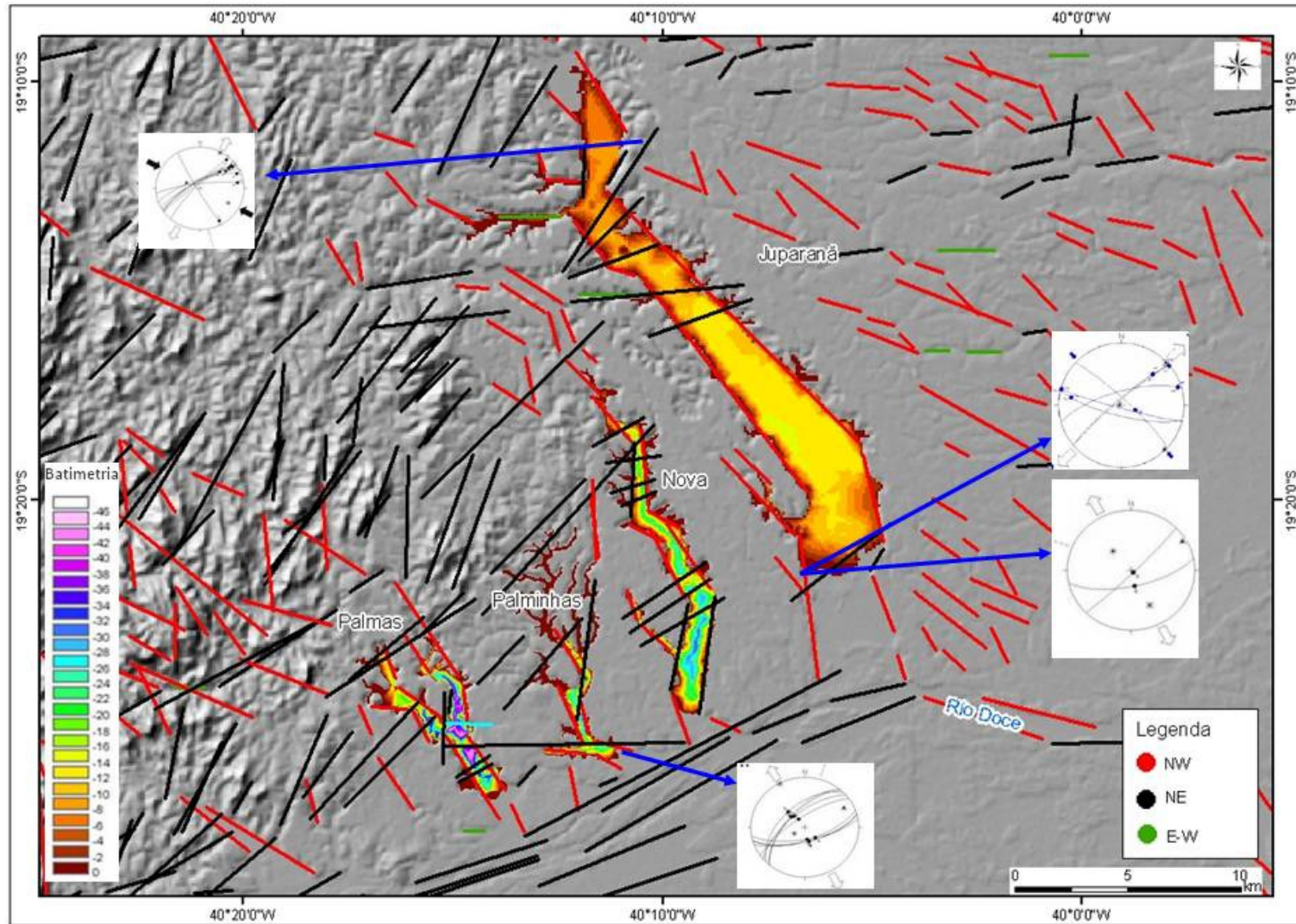


Figura 21: Mapas batimétricos dos lagos estudados e lineamentos interpretados com exemplos de dados estruturais elaborados por Hatushika et al 2005.

A influência dos lineamentos NE na compartimentação batimétrica do lago Juparanã, e sua associação a movimentos tectônicos recentes, foi discutida por Hatushika *et al.* (2005) (a). Estes autores destacaram a presença de elevações próximas à ilha do imperador e basculamentos do fundo do lago, associados ao forte estrangulamento neste setor, controlados por estruturas NE.

A partir dos valores de área e profundidade máxima dos lagos, área das bacias hidrográficas e espessura máxima de sedimentos lacustres, puderam ser construídos gráficos representativos dos padrões de distribuição destes aspectos.

O gráfico que associa área dos lagos e área das bacias de drenagem mostra um padrão linear normal (Figura 22), ou seja, quanto maior a área da bacia de drenagem, maior a área do lago.

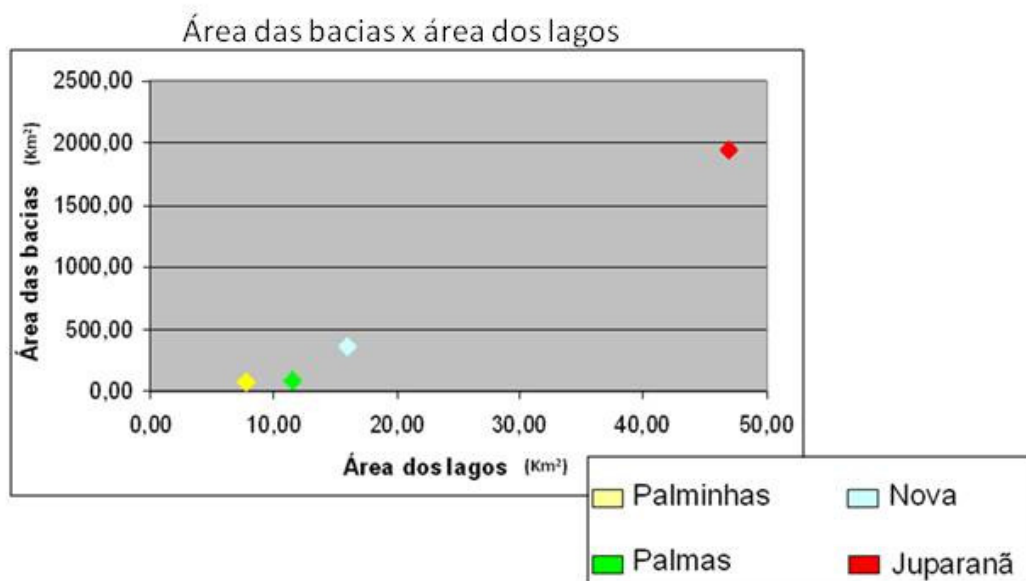


Figura 22: Gráfico associando área dos lagos e área das respectivas bacias de drenagem.

O segundo e o terceiro gráfico associam as profundidades máximas com as áreas dos lagos e áreas das bacias, respectivamente (figuras 23 e 24). Estes gráficos mostram que os lagos mais rasos tendem a possuir áreas maiores e áreas das bacias maiores. O

lago Palminhas, no entanto, não se ajusta a este comportamento, pois, sendo o menor e com menor bacia tributária, seria esperado, pelo padrão geral, ser o mais profundo.

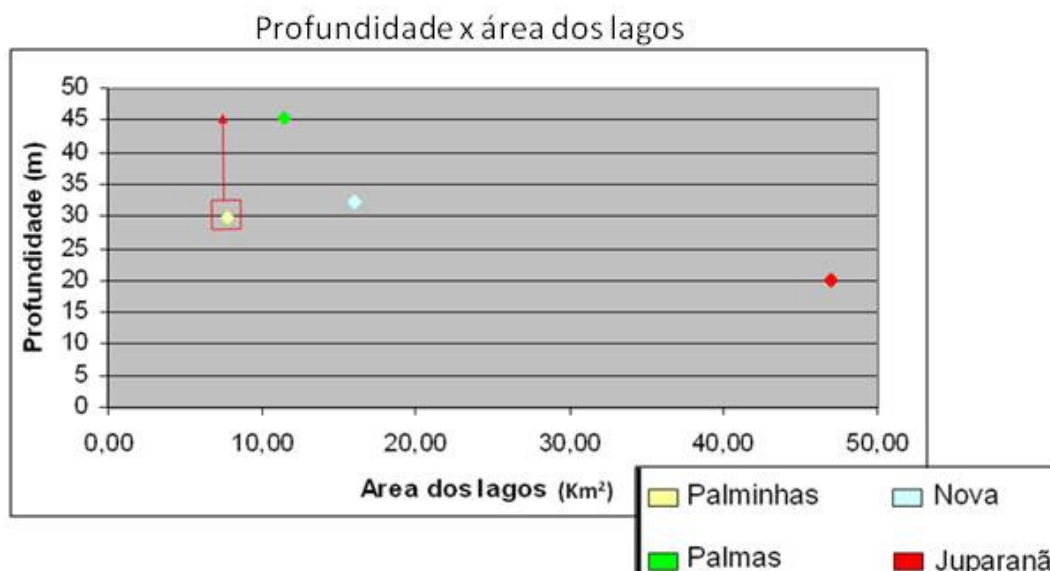


Figura 23: Gráfico associando profundidade e área dos lagos.

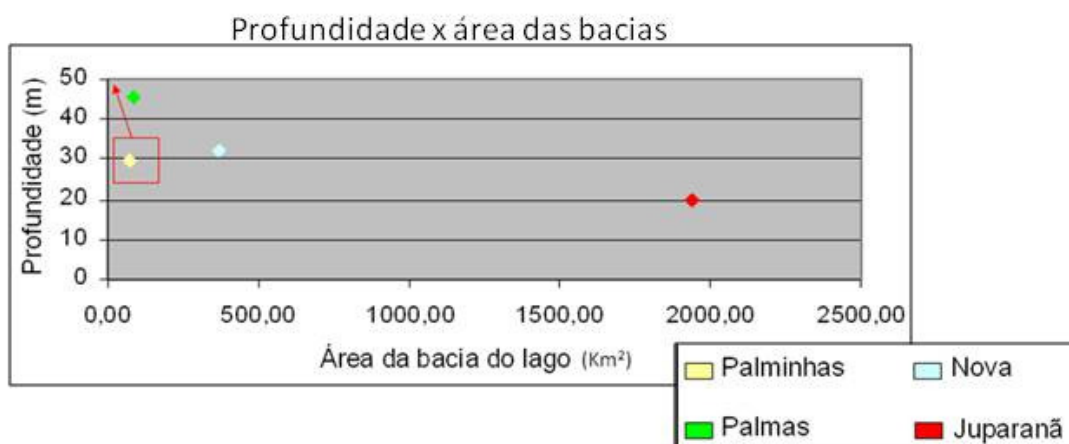


Figura 24: Gráfico associando profundidade e área das bacias de drenagem.

O quarto e o quinto gráfico apresentam a relação entre espessura máxima de sedimentos lacustres e áreas dos lagos e áreas das bacias, respectivamente (figuras 25 e 26). Estes gráficos mostram, em geral, uma relação direta entre estes aspectos, ou seja, quanto maior a área do lago e da bacia de drenagem tributária, maior a espessura de sedimentos lacustres. O lago Palmas apresenta, neste aspecto, um comportamento

anômalo, pois apresenta uma maior espessura relativa de sedimentos lacustres do que o esperado em uma relação linear.

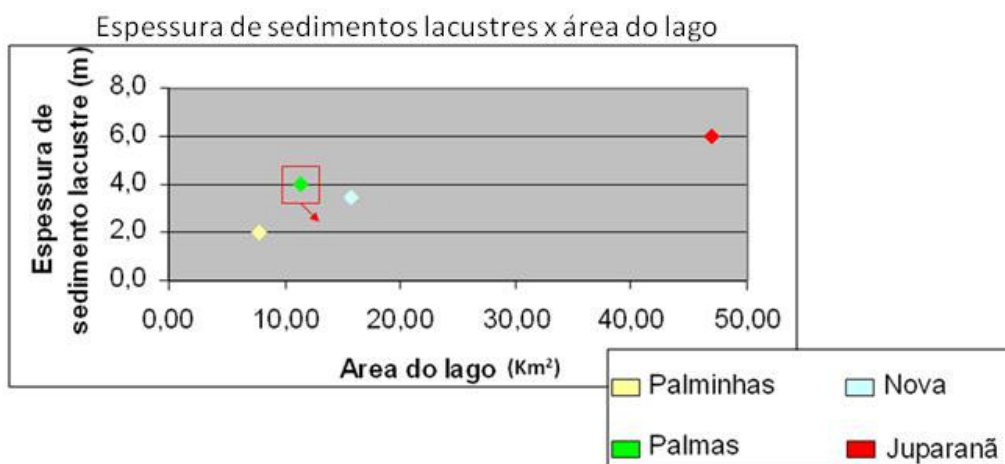


Figura 25: Gráfico associando espessura máxima de sedimentos lacustres e área dos lagos.

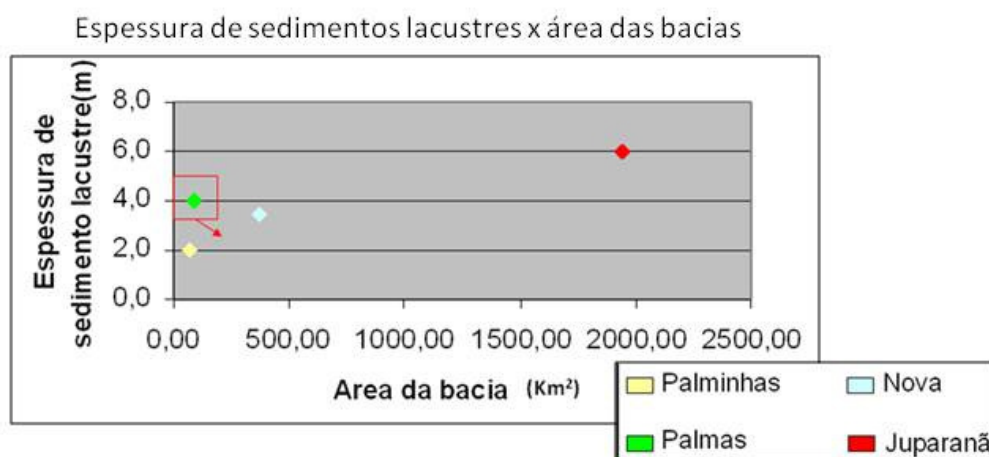


Figura 26: Gráfico associando espessura máxima de sedimentos lacustres e área das bacias de drenagem.

Com a análise dos mapas das bacias hidrográficas observa-se que ocorrem mudanças abruptas nas direções das drenagens (Figura 27), sugestivas de capturas fluviais, o que pode ter relação com um controle neotectônico.

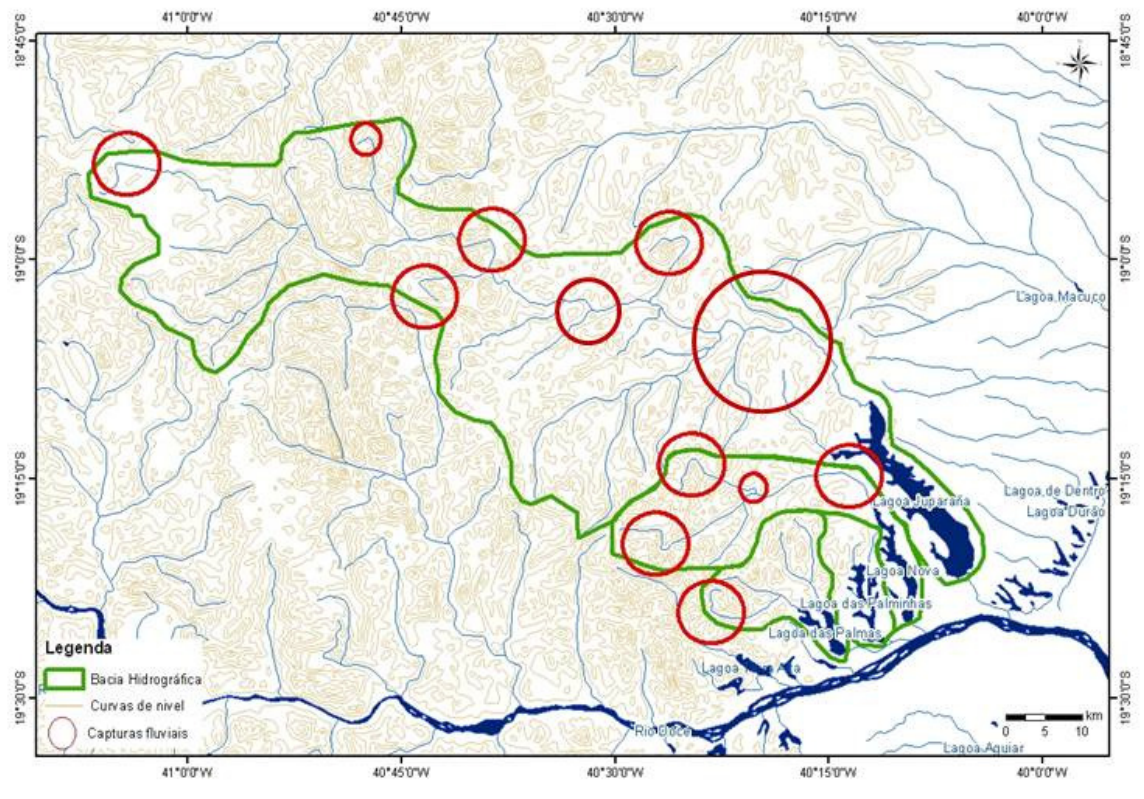


Figura 27: Mapas das bacias hidrográficas evidenciando capturas fluviiais.

7. CONCLUSÃO

As variações nos tamanhos dos lagos e de suas respectivas bacias de drenagem podem estar relacionadas às capturas fluviais sugeridas no mapa das bacias hidrográficas (Figura 27). Estas parecem indicar um controle estrutural associado a uma à movimentação de estruturas NE-SW. Neste caso, podem ser relacionadas ao evento de distensão NW-SE holocênico, concordando com os resultados apresentados por Hatushika *et al.* (2005) (a).

Os lineamentos NE identificados nos mapas batimétricos (Figura 21) refletem prováveis estruturas responsáveis pela barragem dos lagos e também pelos estrangulamentos presentes nestes corpos lacustres, com também já foi discutido por Hatushika *et al.* (2005), e associado ao mesmo evento neotectônico.

Os lineamentos NW, também indicados nos mapas batimétricos dos lagos (Figura 21), refletem prováveis estruturas responsáveis pela orientação preferencial e contorno dos lagos internos. Tais características podem ter sido ocasionadas por falhamentos provenientes de uma ação tectônica pleistocênica, com já foi discutido por Hatushika *et al.* (2005)(a), relacionadas ao evento de transcorrência dextral E-W. Os lineamentos NW também podem ser relacionados a uma evidente assimetria nas profundidades na porção central do lago Juparanã, que pode indicar um basculamento tectônico.

Os lagos Juparanã, Nova, Palminhas e Palmas apresentam um padrão linear normal quando relacionados valores de áreas dos lagos com áreas das bacias de drenagens. Isto se deve ao fato de um lago com uma bacia de drenagem extensa receber um volume da água maior que um lago com uma bacia de drenagem relativamente menor.

Quando se relaciona valores de profundidade e áreas dos lagos e bacias, ocorre um padrão linear inverso. Isso pode ser atribuído à maior quantidade de sedimentos acumulados nos lagos que recebem maior fluxo fluvial, preenchendo o espaço de acomodação gerado pela barragem e, assim, reduzindo a sua profundidade. O lago Palminhas apresenta-se anômalo com relação a este aspecto, pois deveria ser o mais profundo, considerando sua área e a área de sua bacia de drenagem menores que os outros lagos do sistema. Pode-se cogitar que o encaixamento do vale fluvial Palminhas anteriormente à barragem dos lagos já era menor que aqueles dos lagos adjacentes, não podendo ser descartado um controle tectônico associado a estruturas NW (evento de transcorrência dextral pleistocênico). A comprovação desta hipótese dependeria de levantamentos sísmicos que atingissem a base dos sedimentos fluviais anteriores à sedimentação lacustre.

A lagoa Palmas apresenta uma maior espessura relativa de sedimentos lacustres, o que pode ser devido a uma maior produção sedimentar a montante por estar localizado em um compartimento geomorfologicamente mais dissecado.

Com base nos resultados apresentados pode-se dizer que a morfologia e a barragem dos lagos internos do baixo vale do Rio Doce podem ser associadas a ações tectônicas que ocorreram na região durante o período de formação e desenvolvimento dos lagos. Há, no entanto, a necessidade de aprofundamento nos levantamentos sísmicos e estruturais na região.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B.B. & FUCK, R.A. 1977. *Províncias Estruturais Brasileiras*. In: Simp. Geol. Nordeste, 7. SBG. Campina Grande- PB.p.366-391.
- BANDEIRA JR., A. N.; PETRI, S. & SUGUIO, K. 1975. *Delta do Rio Doce* (relatório final). Rel. Int. do cenpes, Petrobras, Rio de Janeiro.
- CPRM. SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL. 2003. Base de dados do livro Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CD-Rom.
- FERRARI, A. L.; MELO E. F; VAZ, M.A.A.;DALCOMO, M. T.; BRENNER, T.L.; SILVA,V. P. & NASSAR, W. M. 1981. Projeto Carta Geológica do Rio de Janeiro-Bloco Campos-In; *Relatório Técnico, Vol I-DRM-Geomitec. Geologia e Mineração Trabalhos Técnicos Ltda. 172p.*
- FERREIRA, E. B. Z. S. 2008. *Investigação sismoestratigráfica e morfologia de fundo da Lagoa Nova (sistema de lagos barrados do baixo vale do rio doce, Linhares (ES)*. Depto de Geologia, IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Graduação, 54p).
- FONTES, M. A. L. 1999. *Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais*. Scientia Forestalis, (55), p.79-87.
- GONTIJO, A. H. F. 1999. *Morfotectonica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estado de São Paulo e Rio de Janeiro*. Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Tese de Doutorado, 259 p.
- IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Link Download, geociências. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/default.php> > Acesso em: 30 abr. 2008.
- HASUI, Y. 1990. *Neotectonica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil*. In SBG/MG, Workshop sobre Neotectonica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro, 1, Belo Horizonte, Boletim SBG/MG, **11**:11-31.
- HATUSHIKA, R.S. 2005. *Investigação Sismoestratigráfica do lago Juparanã Baixo Curso do Rio Doce, Linhares (ES)*. Depto. Geologia, IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Graduação, 84p.

- HATUSHIKA, R.S.; MELLO, C.L.; SILVA, C.G.; COSTA, R.V.C. 2005. *Evidências de atuação neotectônica na formação do lago Juparanã - Linhares (ES)*. In: X CONGRESSO DA ABEQUA (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário), Guarapari, 2005. *Anais do X Congresso da Abequa*. CD-ROM.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J. M. 1993. Brasil. *As Flutuações do Nível do Mar Durante o Quaternário Superior e a Evolução Geológica de "Deltas" Brasileiros*. Boletim IG-USP, Publicação Especial, 15: 186p.
- MARTIN, L; SUGUIO, K; DOMINGUEZ, J.M.L. & FLEXOR, J.M. (1997). *Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. Belo Horizonte, CPRM. 112 p.
- MELLO, C.L. 1997. *Sedimentação e Tectônica Cenozóica no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas Implicações na Evolução de um Sistema de Lagos*. São Paulo. 275 p (Tese de Doutorado, IG/USP).
- MORAIS, R.M.O. *Sistemas Fluviais Terciários na Área Emersa da Bacia do Espírito Santo (formações Rio Doce e Barreiras*. Programa de Pósgraduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 139p).
- PEIXOTO, A.L. & GENTRY, A. 1990. *Diversidade e composição florística da mata de tabuleiro na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil)*. *Revista Brasileira de Botânica*, **13**:19-25.
- RADAMBRASIL. 1987. *Levantamento de recursos naturais. Programa de integração nacional:Folha SE. 24 Rio Doce. Espírito Santo, IBGE, Vol 34. 544p*.
- RICCOMINI, C. 1989. *O Rifte Continental do Sudeste do Brasil*. São Paulo. 256 p. (Tese de Doutorado, IG/USP).
- SAADI, A. 1990. *Um "rift" neo-cenozoico na região de São João Del Rei –MG, borda sul do cráton São Francisco*, In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTONICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZOICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1, Belo Horizonte, 1990. SBG/ Núcleo MG, Boletim SBG/MG, **11**,:63-79.
- SALVADOR, E.D. & RICCOMINI, C. 1995. *Neotectonica da Região do Auto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil)*.R. bras. Geoc. **25**(3): 151-164.
- SILVA, J.M.R.; LIMA, M.I.C.; VERONENSE, V.F.; RIBEIRO JUNIOR, R.M.; ROCGA, R.M. & SILVA JUNIOR, O. 1987. *Levantamentos de recursos naturais*. Rio de Janeiro, FIBGE. V. 34 p. 23-152, folha SE 24, Rio Doce.

- VIEIRA, R.A.B.; MENDES, M.P.; VIEIRA, P.E.; COSTA, L.A.R.; TAGLIARI, C.V.; BACELAR, A.P. & FEIJO, F.J, 1994. Bacia do Espírito Santo e Mucuri. Boletim de Geociência da Petrobras, Rio de Janeiro, **8**(1): 191- 202, Jan./Mar.
- SUGUIO, K. & KOHLER, H.C. 1992. *Quaternary Barred Lake Systems of the Doce River (Brazil)*. *An. Acad. Bras. Ci.*, 64(2): 183-191.
- TULLER, M. P. 1993. Brasil. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Colatina. Folha SE. 24-Y-C-VI*. Brasília, DNPM/CPRM, 176p.