

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,**  
**MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE VARIAÇÃO DAS**  
**ÁREAS DE LAGOS DO ALTO VALE DO RIO**  
**DOCE/MG**

**Ciro Lótfi Vaz**

**Belo Horizonte**

**2014**

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE VARIAÇÃO DAS ÁREAS  
DE LAGOS DO ALTO VALE DO RIO DOCE/MG**

**Ciro Lótfi Vaz**

**Ciro Lótfi Vaz**

# **ANÁLISE DA DINÂMICA DE VARIAÇÃO DAS ÁREAS DE LAGOS DO ALTO VALE DO RIO DOCE/MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Linha de pesquisa: Avaliação e gerenciamento de impactos e de riscos ambientais.

Orientador: Márcio Benedito Baptista.

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2014

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do  
Programa

## AGRADECIMENTOS

À Deus, ao Patriarca São José, à Virgem Mãe, à Jesus Cristo e à Mestre Irineu Serra.

Aos meus familiares, especialmente à mãe Germana, à pai Fafá e meu maninho Samir pela confiança.

À toda irmandade da Flor de Jagube.

Aos irmãos do Centro Espírita Obras de Caridades Príncipe Espadarte – Barquinha, Niterói/RJ, em especial ao Vô Guzmão.

Ao meu orientador Márcio Baptista pelo auxílio, colaboração e paciência.

Ao professor Paulo de Tarso Castro pelo apoio e solicitude.

Aos amigos Carol Faria, Thiago Vieira, Danilo Marques, Daniel Oliveira e Rafaela Senna pela ajuda oferecida em conversas, dicas, técnicas e revisão.

Ao professor Philippe Maillard do laboratório de Geociências da UFMG.

Ao professor José Fernandes e aos pesquisadores Laura Cagliari e Nelson Mello do laboratório de Ecologia Aquática da UFMG.

À Roosevelt de Paula Almado da Acellor Mittal.

À Adriana Sales e toda a equipe da COBRAPE.

## RESUMO

O sistema de lagos naturais do alto vale do rio Doce é mundialmente reconhecido por suas características paisagísticas e ambientais. A singularidade de fatores de ordem estrutural associados à sua gênese e permanência, a inserção em uma área detentora de uma rica e extensa biodiversidade e os vários usos antrópicos destes ambientes, reforçam a necessidade de produção de maior conhecimento acerca dos elementos que atuam em sua preservação e degradação. A partir de técnicas de sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e análises estatísticas fez-se uma análise exploratória acerca da influência de fatores de uso e cobertura do solo, climáticos, morfométricos e morfológicos sobre a variação, ao longo de um período de vinte cinco anos (1985-2010), das áreas de um conjunto de lagos do alto vale do rio Doce. Os resultados obtidos demonstraram não haver relação entre as transformações no uso e cobertura do solo e a diminuição das áreas dos espelhos d'água, não sendo possível indicar atividades que representem riscos à manutenção hidrológica dos ambientes aquáticos investigados. Em relação à influência das variáveis climáticas, os modelos de regressão linear efetuados mostraram-se mais expressivos diante das relações entre a variação das áreas dos lagos e a precipitação acumulada ao longo do ano e a evaporação acumulada de quinze dias. Os resultados das análises estatísticas relacionadas à morfometria das bacias de drenagem e à morfologia dos lagos não indicaram relação entre o comportamento hidrológico do sistema de lagos naturais do rio Doce, expresso através da variação das áreas de seus espelhos d'água, e à forma das bacias, nem quanto à forma dos lagos.

## ABSTRACT

The system of natural lakes in the upper Doce river valley is recognized worldwide due to its landscaping and environmental features. The uniqueness of structural factors associated with its genesis and permanence, its insertion in an area bearing a rich and vast biodiversity and the various anthropical uses of these environments, reinforce the demand to develop further knowledge about the elements that act in its preservation and degradation. Remote sensing techniques, digital image processing and statistical analysis were used aiming to analyze the influence of usage and land cover factors, climatic, morphometric and morphologic on the variation of areas of a set of lakes in the upper Doce river valley throughout a period of 25 years (1985-2010). The outcomes showed no relationship between transformations on land-use and land-cover and the decrease of the layer of water, and for that reason it is not possible to point out activities that pose risks to the maintenance of the investigated aquatic environments. Regarding the influence of climate variables, the performed linear regression models proved to be more expressive concerning the relationships between changes in the areas of the lakes and the accumulated precipitation throughout the year and the accumulated evaporation within fifteen days. The results coming out from the statistical analysis of the morphometry of the drainage basins and the morphology of the lakes indicated that there was not any relationship between the hydrological behavior of the system of natural lakes of the Doce river, evidenced neither by the variation of the areas of its layer of water and the form of the basins nor by the form of the lakes.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE TABELAS .....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	X
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 CONTEXTO E JUSTIFICATIVAS.....</b>	<b>4</b>
<b>3 OBJETIVOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>6</b>
3.1 <i>OBJETIVO GERAL</i> .....	6
3.2 <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> .....	6
3.3 <i>ETAPAS METODOLÓGICAS</i> .....	6
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>8</b>
4.1 <i>LAGOS TROPICAIS</i> .....	8
4.1.1 <i>Tipologia e Morfologia de Lagos</i> .....	9
4.1.2 <i>Origem e Evolução dos Lagos do Alto Rio Doce/MG</i> .....	12
4.1.3 <i>Diminuição da Área e Desaparecimento de Lagos</i> .....	14
4.1.4 <i>Morfometria de Bacias Hidrográficas</i> .....	15
4.2 <i>SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA</i> .....	18
4.2.1 <i>Sistemas de Informação Geográfica e Recursos Hídricos</i> .....	19
4.2.2 <i>Sensoriamento Remoto</i> .....	20
4.3 <i>CICLO HIDROLÓGICO</i> .....	24
4.3.1 <i>Bacia Hidrográfica como Sistema Hidrológico</i> .....	26
4.3.2 <i>Balanço Hídrico e etapas do ciclo hidrológico</i> .....	29
4.3.2.1 <i>Precipitação</i> .....	30
4.3.2.2 <i>Infiltração e escoamento subsuperficial</i> .....	32
4.3.2.3 <i>Evaporação</i> .....	35
4.3.2.4 <i>Escoamento Superficial</i> .....	38
4.4 <i>REGRESSÃO LINEAR</i> .....	39
4.5 <i>ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS</i> .....	43
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
5.1 <i>ÁREA DE ESTUDO</i> .....	45
5.1.1 <i>Clima</i> .....	50
5.1.2 <i>Geologia</i> .....	52
5.1.3 <i>Geomorfologia</i> .....	54
5.1.4 <i>Pedologia</i> .....	58

5.2	<i>PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS</i> .....	60
5.2.1	<i>Avaliação das Áreas dos Lagos</i> .....	60
5.2.2	<i>Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo do Alto Rio Doce</i> .....	64
5.2.3	<i>Análise das Transformações de Uso e Cobertura do Solo</i> .....	66
5.3	<i>COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS CLIMÁTICOS</i> .....	67
5.4	<i>SISTEMATIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES MORFOMÉTRICAS E MORFOLÓGICAS</i> .....	68
5.5	<i>ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS DAS TRANSFORMAÇÕES DE USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE AS VARIÇÕES DAS ÁREAS DOS LAGOS</i> .....	70
5.6	<i>ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS CLIMÁTICAS SOBRE AS VARIÇÕES DAS ÁREAS DOS LAGOS</i> .....	70
5.7	<i>ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E MORFOLÓGICAS SOBRE AS VARIÇÕES DAS ÁREAS DOS LAGOS</i> .....	71
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>73</b>
6.1	<i>CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE</i> .....	73
6.1.1	<i>Dinâmica de Variação das Áreas dos Lagos</i> .....	73
6.1.2	<i>Uso e Cobertura do Solo</i> .....	77
6.1.3	<i>Evolução do Uso e Cobertura do Solo</i> .....	81
6.2	<i>VARIÁVEIS CLIMÁTICAS</i> .....	85
6.3	<i>INFORMAÇÕES MORFOMÉTRICAS E MORFOLÓGICAS</i> .....	91
6.4	<i>EVOLUÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO E VARIÇÕES NAS ÁREAS DOS LAGOS</i> .....	95
6.5	<i>REGRESSÃO LINEAR ENTRE AS ÁREAS DOS LAGOS E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS</i> .....	98
6.6	<i>AGRUPAMENTO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E MORFOLÓGICAS E INFLUÊNCIA SOBRE A DINÂMICA DE VARIAÇÃO DAS ÁREAS DOS LAGOS</i> .....	104
<b>7</b>	<b>DISCUSSÕES</b> .....	<b>110</b>
7.1	<i>INFLUÊNCIA DA EVOLUÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE A DINÂMICA DE VARIAÇÃO DAS ÁREAS DOS LAGOS</i> .....	110
7.2	<i>INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS SOBRE A DINÂMICA DE VARIAÇÃO DAS ÁREAS DOS LAGOS</i> .....	111
7.3	<i>INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E MORFOLÓGICAS SOBRE A VARIAÇÃO DAS ÁREAS DOS LAGOS</i> .....	112
7.4	<i>CONDICIONANTES FISIográficos INFLUENTES SOBRE O COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DOS LAGOS DO ALTO VALE DO RIO DOCE</i> .....	113
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>115</b>
<b>9</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>117</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>119</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>125</b>
	<i>APÊNDICE A – ÁREA DOS LAGOS - ESTAÇÕES HIDROLÓGICAS SECA E ÚMIDA</i> .....	125

APÊNDICE B – USOS E COBERTURAS DO SOLO - LAGOS SITUADOS FORA DOS LIMITES TERRITORIAIS DO PARQUE DO RIO DOCE.....	161
APÊNDICE C – VALORES DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA EM DIFERENTES MOMENTOS TEMPORAIS PARA TODAS AS BACIAS DE DRENAGEM DOS LAGOS ANALISADOS.....	178
APÊNDICE D – MAPAS BATIMÉTRICOS: LAGO VERDE, LAGO SANTA HELENA, LAGO SILVANA, LAGO PATOS, LAGO DOM HELVÉCIO, LAGO CARIOCA E LAGO AGUAPÉ.....	196

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Procedimentos Metodológicos .....	7
Figura 4.1 – Transformação de dado em informação através de sistema de informação geográfica .....	19
Figura 4.2 – Comportamento espectral diferenciado do solo, vegetação e água .....	21
Figura 4.3 – Estágios de processamento de imagens .....	22
Figura 4.4 – Ciclo hidrológico.....	24
Figura 4.5 – Fluxograma de representação do ciclo hidrológico global .....	27
Figura 4.6 – Bacia hidrográfica como sistema hidrológico .....	28
Figura 4.7 – Método dos polígonos de Thiessen para o cálculo da precipitação média sobre uma bacia hidrográfica .....	31
Figura 4.8 – Método das isoietas para o cálculo da precipitação média sobre uma bacia hidrográfica.....	31
Figura 4.9 – Gráfico de dispersão e da reta de regressão do modelo linear, referentes à relação entre a avaliação de desempenho de trabalhadores no meio e no final do ano.....	40
Figura 4.10 – Componentes de Y na reta de regressão linear.....	41
Figura 5.1 – Área de estudo.....	46
Figura 5.2 – Sistema de lagos do alto rio Doce/MG .....	48
Figura 5.3 – Uso e cobertura do solo do alto vale do rio Doce/MG - 2010 .....	49
Figura 5.4 – Balanço Hídrico.....	51
Figura 5.5 – Mapa geológico.....	53
Figura 5.6 – Mapa hipsométrico .....	55
Figura 5.7 – Mapa Pedológico .....	59
Figura 5.8 – Lagos Analisados .....	62
Figura 6.1 – Uso e cobertura do solo: 1985 .....	78
Figura 6.2 – Uso e cobertura do solo: 2010 .....	80
Figura 6.3 – Uso e cobertura do solo: 1985 - 2010 .....	82
Figura 6.4 – Transformação de áreas anteriormente ocupadas por pastos para outros usos do solo (1985 – 2010).....	84
Figura 6.5 – <i>Score Plot</i> da ACP dos lagos analisados.....	104
Figura 6.6 – <i>Loading Plot</i> da ACP dos lagos analisados .....	105

Figura 6.7 – <i>Score Plot</i> da ACP dos lagos com maior coeficiente de variação.....	105
Figura 6.8 – <i>Loading Plot</i> da ACP dos lagos com maior coeficiente de variação ....	106
Figura 6.9 – <i>Score Plot</i> da ACP dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de determinação nos modelos de regressão linear para precipitação acumulada de quinze dias.....	106
Figura 6.10 – <i>Loading Plot</i> da ACP dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de determinação nos modelos de regressão linear para precipitação acumulada de quinze dias.....	107
Figura 6.11 – <i>Score Plot</i> da ACP dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de determinação nos modelos de regressão linear para precipitação acumulada de trezentos e sessenta dias.....	107
Figura 6.12 – <i>Loading Plot</i> da ACP dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de determinação nos modelos de regressão linear para precipitação acumulada de trezentos e sessenta dias .....	108

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Forma do Lago.....	10
Tabela 5.1 – Datas de aquisição das imagens de satélite Landsat TM-5.....	61
Tabela 5.2 – Lagos Analisados.....	63
Tabela 5.3 – Chave de Interpretação utilizada para classificação das imagens de satélite .....	66
Tabela 5.4 – Estações climáticas .....	67
Tabela 6.1 – Áreas dos Lagos: Média e Coeficiente de Variação .....	74
Tabela 6.2 – Uso e cobertura do solo: 1985 .....	79
Tabela 6.3 – Uso e cobertura do solo: 2010 .....	81
Tabela 6.4 – Taxas de crescimento do uso e cobertura do solo no período analisado .....	81
Tabela 6.5 – Uso e cobertura do solo: 1985 - 2010 .....	82
Tabela 6.6 – Transformação de áreas anteriormente ocupadas por pastos para outros usos do solo (1985 – 2010).....	85
Tabela 6.7 – Evaporação acumulada .....	86
Tabela 6.8 – Precipitação acumulada média .....	88
Tabela 6.9 – Balanço hídrico .....	90
Tabela 6.10 – Informações morfométricas e morfológicas .....	92
Tabela 6.11– Uso e cobertura do solo e área dos lagos: 1985 - 2010.....	96
Tabela 6.12 – Crescimento do uso e cobertura do solo e área dos lagos: 1985 - 2010 .....	97
Tabela 6.13 – Regressão linear: precipitação acumulada e áreas dos lagos - estação seca.....	99
Tabela 6.14 – Regressão linear: precipitação acumulada e áreas dos lagos - estação chuvosa.....	100
Tabela 6.15 – Regressão linear: evaporação acumulada e áreas dos lagos - estação seca.....	101
Tabela 6.16 – Regressão linear: evaporação acumulada e áreas dos lagos - estação chuvosa.....	102
Tabela 6.17 – Forma de cavidade e coeficiente de variação das áreas dos lagos..	108

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

PERD - Parque Estadual do Rio Doce

SWAT - Soil And Water Assessment Tool

SFWMD - South Florida Water Management District

ACP - Análise das Componentes Principais

TM - Thematic Mapper

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

SRTM- Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)

# 1 INTRODUÇÃO

Os lagos são sistemas ambientais dotados de importante papel em questões ecológicas, além de constituírem-se em valiosos recursos aos seres humanos. Nas últimas décadas, no entanto, lagos espalhados pelo mundo estão passando por alterações em sua constituição, causadas pela combinação do impacto de mudanças climáticas e pressões antrópicas (ARIZTEGUI *et al.*, 2010; COE; FOLEY, 2001; SCHINDLER, 2001; HAMPTON *et al.*, 2008;). Essas mudanças podem afetar significativamente a disponibilidade de água doce, além de representarem riscos à integridade de muitas espécies.

Os impactos ambientais deflagrados sobre lagos naturais podem ocasionar e intensificar processos de assoreamento, incidindo na diminuição das áreas dos espelhos d'água e até mesmo no desaparecimento de ambientes lacustres.

O sistema de lagos naturais do alto vale do rio Doce é composto por mais de cem lagos, das mais variáveis dimensões, sendo a região mundialmente reconhecida, diante de sua singularidade paisagística e ambiental.

Muito dos lagos da região situam-se dentro dos limites de uma das maiores reservas de mata atlântica do Brasil, o Parque Estadual do Rio Doce (PERD), tendo, portanto, suas bacias de contribuição ocupadas pela densa floresta. Todavia, grande parte dos lagos situados fora desta unidade de conservação tiveram sua vegetação circundante nativa devastada. Desde 1950 estas áreas têm passado por intervenções antrópicas, a começar pela produção de carvão vegetal para abastecer usinas siderúrgicas. Hoje essas áreas são ocupadas por extensas plantações de eucalipto.

Esta dissertação busca, a partir de um estudo de caso realizado na região do alto vale do rio Doce, analisar a dinâmica de variação das áreas de um conjunto de lagos naturais, ao longo de um período de 25 anos. Nesse sentido a investigação explora o comportamento hidrológico dos ambientes lacustres da área de estudo, refletido através da variação das áreas de seus espelhos d'água, através do exame de fatores de ordem antrópica, climática, morfométrica e morfológica.

A dissertação inclui, além desta introdução, oito capítulos e apêndices dispostos ao final do documento, com o objetivo de complementar as informações. No Capítulo 2, *Contexto e Justificativas*, são feitas considerações sobre a pertinência do presente estudo. No Capítulo 3, *Objetivos e Procedimentos Metodológicos*, são definidos os objetivos geral e específicos da pesquisa, assim como a metodologia proposta para o trabalho que conduziu a dissertação.

O Capítulo 4, *Revisão da Literatura*, apresenta o estado da arte relativo ao tema da pesquisa, apresentando questões fundamentais para o seu embasamento teórico-metodológico. Nesse sentido, abordam-se tipologias e morfologia de lagos e os processos associados à suas origens e desaparecimento, as principais interpretações acerca do surgimento do distrito de lagos do alto rio Doce, morfometria de bacias hidrográficas, sistemas de informação geográfica e o sensoriamento remoto, ciclo hidrológico, regressão linear e análise das componentes principais.

No capítulo 5, *Material e Métodos*, uma caracterização da área de estudo é apresentada, sendo em seguida abordadas todas as etapas de elaboração da pesquisa, a saber: processamento digital de imagens; coleta e tratamentos dos dados climáticos; sistematização de informações morfométricas e morfológicas; análise das influências das transformações de uso e cobertura do solo sobre as variações das áreas dos lagos; análise das influências climáticas sobre as variações das áreas dos lagos; e análise das influências morfométricas e morfológicas sobre as variações das áreas dos lagos.

O Capítulo 6, *Resultados*, apresenta os resultados alcançados com o processamento digital das imagens de satélite, além de apresentar as informações climáticas, morfométricas e morfológicas produzidas para a área de estudo. Os resultados referentes às influências da evolução do uso e cobertura do solo, das variáveis climáticas assim como da morfometria das bacias de drenagem e morfologia dos lagos em estudo sobre a variação das áreas dos lagos do alto rio Doce são também apresentadas.

O Capítulo 7, *Discussões*, busca, à luz dos resultados obtidos e das características fisiográficas da área de estudo, discutir os fatores relacionados à dinâmica de variação das áreas dos lagos do alto rio Doce.

Por fim, no Capítulo 8, *Conclusões*, são apresentadas as principais conclusões derivadas dos resultados apresentados nesta pesquisa, enquanto que no Capítulo 9, *Recomendações*,

apresentam-se recomendações para pesquisas subsequentes, que tenham como objeto de estudo análises hidrológicas dos lagos naturais do alto vale do rio Doce.

## 2 CONTEXTO E JUSTIFICATIVAS

A determinação das causas e características das transformações observadas nos sistemas lacustres é condição primária para a adoção de medidas de conservação e restauração destes ambientes aquáticos.

Os lagos naturais da região do alto vale do rio Doce possuem grande valor paisagístico e ambiental. A singularidade de fatores de ordem estrutural associados à sua gênese e permanência, a inserção em uma área detentora de uma rica e extensa biodiversidade e os vários usos antrópicos destes ambientes, como recreação, pesca e abastecimento de água, reforçam a necessidade de produção de maiores conhecimentos acerca dos elementos que atuam em sua preservação e degradação.

O distrito de lagos do alto vale do rio Doce já foi amplamente investigado, principalmente sob o ponto de vista geológico e geomorfológico (PFLUG, 1969; MEIS, 1977; MEIS; MACHADO, 1978; MEIS; MONTEIRO, 1979; BARBOSA; KOHLER, 1981; MELLO, 1997; SARGES, 2002; FARIA, 2013; PERÔNICO, 2009; entre outros), e limnológico (BARBOSA *et al.*, 1982; IKUSIMA; GENTIL, 1985; HENRY *et al.* 1987; HENRY; BARBOSA, 1989; IBÁÑEZ, 1989; TUNDISI; SAIJO, 1997; entre outros).

Diversos autores apontam a prevalência de fatores de ordem estrutural sobre a origem e permanência dos lagos da região do alto vale do rio Doce (BARBOSA; KOHLER, 1981; SAADI, 1991; SUGUIO; KOHLER, 1992; MELLO, 1997; SARGES, 2002;).

Barbosa e Kohler (1981) excluem a possibilidade de que as águas dos lagos do Parque Estadual do Rio Doce poderiam ter sido acumuladas dentro dos níveis de precipitação atual, sendo que, segundo os autores, os lagos acumulam “água fóssil”. Perônico e Castro (2008) demonstraram que os processos de colmatção dos lagos foram naturais, ou seja, não houve influência antrópica em testemunhos dos sedimentos dos lagos assoreados, na qual não se verificou indícios de pólen de natureza exótica, tais como gramíneas e eucalipto.

Todavia, apesar da existência de estudos que façam alusão à relativa estabilidade dos lagos face à influência climática atual e a fatores de ordem antrópica, existe uma grande lacuna referente a pesquisas hidrológicas dos ambientes lacustres do alto vale do rio Doce.

No presente estudo, considera-se que a análise da dinâmica de variação das áreas dos lagos da região do alto vale do rio Doce, em um período de 25 anos, pode ajudar a deslindar aspectos referentes ao comportamento hidrológico desse distrito de lagos naturais.

Através de análises acerca das possíveis influências das transformações dos usos e coberturas do solo, de variáveis climáticas, da morfometria das bacias hidrográficas e da morfologia dos lagos sobre a dinâmica de variação das áreas dos lagos investigados, objetiva-se avançar no entendimento da susceptibilidade desses ambientes a tais pressões.

Considera-se, portanto, que o presente estudo assume fundamental importância no avanço do conhecimento científico sobre esse distrito de lagos naturais, assim como para a sua conservação e gestão ambiental.

## **3 OBJETIVOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **3.1 *Objetivo Geral***

O objetivo geral da pesquisa é realizar uma análise exploratória acerca da possível influência de fatores de uso e cobertura do solo, climáticos, morfométricos e morfológicos sobre a variação, ao longo de um período de 25 anos (1985-2010), das áreas de um conjunto de lagos do alto vale do rio Doce.

### **3.2 *Objetivos Específicos***

O desenvolvimento do projeto está relacionado a objetivos específicos, a saber:

- Avaliar as áreas de um conjunto de lagos do alto vale do rio Doce ao longo de 25 anos (1985-2010), para períodos de estação seca e chuvosa;
- Classificar os diferentes usos e coberturas do solo na área de estudo e analisar as mudanças verificadas ao longo do período analisado;
- Sistematizar informações morfométricas e morfológicas sobre as bacias de drenagem e sobre os lagos da área de estudo;

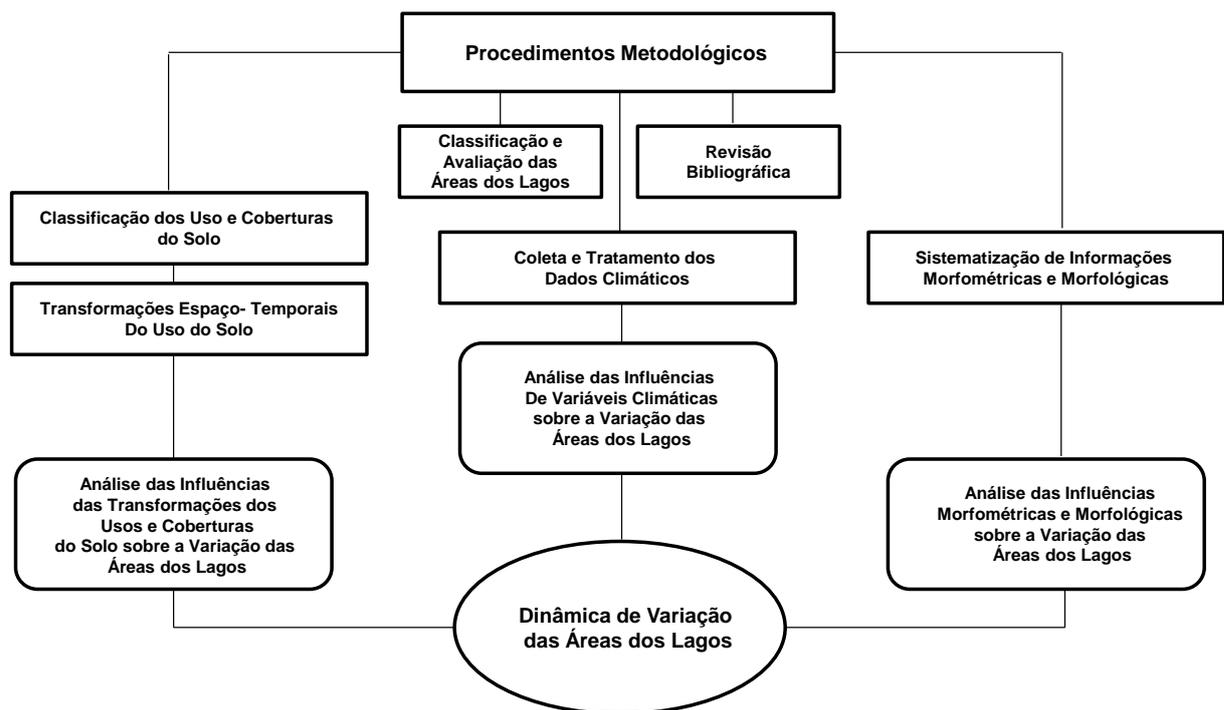
### **3.3 *Etapas Metodológicas***

A realização desses objetivos foi feita através das seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica;
- Classificação e avaliação das áreas dos lagos;
- Classificação dos diferentes usos e coberturas do solo na área de estudo e análise das mudanças verificadas;
- Coleta, tratamento e análise dos dados climáticos;
- Sistematização de informações morfológicas e morfométricas acerca dos lagos e das suas respectivas bacias de drenagem;

- Análise das influências das transformações no uso e cobertura do solo sobre as variações das áreas dos lagos;
- Análise das influências climáticas sobre as variações das áreas dos lagos;
- Análise das influências morfométricas e morfológicas sobre a variação das áreas dos lagos.

O fluxograma da Figura 3.1 apresenta a estrutura da metodologia utilizada na pesquisa.



**Figura 3.1 – Procedimentos Metodológicos**

## **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo é realizada uma revisão bibliográfica contendo temas fundamentais para o embasamento teórico-metodológico da presente pesquisa, assim como estudos já realizados em temáticas relacionadas às questões tratadas ao longo deste projeto.

Sendo assim, são abordadas as tipologias e morfologia de lagos e os processos associados às suas origens e desaparecimento, assim como as principais interpretações acerca do surgimento do distrito de lagos do alto rio Doce.

A morfometria de bacias hidrográficas também merece destaque, assim como os Sistemas de Informação Geográfica e o sensoriamento remoto, com destaque para a interface desses instrumentos com análises em recursos hídricos.

O ciclo hidrológico também será contemplado, com referência às suas etapas constitutivas, a relação com as bacias hidrográficas e o balanço hídrico.

Por fim, serão abordados temas relacionados às análises estatísticas utilizadas nesta pesquisa, sendo a regressão linear e análise dos componentes principais.

### **4.1 *Lagos Tropicais***

Os lagos são ambientes naturais de corpos d'água interiores, sem comunicação direta com o mar, tendo suas águas baixo teor de íons dissolvidos em comparação com as águas oceânicas (ESTEVEES, 2011).

Tendo vista a singularidade de características ecológicas, é comum, em limnologia, utilizar-se uma divisão dos ambientes aquáticos em três compartimentos: região litorânea, região limnética ou pelágica e região profunda. A região litorânea refere-se ao compartimento do lago que está diretamente em contato com o ecossistema terrestre adjacente, correspondendo a uma região de transição entre o ecossistema terrestre e o lacustre. Entre as regiões litorânea e profunda situa-se a região limnética, com comunidades aquáticas basicamente formadas por plâncton e nécton. Por fim, a região profunda é caracterizada pela não penetração da luz e pela dependência da produção de matéria orgânica pelas regiões litorânea e limnética (ESTEVEES, 2011).

A origem dos lagos pode estar associada a processos tectônicos, antrópicos, climáticos e geomorfológicos, formando feições de morfologia e características diversificadas.

#### 4.1.1 Tipologia e Morfologia de Lagos

Segundo Sperling (1999) a Morfologia de Lagos busca compreender as relações existentes entre a forma dos ambientes aquáticos e as características físicas, químicas e biológicas de seus respectivos ecossistemas. A configuração morfológica influencia os compartimentos dos lagos, na medida em que regulam fatores abióticos como a penetração dos raios solares, a atuação dos ventos e o aporte de escoamento superficial e materiais sedimentares (SPERLING, 2009). Esses fatores, representados pelos parâmetros morfométricos, determinam a localização e distribuição da biota aquática e dos compostos químicos, além de indicarem a susceptibilidade desses ambientes a pressões ambientais e antrópicas.

O fator de envolvimento é um parâmetro que expressa a relação existente entre a área da bacia de drenagem em relação a áreas do lago. Esse parâmetro indica a suscetibilidade do ambiente ao aporte sedimentar e conseqüentemente ao assoreamento, assim como a maior ou menor afluência de águas provenientes do escoamento superficial para o ambiente lacustre.

O desenvolvimento do perímetro ( $Dp$ ) de um lago representa o grau de sinuosidade das margens do ambiente aquático, sendo calculado a partir da seguinte fórmula:

$$Dp = 0,28 * \left( \text{Perímetro do lago} \div \sqrt{\text{Área do Lago}} \right) \quad (1)$$

A forma de cavidade do lago expressa a relação entre a profundidade, área e volume de um lago. Adotou-se nessa pesquisa uma proposição para designação da forma da bacia de um lago conforme Straskraba e Gnauck (1982) *apud* Sperling (1999):

$$F = 6 * Z_{Médio} / Z_{máx} - 3 \quad (2)$$

Sendo:

$F$ : Forma do Lago

$Z_{Médio}$  = Profundidade Média = volume/área

$Z_{máx}$  = Profundidade Máxima

Segundo Sperling (1999), conforme o valor de  $F$  a forma do lago é designada por (Tabela 4.1):

<b>F</b>	<b>Forma</b>
-1	cônica
entre -1 e 0	senoidal
0	parabólica
entre 0 e 1	hiperbólica
1	elíptica

Adaptado de Sperling (2009)

Lagos com forma mais próximas à elíptica tenderiam a apresentar áreas relacionadas à região litorânea mais extensas, tendendo a serem menos profundos, enquanto que os ambientes lacustres com forma de estrutura mais cônica tendem a serem mais profundos, com regiões litorâneas menos extensas.

O termo distrito de lagos se refere a um conjunto de lagos de determinada região que se vinculam a uma origem em comum e possuem características gerais semelhantes (HUTCHINSON, 1975). A origem de um dado distrito de lagos pode estar associada à dinâmica do modelado superficial, sendo classificado como de gênese exógena, ou ainda a fatores tectônicos, de origem endógena. A seguir segue uma breve explanação sobre algumas dessas tipologias.

➤ *Lagos associados à dinâmica fluvial*

Muitos lagos têm sua origem associada a processos erosivos e sedimentares constituintes da dinâmica fluvial. Uma das formas mais comuns de lagos associados à dinâmica fluvial são os lagos formados em planícies aluviais.

Segundo Castro (2001) em períodos de elevada precipitação o transbordamento das águas do canal de um rio em depressões topográficas pode levar à inundação e formação de lagos de pequena profundidade e com permanência geralmente curta.

O meandramento é um termo utilizado para expressar o processo de divagação de um curso d'água ao longo de seu próprio leito. Muitas vezes a dinâmica fluvial incide no corte e isolamento de meandros, na medida em que, por ocasião de chuvas intensas ou deposição de

material sedimentar, o rio encontra um caminho mais favorável para o transporte de seu próprio fluxo. Esse tipo de processo é responsável pela formação de lagos, que se dispõem no colo dos antigos meandros fluviais.

Os lagos de barramento se formam a partir de processos de intenso transporte e deposição de material sedimentar pelo rio em seu próprio leito, o qual se eleva topograficamente, levando ao represamento dos afluentes fluviais, que formam ambientes lacustres. Os lagos de barramento são normalmente localizados junto a encostas montanhosas íngremes, estando associados à ocorrência de fluxos de detritos em regiões de contexto árido e semiárido que podem vir a entulhar ravinas e drenagens, obstruindo assim o caminho natural da água e gerando corpos d'água (CASTRO, 2001).

Segundo Hutchinson (1975) ambientes lacustres podem ainda ser formados à jusante de antigos trechos encachoeirados de cursos d'água, onde se dá o processo de escavação do leito fluvial conhecido como evorsão.

➤ *Lagos de origem cárstica*

Os lagos de origem cárstica são associados à ação das águas em rochas solúveis como os calcários. A movimentação das águas subterrâneas pode levar ao entulhamento e colapso do teto de cavernas, formando depressões e formações como as dolinas. Esse ambientes passam a compor corpos d'água que, segundo Castro (2001), tendem a ser de baixa profundidade.

➤ *Lagos de origem antrópica*

O represamento dos rios é outro processo de gênese de lagos, estando atrelado ao atendimento de usos antrópicos como o abastecimento de água, obtenção de energia elétrica, recreação, entre outros.

➤ *Lagos de origem tectônica*

Os lagos de origem tectônica são associados aos processos de movimentação diferencial da crosta terrestre, podendo surgir a partir de isolamento de grandes massas de água em decorrência de movimentos epirogenéticos (ESTEVEZ, 2011) ou a partir de dobramentos e falhas no relevo (CASTRO, 2001).

#### **4.1.2 Origem e Evolução dos Lagos do Alto Rio Doce/MG**

Os processos associados à origem e evolução dos lagos do alto rio Doce têm sido objeto de estudo e investigação por parte de vários pesquisadores, com destaque para abordagens afeitas a perspectivas geomorfológicas e geológicas. De modo geral, assume-se que os lagos teriam se originado a partir do barramento de cursos d'água que anteriormente eram afluentes do Rio Doce, através do excesso de deposição de carga sedimentar na desembocadura de tais antigos tributários. Todavia, existem divergências acerca da idade de formação desses ambientes e dos fatores causadores desse processo, havendo uma corrente que os associa a questões paleoclimáticas e outra que defende a condicionante tectônica.

O interesse geomorfológico acerca da origem dos lagos do alto rio Doce surgiu com Pflug (1969). O autor sugeriu, através da interpretação de fotografias aéreas, que a alternância de condições paleoclimáticas semiúmidas e semiáridas durante o Pleistoceno e Holoceno, teria levado ao acúmulo de clastos grossos (sedimentos aluvionares) na desembocadura de pequenos vales tributários ao Rio Doce, levando ao barramento desses ambientes que foram represados, conformando o atual sistema de lagos.

No final da década de 1970 diversos autores deram continuidade aos estudos a respeito da origem e evolução dos lagos do alto rio Doce, a exemplo de Meis (1977), Meis e Machado (1978) e Meis e Monteiro (1979). Através de abordagens morfoestratigráficas e a partir da identificação de níveis de acumulação de depósitos fluviais e de encostas (terraços e rampas), esses autores fizeram a proposição de uma cronologia de eventos para o Pleistoceno (médio e tardio) e Holoceno, que teriam ocasionado flutuações paleo-hidrológicas refletidas em fases de transgressão (submersão) e regressão (emersão) dos lagos. A flutuação paleo-hidrológica em um contexto de paleoclima semiárido teria levado, portanto, à intensa acumulação de depósitos aluviais em cursos d'água tributários ao Rio Doce, levando ao barramento dessas drenagens.

A partir da década de 1980 outros pesquisadores vieram reforçar o peso da componente paleoclimática como elemento causal dos processos de formação e evolução dos lagos do alto rio Doce, por meio de análises palinológicas.

O primeiro desses estudos foi realizado por Overloop (1981), que a partir das análises palinológicas de uma camada turfosa do Lago Jacaré, identificou a alternância de vegetações de diferentes condições climáticas, sendo uma de savana arbustiva e outra de floresta tropical.

Esses indícios levaram o autor a deduzir que teria ocorrido a mudança de condições ambientais, passando de uma condição fria e seca para um ambiente mais quente e úmido.

Ybert *et al.* (1993,1995) realizaram estudos palinológicos no Lago Dom Helvécio fornecendo indícios de que os lagos se formaram durante o Holoceno, sob forte influência das condições climáticas interpretadas pelas características dos sedimentos. Os autores analisaram duas camadas sedimentares: uma unidade basal, com sedimentos argilosos contendo pouca matéria orgânica e conteúdo palinológico, relacionada a um ambiente pantanoso e clima seco, com vegetação de cerrado; e outra unidade sedimentológica, na qual foram verificados sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica e restos de vegetais, interpretados como oriundos de um ambiente tipicamente lacustre com clima úmido e vegetação de floresta (MELLO, 1997).

Por fim, Turcq *et al.* (1994), com base em dados palinológicos e na análise de depósitos de leques aluviais, afirmam que episódios de intensa sedimentação aluvial em fase de clima mais seco durante o Holoceno, em uma época onde a vegetação de floresta tropical ainda não havia se formado, teriam levado ao barramento dos vales tributários do Rio Doce. Ressalta-se o fato de que apesar desses autores defenderem que a origem dos lagos se associava a condicionantes climáticas, eles admitem a possibilidade de haverem influências de ordem tectônica.

Os estudos que relacionam a tectônica com a origem e evolução dos lagos do alto rio Doce se iniciaram com Barbosa & Kohler (1981). Evidências geomorfológicas levaram os autores a atribuírem a origem dos lagos a uma subsidência tectônica, quais sejam: a presença de superfícies bem desenvolvidas de terraços fluviais margeando os lagos próximos aos rios Doce, Mombaça, Turvo e Belém; a concentração de lagos sobre os paleocanais; alinhamentos dos lagos segundo lineamentos estruturais; forma retilínea de suas margens; presença de paleovales; e lagos associados a migrações abruptas dos rios (SARGES, 2002).

Segundo Saadi (1991), a subsidência tectônica descrita por Barbosa e Kohler (1981) representam semigrábens, sendo a compartimentação da área dos lagos adaptada à atuação de falhas normais de direção WNW-ESE, para as quais atribuiu idade pleistocênica a holocênica.

Suguio & Kohler (1992) reafirmam as evidências de tectonismo anteriormente investigadas e levantam a possibilidade da existência de um rifte na região. Estudos realizados por Mello (1997) também atestam a atuação de processos tectônicos na origem e evolução dos lagos do

alto rio Doce. O autor realizou análises de linhas sísmicas no Lago Dom Helvécio, apresentando a presença de um falhamento afetando sedimentos aluviais holocênicos. Segundo o autor, as falhas e os dados geomorfológicos da região mostram ter sido os movimentos da crosta ocorridos a partir do final do Pleistoceno como os principais fatores que influenciaram o represamento dos lagos (MELLO, 1997).

Sarges (2002) aponta duas fases tectônicas atuando na evolução do sistema de lagos, a partir de registros sedimentares: Uma fase de transcorrência dextral E-W relacionada com as estruturações NW-SE na rede de drenagem e com o entulhamento de vales associado ao desenvolvimento de rampas de alúvio-colúvio e terraços de acumulação que ocorreram no final do Pleistoceno; e outra que corresponde ao regime extensional NW-SE implantado no Holoceno médio, a qual exerceu um forte condicionamento estrutural nos canais fluviais, imprimindo rearranjos na rede de drenagem.

A partir dessas constatações, ficou evidente que a movimentação tectônica extensional NW-SE foi responsável pela geração de falhamentos normais que por sua vez promoveram desnivelamentos e basculamentos nos leitos dos canais tributários, funcionando como barragens e gerando, dessa forma, o sistema lacustre da região do alto rio Doce (FARIA, 2013).

#### **4.1.3 Diminuição da Área e Desaparecimento de Lagos**

Embora estejam dispostos em diversas paisagens e se associem a diferentes usos e relações ambientais, os lagos são ambientes transitórios, a partir de uma análise de escala temporal geológica. Vários fatores podem influenciar no processo de diminuição da área e desaparecimento de lagos, podendo citar o clima, o assoreamento advindo dos processos de deposição sedimentar, a eutrofização, a sedimentação e alterações hidrológicas ao longo das bacias hidrográficas.

Segundo Sperling (1999) em regiões onde ocorre um predomínio quantitativo da evaporação sobre a precipitação o volume de água dos lagos vai sendo lentamente reduzido, sendo esse processo mais comum em ambientes semiáridos e áridos.

O assoreamento é um termo referente ao processo de intensificação da deposição de materiais sedimentares em ambientes aquáticos que implica em alterações geomorfológicas, levando à diminuição da profundidade e alterações nos substratos do leito. Em lagos, o assoreamento

pode se estender para as regiões mais profundas, levando à diminuição de seu período de vida. Além disso, pode ocorrer deposição desse material na região em que os cursos d'água tributários afluem nos ambientes aquáticos, diminuindo assim a vazão afluente aos mesmos.

A afluência excessiva de nutrientes nos lagos pode incidir em um aumento do grau de trofia desses ambientes, que se tornam eutróficos, levando a um processo de sucessão ecológica, com a substituição de espécies submersas por emergentes e flutuantes (ESTEVEZ, 2011). A morte e precipitação das espécies aquáticas que passam a se instalar nesses ambientes conduz à diminuição do volume dos lagos e desequilíbrios no balanço de oxigênio, fazendo com que, a longo prazo, o lago passe a armazenar cada vez menos água e diminua sua área até desaparecer (SPERLING, 1999).

Segundo Sperling (1999) a sedimentação também pode ocorrer através da precipitação de compostos, como consequência de reações químicas ou bioquímicas. A precipitação em ambientes aquáticos poderá ainda se dar pela sedimentação de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) em decorrência de alterações na reação de equilíbrio do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ).

Por fim, cabe ressaltar que a diminuição da área dos lagos também pode estar associada a alterações hidrológicas ao longo das bacias hidrográficas, estando comumente vinculadas à diminuição da vazão ou até extinção de afluentes.

#### **4.1.4 Morfometria de Bacias Hidrográficas**

A utilização de instrumentos e expressões matemáticas para análises quantitativas de sistemas ambientais vêm evoluindo desde a meados do século passado, com Horton (1945). A partir dessa obra clássica tornou-se claro que a unidade ambiental enfocada na bacia hidrográfica traz a propensão de análises morfométricas acerca da rede de drenagem e dos elementos do relevo.

No âmbito do presente estudo, compreende-se a análise morfométrica de bacias hidrográficas como sendo a análise quantitativa dos elementos do modelado superficial que geram sua expressão e configuração espacial: o conjunto das vertentes e canais que compõem o relevo, sendo os valores medidos correspondentes aos atributos desses elementos (CHRISTOFOLLETTI, 1999).

Os sistemas ambientais são, em análises morfométricas, compostos por objetos de estudos e seus elementos componentes. Por ser uma análise quantitativa, a interpretação é feita a partir da leitura dos atributos desses elementos. A bacia hidrográfica corresponde ao objeto de estudo, sendo seus elementos a própria bacia, a rede de drenagem e o arranjo das vertentes (relevo). Tais atributos, correlacionados entre si, geram os parâmetros morfométricos (CHEREM, 2008).

As leis de Horton (1945) auxiliam a compreender os elementos morfométricos da rede de drenagem, servindo de base para estudos hidrológicos e geomorfológicos. São elas:

- **Lei do número de canais** – o número de segmentos de ordens sucessivamente inferiores de uma dada bacia tende a formar uma progressão geométrica, que começa com o único segmento de ordem mais elevado e cresce segundo uma taxa constante de bifurcação;
- **Lei do comprimento de canais** – o comprimento médio dos segmentos de ordens sucessivos tende a formar uma progressão geométrica cujo primeiro termo é o comprimento médio dos segmentos de primeira ordem e tem por razão uma relação de comprimento constante;
- **Lei da declividade de canais** – em uma determinada bacia, há uma relação definida entre a declividade média dos canais de certa ordem e a dos canais de ordem imediatamente superior, geometricamente inversa na qual o primeiro termo é a declividade média dos canais de primeira ordem e a razão é a relação entre os gradientes dos canais;
- **Lei da área da bacia de canais** – as áreas médias das bacias de segmentos de canais de ordem sucessivos tendem a formar uma progressão geométrica cujo primeiro termo é a área média das bacias de primeira ordem e a razão de incremento constante é a taxa de crescimento da área.

Em sequência às Leis preconizadas por Horton (1945), outros trabalhos buscaram fornecer parâmetros para favorecer o entendimento e representação matemática da configuração de bacias hidrográficas: Strahler (1952), Schumm (1956), Strahler (1957; 1958), Chorley (1962) e Chorley e Kennedy (1971).

Segundo Cherem (2008) a realização de análises morfométricas pode se dar sobre bacias individuais ou comparando duas ou mais bacias, sendo que cada tipo de análise requer diferentes níveis de detalhamento, adequados à escala. Para análises de duas ou mais bacias, a

metodologia mais corrente aplicada é a geração de agrupamentos definidos segundo o comportamento de seus parâmetros morfométricos (CHEREM, 2008).

Segundo Christofolletti (1980) os parâmetros morfométricos para a análise de bacias hidrográficas podem ser divididos em três tipologias, condicionadas pela natureza dos dados necessários para geração desses parâmetros e pelo tipo de interpretação possível de ser realizada. As classes desses parâmetros seriam lineares, zonais e hipsométricos.

Os parâmetros lineares estão associados à rede de drenagem e ao seu arranjo espacial dentro da bacia. Em linhas gerais, a unidade de medida desses parâmetros é linear (km), quando quantificam o arranjo espacial ou adimensional para parâmetros que tratam das relações entre aspectos da rede de drenagem. Os parâmetros zonais indicam as relações entre a rede de drenagem e seu arranjo espacial na bacia e são, na maioria das vezes, representados em relação à área da bacia. Os parâmetros hipsométricos representam, via de regra, a tridimensionalidade da bacia ao incluir a variação altimétrica e não tem uma unidade de medida característica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A declividade corresponde à relação entre a diferença de cota altimétrica entre dois pontos e a distância horizontal entre os pontos, sendo a declividade média de uma bacia hidrográfica correspondente ao valor médio de declividade encontrado para toda a bacia analisada. A declividade influencia a intensidade de atuação dos processos morfogenéticos, incluindo a dinâmica dos escoamentos superficiais concentrados e difusos (laminar) nas vertentes (CHEREM, 2008).

A densidade da rede de drenagem é a relação existente entre o comprimento total dos cursos d'água de uma dada bacia hidrográfica e a área da mesma bacia. Segundo Christofolletti (1980) esse parâmetro morfométrico, ao tratar de bacias hidrográficas em um mesmo ambiente climático, representa o comportamento hidrológico definido pela litologia e estrutura geológica, imprimindo a capacidade de infiltração e de formação de canais superficiais.

Diversos estudos podem ser citados como exemplo do emprego de análises morfométricas em análises ambientais. Cherem (2008) propôs uma compartimentação morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do rio das Velhas/MG. Fonseca (2010) elaborou dados morfométricos a partir de Sistemas de Informação Geográfica para prover análises acerca da

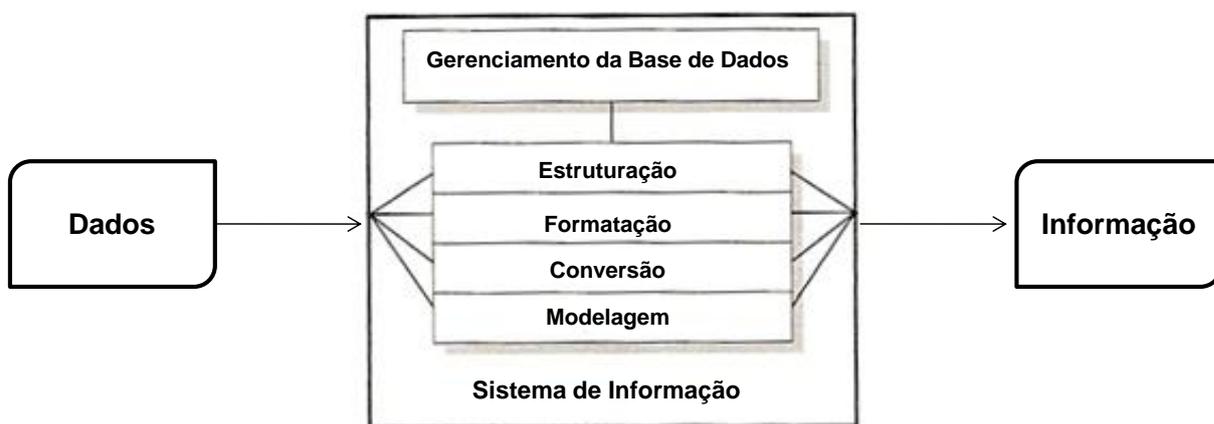
dinâmica do relevo em duas bacias dispostas ao longo da Serra do Espinhaço Meridional. Faria (2013) buscou analisar a influência de variáveis morfométricas das bacias de contribuição e das lagoas localizadas no alto rio Doce sobre o assoreamento desses corpos d' água. A autora não encontrou agrupamentos entre as variáveis morfométricas empregadas para a região do alto vale do rio Doce, evidenciando, assim, que a morfometria das bacias hidrográficas não seria uma variável explicativa do processo de assoreamento dos ambientes aquáticos da região.

## **4.2 Sistemas de Informação Geográfica**

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) foram desenvolvidos ao longo dos anos 60 do século XX na América do Norte, sendo inicialmente formados por um conjunto de inovadoras aplicações em computação para o processamento de dados e mapas, que foram usados em restritos grupos de agências governamentais e de pesquisa. Atualmente, os SIG se tornaram uma importante área de pesquisas acadêmicas e um dos setores de maior crescimento na indústria da computação, além de constituírem-se em um componente essencial da tecnologia da informação da sociedade moderna (LO; YEUNG, 2007).

Segundo Rhind (1989) os Sistemas de Informação Geográfica podem ser definidos como sendo sistemas de hardware, software e procedimentos, projetados para captura, gerenciamento, manipulação, análise, modelagem e exibição de dados espacialmente referenciados, para resolver problemas complexos de planejamento e gestão. De acordo com o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2005), trata-se de sistemas computacionais capazes de reunir, armazenar, manipular e exibir, informações geograficamente referenciadas, isto é, dados identificados de acordo com as suas localizações. Os referidos sistemas, portanto, são baseados em computação, sendo especialmente projetados e implementados para dois propósitos distintos, mas inter-relacionados: gerenciamento de dados geográficos e a utilização destes dados para resolver problemas espaciais (LO; YEUNG, 2007).

Os Sistemas de Informação Geográfica possibilitam, portanto a aquisição, o tratamento e a representação de dados espaciais, que, transformados através de processos como estruturação, formatação, conversão e modelagem se tornam significativos e úteis aos seus usuários, tornando-se uma informação de valor e ganho de conhecimento a um nível apropriado para propósitos de tomadas de decisão específicas (Ver Figura 4.1).



**Figura 4.1** – Transformação de dado em informação através de sistema de informação geográfica

Fonte: Adaptado de LO & YEUNG, 2007

#### **4.2.1 Sistemas de Informação Geográfica e Recursos Hídricos**

Desde o final do século passado têm-se testemunhado um enorme interesse na aplicação de SIG em hidrologia e recursos hídricos. A interface entre essas áreas se estabelece com naturalidade, pois as tecnologias de SIG têm a habilidade de capturar, armazenar, manipular e analisar dados georreferenciados, essenciais, por exemplo, em áreas como previsão hidrometeorológica, manejo de águas pluviais, modelagem de bacias hidrográficas e gestão de recursos hídricos (SINGH; FIORENTINO, 1996).

A aquisição, o tratamento e a representação do conjunto de dados intervenientes nos processos do balanço hídrico são etapas fundamentais para a elaboração de modelos hidrológicos distribuídos em bacias hidrográficas. Por meio de Sistemas de Informação Geográfica é possível a organização de camadas de informação específicas de cada etapa do ciclo hidrológico: distribuição espacial da evaporação e precipitação; morfologia e declividade do terreno; tipos de solo ao longo da bacia hidrográfica; e usos e coberturas do solo na área investigada.

Segundo Singh e Fiorentino (1996), uma das características desses modelos é o estabelecimento de unidades hidrológicas homogêneas, através do cruzamento entre camadas de informação. Esta e outras aplicações em modelos hidrológicos podem ser feitas através do emprego de ferramentas de análise e manipulação de dados espaciais oferecidas pelos SIG.

A manutenção e equilíbrio do ciclo hidrológico têm na manutenção da cobertura vegetal um de seus elementos principais, com funções significativas no estabelecimento de equilíbrio das vazões produzidas ao longo das bacias hidrográficas. Entretanto, debates extensos se lançam sobre o possível fato de plantações florestais levarem a um consumo exagerado de água, e acerca dos impactos dessas florestas na produção hídrica das bacias.

De modo a analisar a dinâmica da vazão e a produção de água na bacia do rio Pará - alto rio São Francisco, Minas Gerais, simulada por florestamentos em larga escala, Rodrigues (2013) utilizou um modelo hidrológico através de um SIG, o *Soil And Water Assessment Tool* (SWAT). Os resultados gerais obtidos pelo autor indicaram uma estreita influência exercida pela cobertura vegetal sobre a produção hídrica da bacia, sendo que as estimativas auferidas apontaram que as alterações a curto e médio prazo no uso e cobertura do solo de uma bacia podem acarretar impactos maiores ou menores em função das variáveis físicas e climáticas do regime hídrico (RODRIGUES, 2013).

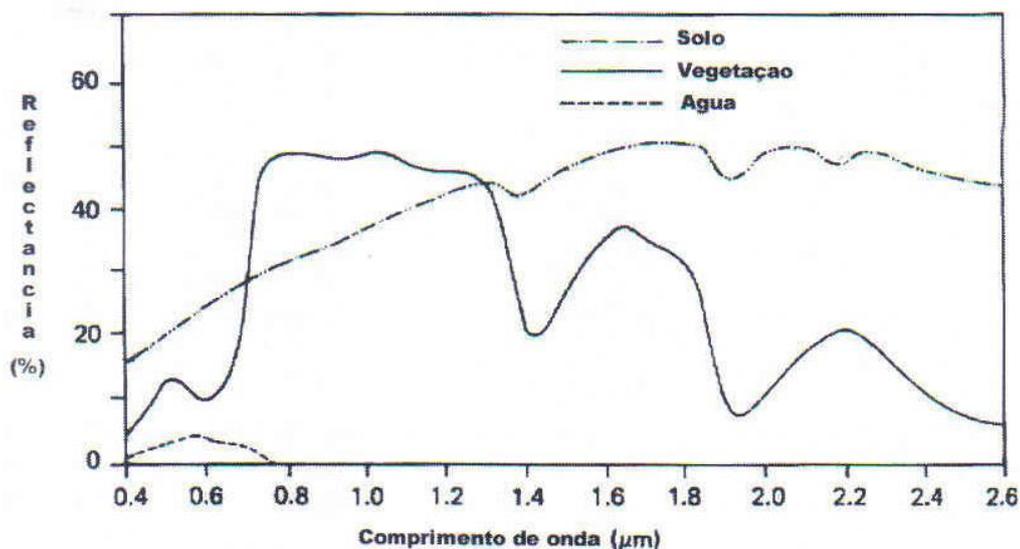
Martinez *et al.*, (2010) propuseram a utilização de um SIG baseado em uma metodologia que integra dados espaciais, temporais, um algoritmo de otimização e um modelo de simulação hidráulico para otimizar o monitoramento do nível d'água em um sistema de córregos e lagos, no âmbito de gestão de recursos hídricos no Sul da Flórida - *South Florida Water Management District* (SFWMD). Através de um estudo de caso em um conjunto de estações monitoramento de níveis d'água no Lago Okeechobee (Flórida), os autores puderam avaliar as inter-relações estabelecidas entre os registros das estações, assim como a indicação do número e localização ideais de estações a serem mantidas no conjunto da rede de monitoramento (MARTINEZ *et al.*, 2010).

#### **4.2.2 Sensoriamento Remoto**

Sensoriamento remoto é um termo utilizado para métodos que se utilizam da energia eletromagnética como um meio de detectar e medir as características da superfície terrestre, através do registro de energia refletida, emitida ou retroespalhada no caso de sensor radar.

A energia eletromagnética que incide sobre a superfície terrestre interage com os objetos encontrados sobre a superfície da terra. Esses alvos possuem comportamentos diversificados, no que tange à radiação eletromagnética recebida, que pode ser refletida, absorvida e transmitida em diferentes comprimentos de onda, de acordo com as suas características bio-físico-químicas (LILLESAND; KIEFER, 1994).

A partir do comportamento espectral diferenciado, ou da assinatura espectral própria de cada objeto, por exemplo, da vegetação, da água ou do solo, torna-se possível distinguir e identificar os alvos existentes na natureza. A Figura 4.2 ilustra o conceito de assinatura espectral, um dos conceitos centrais do sensoriamento remoto que pode ser ampliado para incorporar componentes de polarização (radar), de comportamento temporal (detecção de mudanças) ou de comportamento espacial (textura, forma, tamanho), que também são utilizados para detecção e reconhecimento de objetos.



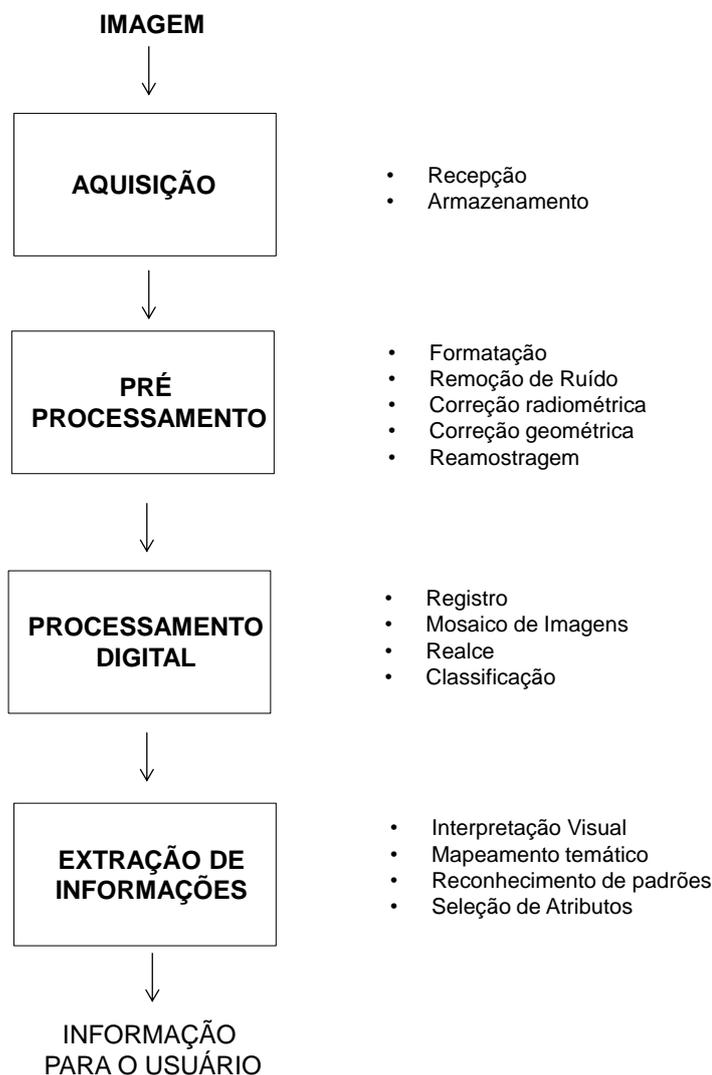
**Figura 4.2** – Comportamento espectral diferenciado do solo, vegetação e água  
Fonte: LILLESAND e KIEFER, 1994

As informações oriundas das imagens de satélite normalmente necessitam ser processadas para melhorar a qualidade radiométrica e geométrica dos dados. As distorções radiométricas são causadas pelo borramento de detalhes, listras, manchas na imagem, etc. As degradações na imagem diminuem a precisão da informação, reduzindo, assim, a utilidade dos dados. Sendo assim, um estágio de pré-processamento é necessário antes que os dados de imagem sejam utilizados, para que sejam corrigidos geométrica e radiometricamente.

Dentre as técnicas de correção radiométrica, encontra-se a restauração radiométrica de imagens, compreendida como sendo a tarefa de estimar uma imagem que sofreu um processo de degradação (BOGGIONE, 2003).

O processamento digital de imagens é um termo dado a um conjunto de métodos e técnicas utilizados em algoritmos de imagens digitais para melhorar ou modificar o aspecto visual das imagens ou de interpretar o conteúdo dessas imagens através de procedimentos de software.

Um esquema simplificado dos estágios de processamento de imagens é apresentado na Figura 4.3.



**Figura 4.3** – Estágios de processamento de imagens  
Fonte: Adaptado de FONSECA, 1988

É importante tecer algumas considerações acerca dos termos “uso do solo” e “cobertura do solo”, muitas vezes apresentados como sendo sinônimos, por apresentarem-se relacionados. Entretanto, eles possuem significados distintos. Segundo Sokolonski (1999) o termo uso da terra significa “segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado da atividade do homem”. Já Novo (1992) define que o uso da terra (*land-use*) refere-se à utilização cultural do espaço, enquanto a cobertura da terra (*land-cover*) ao seu revestimento.

Pretende-se utilizar neste estudo a definição de “uso do solo” e “cobertura do solo” de Lillesand e Kiefer (1994): o primeiro referindo-se às atividades humanas ou funções econômicas associadas a uma específica região, enquanto o segundo dizendo respeito às características presentes na superfície terrestre, como plantações, lagos, árvores e estradas.

A classificação de imagens consiste na identificação de tipos de cobertura de solo, de acordo com os padrões de resposta espectral dos elementos utilizados na classificação (por exemplo, classificação de pixel da imagem em cobertura de solo do tipo urbano, floresta ou água). Existem dois tipos de classificação de imagem: classificação supervisionada e classificação não supervisionada.

Na classificação supervisionada o usuário define em primeiro lugar as assinaturas espectrais das categorias utilizadas na classificação, tais como o urbano, floresta ou água. Em segundo lugar, com o recurso a um software para o processamento digital de imagem, associa-se a cada pixel a assinatura espectral mais similar. Para a classificação supervisionada, é necessário elaborar uma lista dos tipos de cobertura de solo a identificar na imagem. A elaboração de tal lista está baseada na definição das áreas de treino, que deveria ser criada com base no conhecimento dos tipos de cobertura de solo identificados em campo.

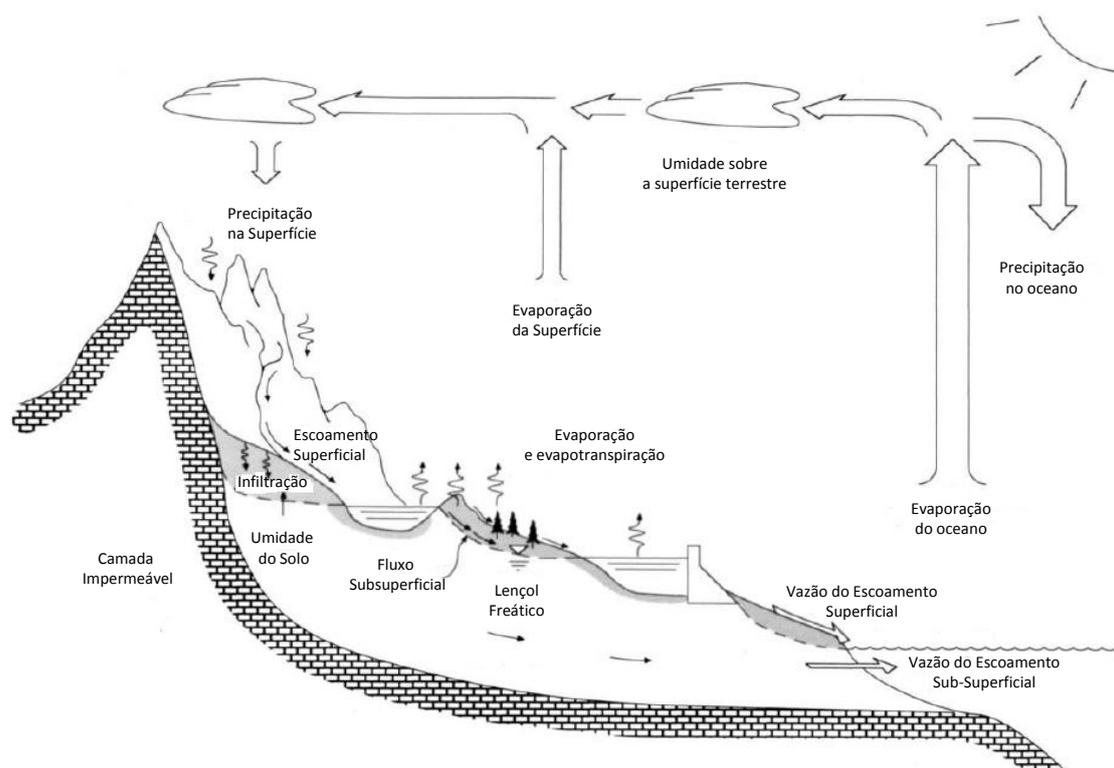
A classificação não supervisionada baseia-se no princípio de que o algoritmo computacional é capaz de identificar por si só as classes dentro de um conjunto de dados. Esse tipo de classificação é frequentemente realizado através de métodos de agrupamentos – *clustering* (GONÇALVES *et al.*, 2008).

Diversos estudos acerca de alterações na constituição de sistemas lacustres naturais com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo desenvolvidos. Yun Du *et al.* (2011) realizaram uma análise da evolução espaço-temporal de um conjunto de lagos na região do médio vale do Rio Yangtze- China, a partir de séries temporais de satélites orbitais e demais informações cartográficas. Os resultados levados a cabo por esses autores indicaram que, embora tenha sido observada uma inexpressiva modificação no número de lagos ao longo do século passado, o espelho d’água total desses ambientes diminuiu drasticamente, em torno de 58,06 %. O estudo em questão também buscou analisar os processos que podem ter contribuído para a diminuição da área dos lagos, sendo que os resultados indicaram o fato de que a diminuição da área total dos lagos coincide com períodos de rápida alteração nos usos do solo da região do Médio Vale do Rio Yangtze (YUN DU *et al.*, 2011).

No Brasil, merece destaque um estudo feito por Maillard *et al.* (2012), na região do alto vale do rio Doce/MG. Os autores avaliaram a variação das áreas de um amplo sistema de lagos naturais, ao longo de um período de 25 anos. O estudo foi feito através da classificação de imagens de satélite do sensor Landsat – TM5, tendo sido feita uma regressão linear para avaliar a alteração no número de áreas alagadas por ano e ao longo de todo o período em análise, além de terem realizado uma análise da variação das áreas totais dos espelhos d'água dos lagos da região, tendo chegado à conclusão de que houve, no período analisado, um aumento da área total alagada e do número de áreas alagadas, sem, contudo, inferir as possíveis causas intervenientes no processo.

### 4.3 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é um termo referente aos processos intervenientes no fenômeno de distribuição e movimento de água em todo o planeta, que se expressa por meio de uma circulação fechada de água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionada pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (Ver Figura 4.4).



**Figura 4.4 – Ciclo hidrológico**  
Fonte: Adaptado de CHOW *et al.*, 1988

Conforme ilustrado na Figura 4.4 água evapora dos oceanos e dos continentes para compor a atmosfera. O vapor d'água é então transportado e elevado até condensar e precipitar nos

continentes ou nos oceanos. As águas pluviais podem ser interceptadas pela vegetação, escoar superficialmente até desaguar em cursos d'água, ou infiltrar-se no solo, percolando como fluxo subsuperficial. Parte da água que é interceptada ou que escoar superficialmente retorna à atmosfera através da evaporação. As águas que infiltram no solo podem percolar a maiores profundidades, tornando-se fonte de recarga do lençol freático, aflorando em nascentes ou fluindo até cursos d'água para compor o escoamento superficial, até desaguar no oceano e evaporar para a atmosfera, dando continuidade ao ciclo hidrológico (CHOW *et al.*, 1988).

Segundo Tucci (2002), parte do ciclo hidrológico ocorre na superfície terrestre, que abrange os continentes e oceanos, participando também da circulação da água a camada porosa que recobre os continentes (solos, rochas). A atmosfera, constituída por diferentes estratos com diversificadas condições físicas, comporia outra fase, composta por deslocamentos da água e por transições no estado do vapor em diferentes estados.

O intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera ocorre em dois sentidos: no sentido superfície-atmosfera, no qual o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de vapor, como decorrência dos fenômenos de evaporação e de transpiração (fenômeno biológico); e no sentido atmosfera-superfície, onde a transferência de água ocorre em qualquer estado físico, sendo mais significativas as precipitações de chuva (TUCCI, 2002).

O Tempo de Residência é um termo utilizado para expressar a quantidade de tempo requerida por uma molécula de água para transitar através de um componente do ciclo hidrológico antes de passar para outra parte do ciclo. Tempos de residência são, portanto, função do tempo de transporte através do sistema (WATSON; BURNETT, 1995). De modo geral, o tempo de residência de moléculas de água em cursos d'água tendem a ser relativamente curtos, geralmente em ordem de semanas. Por outro lado, o fluxo subsuperficial é extremamente lento, sendo o tempo de residência das águas subterrâneas mais longos (geralmente na ordem de 10 até 100 anos).

Embora o ciclo hidrológico, em nível global, seja considerado fechado, o mesmo não se pode dizer em nível local. Os volumes de água evaporados em uma determinada área do planeta não precipitam-se necessariamente no mesmo local, tendo em vista a continuidade dos movimentos e variedade de dinâmicas na atmosfera e na superfície terrestre. Além disso, da precipitação que ocorre nos continentes, somente parte é evaporada, com o restante escoando

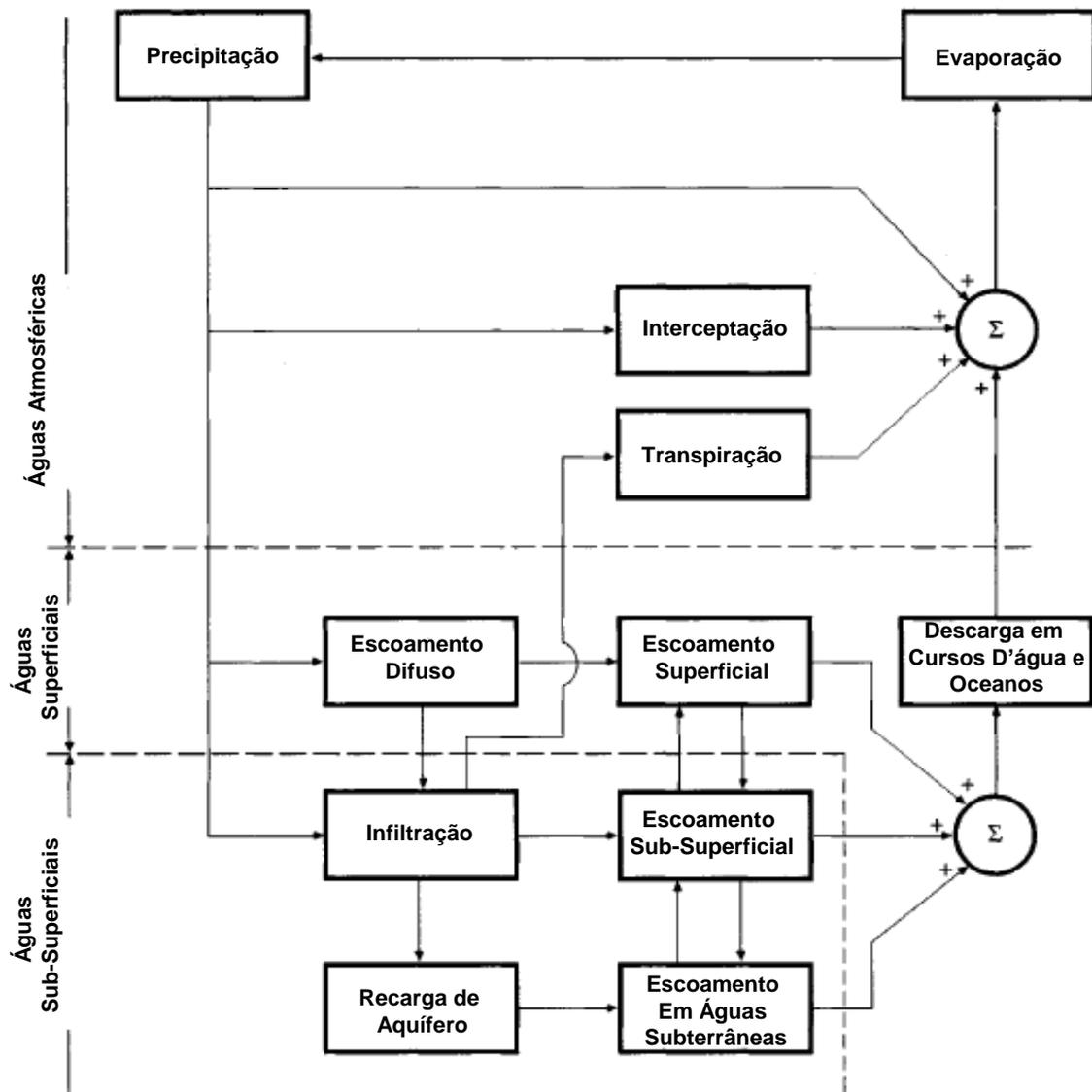
para os oceanos (TUCCI, 2002). As diferentes escalas de análise condicionam, portanto, as perspectivas de estudo acerca do comportamento e dinâmica de circulação da água em suas diferentes etapas.

A diversidade das manifestações do ciclo hidrológico ao longo das diversas partes do planeta se deve ainda à variabilidade espacial das características climáticas, geomorfológicas, litológicas, pedológicas, das coberturas vegetais e dos diferentes usos do solo ao longo da superfície terrestre. A configuração espacial dos elementos intervenientes nos processos do ciclo hidrológico é fator essencial para a compreensão da sua dinâmica, tornando fundamental o entendimento da bacia hidrográfica como sistema de análise hidrológica.

#### **4.3.1 Bacia Hidrográfica como Sistema Hidrológico**

Os fenômenos hidrológicos são complexos, sendo muitas vezes difícil compreender e modelar a dinâmica de distribuição da água através do ciclo hidrológico. Todavia, o conceito e análise de sistemas possibilita a aquisição de informações e representações acerca dos processos componentes do ciclo hidrológico de maneira simplificada. Segundo Chow *et al.* (1988), os sistemas são um conjunto de partes que formam um todo, podendo o ciclo hidrológico ser tratado como um sistema, no qual as partes componentes são a precipitação, evaporação, escoamento superficial e as demais etapas a ele pertencentes. Esses componentes podem ser agrupados em subsistemas, sendo que para a análise do ciclo em sua totalidade os subsistemas podem ser analisados separadamente e os seus resultados reunidos de acordo com as interações entre os subsistemas (CHOW *et al.*, 1988).

Na Figura 4.5 o ciclo hidrológico global é representado como um sistema, sendo dividido pela linha tracejada em três subsistemas: sistema das águas atmosféricas, que contém os processos de evaporação, precipitação, interceptação e transpiração; sistema das águas superficiais, composto pelos processos de escoamento difuso, escoamento superficial, e descarga para cursos d'água e oceanos; e sistema das águas subsuperficiais, que apresenta os processos de infiltração, recarga de aquífero, fluxo subsuperficial e escoamento em águas subterrâneas.



**Figura 4.5** – Fluxograma de representação do ciclo hidrológico global  
 Fonte: Adaptado de CHOW *et al.*, 1988

Um sistema hidrológico é definido como uma estrutura ou volume no espaço, cercado por um limite, que recebe carga de entrada de água e outros elementos, e opera internamente essas entradas, produzindo cargas de saídas de água e demais elementos (CHOW *et al.*, 1988). Em outros termos, pode-se dizer que a diferença entre a carga de água e outros elementos que entram no sistema e a carga de saída destas mesmas variáveis é igual às perdas ou variação no armazenamento de água dentro do sistema, traduzindo assim a equação de conservação de massa para a hidrologia, dada pela Equação (3):

$$I - Q = \Delta S \quad (3)$$

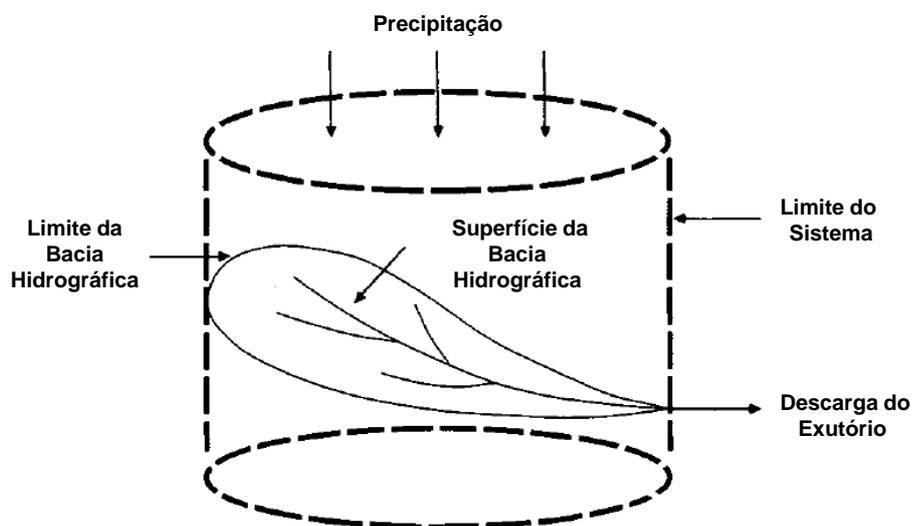
Onde,

$I$  = *Inputs* ou Entradas;

$Q$  = *Outputs* ou Saídas;

e  $\Delta S$  = Variações no Armazenamento ou Perdas de Água no Sistema.

O princípio da equação de conservação em forma de equação de balanço hídrico é utilizado em hidrologia para bacias hidrográficas, definidas como sendo a área de captação natural das águas de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Segundo Tucci (2002) a Bacia Hidrográfica pode ser considerada como um sistema físico, onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoada pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados, transpirados e também os infiltrados profundamente (Ver Figura 4.6).



**Figura 4.6** – Bacia hidrográfica como sistema hidrológico  
Fonte: Adaptado de CHOW *et al.*, 1988

A bacia hidrográfica é uma unidade espacial de análise hidrológica que pode ser utilizada para conhecer e avaliar os processos e interações numa visão sistêmica, possibilitando o estudo da água ao longo de seu ciclo em relação a fatores naturais como substrato geológico, atmosfera, clima, vegetação e uso e cobertura do solo. O emprego de bacia hidrográfica como sistema de

análise hidrológica é de fundamental importância, pois as suas características conformam os percursos e as taxas da água em sua trajetória ao longo de seu ciclo. Conseqüentemente, as características geológicas, topográficas e de uso e cobertura do solo de uma bacia hidrográfica determinam a magnitude e tempo dos fluxos superficiais e subsuperficiais (WATSON; BURNETT, 1995).

A adoção da bacia hidrográfica como sistema hidrológico possibilita, portanto, uma visão integral e setorizada do ciclo hidrológico, capacitando o analista a compreender os elementos intervenientes em seu processo como subsistemas que interagem dentro de um sistema mais amplo, assim como as causas e características que influenciam na sua dinâmica.

#### **4.3.2 Balanço Hídrico e etapas do ciclo hidrológico**

A equação do balanço hídrico obedece ao princípio da conservação da massa ou princípio da continuidade, segundo o qual, em um sistema qualquer, a diferença entre as entradas e saídas é igual à variação do armazenamento dentro do sistema. Considerando uma bacia hidrográfica como sistema de análise hidrológico, para qualquer período de tempo  $\Delta t$ , pode-se escrever a equação do balanço hídrico como (WATSON; BURNETT, 1995):

$$P + G_{in} - (Q + ET + G_{out}) = \Delta S \quad (4)$$

Onde,

$P$  é a precipitação (entrada) por unidade de tempo;

$G_{in}$  é o escoamento subsuperficial;

$Q$  é o deflúvio (saída) por unidade de tempo;

$ET$  é a evapotranspiração;

$G_{out}$  é o escoamento em águas subterrâneas;

e  $\Delta S$  se refere às variações de armazenamento e perdas dentro do sistema.

De modo a favorecer a compreensão acerca dos processos que influenciam em sua dinâmica de circulação, as diferentes etapas do ciclo hidrológico são tratadas a seguir.

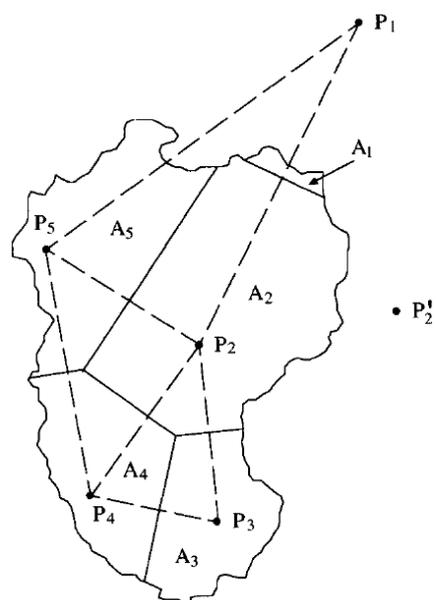
#### 4.3.2.1 Precipitação

A precipitação corresponde à água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Segundo Tucci (2002) as características principais da precipitação são volume total precipitado, duração e distribuições temporal e espacial.

O conhecimento da variabilidade espacial da precipitação é importante em diversos ramos das ciências agrárias e ambientais, como, por exemplo, na produção das culturas, no manejo dos recursos hídricos, na avaliação ambiental e em estudos de erosão hídrica.

A avaliação da lâmina média precipitada sobre uma bacia hidrográfica é um procedimento comum em estudos do balanço hídrico. O método mais direto é o da média aritmética das alturas de chuva precipitadas nos postos pluviométricos existentes na região. Segundo Feitosa *et al.* (2008) a precisão desse método pode ser satisfatória se as estações pluviométricas forem uniformemente distribuídas na área considerada.

Outro método muito empregado para espacialização dos dados de alturas de chuva de diferentes estações pluviométricas para áreas das bacias hidrográficas é o método dos polígonos de Thiessen. Segundo Tucci (2002) esse método considera a não uniformidade da distribuição espacial dos postos, mas não leva em conta o relevo da bacia. O método consiste na construção de polígonos em duas etapas: i) na primeira etapa, os pontos de medida de chuva são unidos por linhas retas, formando uma rede de triângulos; ii) em seguida, os lados dos triângulos são divididos ao meio e a eles são traçadas linhas perpendiculares, que se interceptam nos vértices dos polígonos de Thiessen. As áreas desses polígonos representam frações da área total e, portanto, são usadas como pesos na estimativa da chuva média, que é feita através da soma dos produtos da chuva de cada posto pelo seu respectivo peso (Ver exemplo exposto na Figura 4.7).



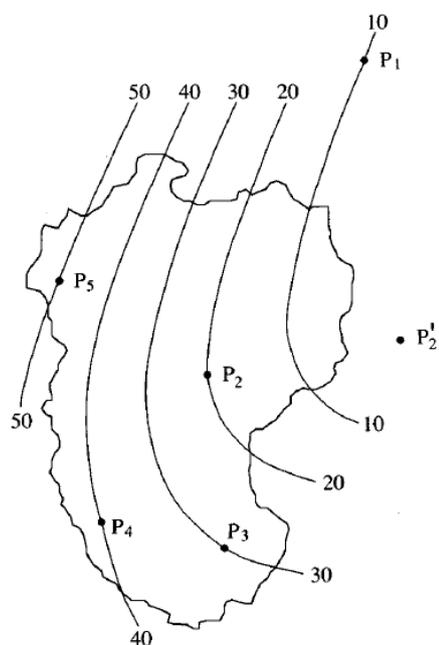
Estação	Precipitação (mm)	Área (Km <sup>2</sup> )	Precipitação Ponderada (mm)
P <sub>1</sub>	10.0	0.22	2.2
P <sub>2</sub>	20.0	4.02	80.4
P <sub>3</sub>	30.0	1.35	40.5
P <sub>4</sub>	40.0	1.60	64.0
P <sub>5</sub>	50.0	1.95	97.5
		9.14	284.6

Precipitação Média =  $284,6 / 9,14 = 31,1$  mm

**Figura 4.7** – Método dos polígonos de Thiessen para o cálculo da precipitação média sobre uma bacia hidrográfica

Fonte: Adaptado de CHOW *et al.*, 1988

O método das Isoietas consiste no traçado de curvas de igual altura de precipitação, chamadas de isoietas, obtidas pela interpolação usando os valores das chuvas medidas em cada posto, sendo que a média espacial em cada área é o valor médio entre as isoietas (Ver Figura 4.8).



Isoietas (mm)	Área delimitada (Km <sup>2</sup> )	Chuva Média (mm)	Volume de Chuva
10	0.88	5*	4.4
20	1.59	15	23.9
30	2.24	25	56.0
40	3.01	35	105.4
50	1.22	45	54.9
	0.20	53*	10.6
	9.14		255.2

Chuva Média =  $255,2 / 9,14 = 27,9$  mm

**Figura 4.8** – Método das isoietas para o cálculo da precipitação média sobre uma bacia hidrográfica

Fonte: Adaptado de CHOW *et al.*, 1988

Outro método de espacialização de informações pontuais de precipitação é o da Krigagem. Este interpolador pondera os vizinhos do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não tendenciosidade e mínima variância, o que lhe permite produzir melhores estimativas, além de considerar a dependência espacial entre os pontos, possibilitando um maior controle de uma parcela do erro aleatório (VIEIRA, 2000; ASSAD *et al.* 2003; MELLO *et al.*, 2003; JUNQUEIRA JUNIOR *et al.* 2008). O interpolador de Krigagem, linear por definição, estima a variável interpolada na posição  $p$  ( $x_p$ ), a partir do estabelecimento do peso de Krigagem ( $\lambda$ ), de cada uma das  $n$  observações vizinhas ( $x_i$ ), da seguinte forma:

$$X_p = \sum_{i=1}^N \lambda_i * X_i \quad (5)$$

Segundo Silva *et al.*, (2011) a qualidade da interpolação espacial de dados climáticos depende da densidade e da distribuição dos pontos usados no cálculo, além da existência de correlação entre os modelos estatísticos dos interpoladores e os fenômenos em estudo. A escolha de um modelo de interpolação apropriado é essencial para se obter mapas de espacialização confiáveis.

#### 4.3.2.2 Infiltração e escoamento subsuperficial

A infiltração é uma das etapas mais importantes do ciclo hidrológico, tendo seu conceito sido introduzido por Horton (1933), que definiu a capacidade de infiltração potencial como sendo a taxa máxima na qual um dado solo pode absorver a precipitação numa certa condição. Além disso, outras variáveis influenciam na taxa de infiltração, como a declividade do terreno e a densidade da cobertura vegetal. Em relação ao potencial de permeabilidade de um solo, este varia principalmente em relação às suas características texturais, sendo que quanto mais fina a textura menor será este potencial.

O conceito de porosidade é de fundamental importância para a compreensão acerca dos fenômenos ligados à infiltração e ao escoamento subsuperficial das águas. A porosidade é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de espaços vazios nos espaços porosos e o volume total no solo ou nas rochas. De acordo com os diferentes tipos de texturas de solos ou rochas existem dois tipos fundamentais de porosidade: uma primária, condicionada pela existência de vazios inerentes à matriz da rocha ou solo; e uma secundária, produzida por fenômenos que posteriormente afetaram a rocha, como, por exemplo dissolução e ou fraturas controladas por estruturas regionais (FEITOSA *et al.*, 2008).

Em um escoamento em meio poroso, parte da seção transversal de uma área por onde o fluido percola é ocupada por solo ou rocha, sendo a taxa de vazão por área definida por um fluxo volumétrico expresso pelo fluxo de Darcy (CHOW *et al.*,1988). A lei de Darcy para escoamento em meio poroso pode ser expresso pela Equação (6):

$$Q = \frac{kA \Delta P}{\mu L} \quad (6)$$

Onde:

$Q$  = Vazão;

$k$  = Permeabilidade do meio poroso;

$A$  = Área de seção transversal;

$L$  = Comprimento da seção transversal;

$\Delta P$  = Diferença de pressão;

$\mu$  = Viscosidade do fluido;

As águas contidas nos solos e nas formações rochosas são divididas ao longo da vertical, basicamente em duas zonas horizontais, zona saturada e zona não saturada, de acordo com a proporção relativa do espaço poroso que é ocupado pela água. A zona saturada se dispõe abaixo da superfície freática, sendo caracterizada pelo fato de que nela todos os vazios existentes no terreno estão preenchidos por água. A zona não saturada também é chamada de zona de aeração, e situa-se entre a superfície freática e a superfície do terreno, estando os poros nesta zona parcialmente preenchidos por gases (principalmente ar e vapor d'água) e por água.

Segundo Chow *et al.* (1988) três importantes processos do escoamento subsuperficial são a infiltração das águas superficiais no solo que o tornam mais úmido, escoamento subsuperficial ou escoamento em zona não saturada através do solo e escoamento em águas subterrâneas ou escoamento na zona saturada do solo.

O escoamento subsuperficial é relacionado à capacidade dos materiais subsuperficiais em permitir o fluxo de água através dos espaços porosos. Esta propriedade dos materiais conduzirem água é chamada de permeabilidade, que depende do tamanho dos poros e da conexão entre eles.

Por fim, o escoamento em águas subterrâneas é o termo utilizado para as águas que fluem na zona saturada do solo, muitas vezes associadas a aquíferos e dutos subterrâneos.

É importante ressaltar que a geologia das águas subterrâneas, a partir da litologia, estratigrafia e estrutura, condicionam os processos de escoamento subsuperficial e a disposição de aquíferos.

Segundo Feitosa *et al.* (2008) a litologia trata da composição mineral, da distribuição de tamanho dos grãos e do grau de compactação dos sedimentos ou rochas constituintes do arcabouço geológico. A estratigrafia se refere às relações geométricas e cronológicas entre os vários elementos constituintes do sistema geológico, tais como lentes, camadas e formações de origem sedimentar. Essas discordâncias muitas vezes apresentam-se como meios superfícies que separam meios de permeabilidades diferentes e, por isso, frequentemente estão associados com a ocorrência de aquíferos. Por fim, a estrutura reflete as características geométricas produzidas no sistema geológico por deformação, após deposição ou cristalização, como é o caso de juntas, fraturas, falhas e dobras (FEITOSA *et al.*, 2008).

Para se compreender o potencial hidrogeológico, assim como a distribuição espacial das águas subterrâneas de uma região, é importante ter clareza acerca de sua litoestratigrafia e estrutura. A partir dos diferentes tipos de rochas componentes, assim como de suas características em relação à infiltração e permeabilidade, podem-se reunir três tipologias geológicas de ocorrência de águas subterrâneas: solos e sedimentos inconsolidados; rochas sedimentares; e rochas ígneas e metamórficas.

Segundo Feitosa *et al.*, (2008) as águas subterrâneas em sedimentos pouco consolidados apresentam muitas vantagens do ponto de vista do aproveitamento, principalmente em relação ao fato de que se situam em locais favoráveis à recarga a partir de rios, riachos e lagos, e até mesmo, da infiltração direta das chuvas. Além disso, por serem pouco consolidados, esses depósitos, geralmente, possuem alta capacidade de infiltração potencial, maior porosidade efetiva e maior permeabilidade do que as formações compactas (FEITOSA *et al.*, 2008).

Em relação às rochas sedimentares, as rochas mais importantes como aquíferos<sup>1</sup> são aquelas que apresentam permeabilidade de regular a boa. Rochas de baixa permeabilidade como os arenitos muito argilosos e siltitos comportam-se como aquíferos<sup>2</sup>, devido à sua baixa capacidade de transmissão de água. Por fim, os argilitos e folhelhos, por serem praticamente impermeáveis, classificam-se como aquíclides<sup>3</sup> (FEITOSA *et al.*, 2008).

As rochas ígneas e metamórficas apresentam permeabilidade praticamente nula. Segundo Feitosa *et al.* (2008) os vazios intercrystalinos condicionantes da porosidade são mínimos e não interconectados, fator que leva as permeabilidades dessas rochas a serem extremamente pequenas. Entretanto, é importante ressaltar que essas rochas apresentam, de modo geral, significativa ocorrência de fraturas, que criam uma porosidade secundária imbuída de uma permeabilidade responsável pela circulação da água subterrânea em ambientes que possuem essas formações rochosas.

#### 4.3.2.3 Evaporação

Do ponto de vista meteorológico, a evaporação é um processo físico de mudança da água do estado líquido para vapor devido à radiação solar e aos processos de difusão molecular e turbulenta. Segundo Watson e Burnett (1995), existe uma constante mudança de moléculas d'água entre os estados líquido e gasoso, sendo a evaporação o resultado de um excesso de moléculas do estado líquido transitando para o estado gasoso.

O processo de mudança do estado das moléculas de água de líquido para vapor requer energia, cedida pela radiação solar e, em menor extensão, pela temperatura do ar. A força motora para remover o vapor d'água da superfície evaporante é a diferença entre a pressão de vapor d'água desta superfície e da coluna de ar atmosférica circundante. Com o prosseguimento do processo de evaporação, o ar circundante torna-se gradualmente saturado e o processo diminui de intensidade, sendo interrompido se o ar úmido não for transferido para a atmosfera. A substituição do ar saturado por ar seco depende muito da velocidade do vento.

---

<sup>1</sup> Denomina-se aquífero a uma formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se movimentem no seu interior em condições naturais. As formações permeáveis, como as areias e arenitos, são exemplos de aquíferos (FEITOSA *et al.*, 2008).

<sup>2</sup> Um aquífero é uma camada ou formação semipermeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maior. O aquífero tem o comportamento de uma membrana semipermeável através da qual pode ocorrer uma filtração vertical ou drenagem. (FEITOSA *et al.*, 2008).

<sup>3</sup> Um aquíclide é uma formação que pode conter água (até mesmo em quantidades significativas), mas é incapaz de transmiti-la em condições naturais. As formações impermeáveis, como as camadas de argila, são exemplos de aquíclides (FEITOSA *et al.*, 2008).

Portanto, radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do vento são parâmetros climatológicos a serem considerados para avaliação da evaporação (ALLEN *et al.*, 1998).

A radiação solar é a principal fonte de calor que afeta a evaporação, possuindo a dupla função de esquentar a água para que ela vaporize mais rápido e aumentar a temperatura do ar, permitindo que uma maior quantidade de vapor d'água esteja presente no mesmo volume de ar, quando é atingido o grau de saturação deste.

Quanto menor a umidade do ar, mais fácil é o fluxo de vapor da superfície que está evaporando. O efeito é semelhante ao da temperatura. Se o ar da atmosfera próxima à superfície estiver com umidade relativa próxima a 100%, a evaporação diminui porque o ar já está praticamente saturado de vapor.

Os ventos são um importante fator que controla a taxa de evaporação, na medida em que criam distúrbios na superfície da água, aumentando a taxa de difusão molecular e afastando as camadas de ar saturado de perto da superfície da coluna d'água.

O método do balanço de energia se refere aos processos de transmissão, recepção e aproveitamento da energia fornecida a uma superfície evaporante através de radiação ou calor. Já o método de transferência de massa se refere à capacidade de circulação da coluna de ar atmosférica sobre a superfície evaporante, sendo a taxa de transporte relacionada ao gradiente de umidade do ar próximo a esta superfície e à velocidade do vento próxima a essa superfície.

Em 1948, Penman combinou estes referidos métodos para derivar uma equação para computar a evaporação de uma superfície de água aberta a partir de dados climatológicos como de radiação solar, horas de incidência solar real, temperatura, umidade e velocidade do ar.

$$E_0 \text{ (mm/dia)} = (\Delta/\gamma * q_{ef}/L + E_i) / (\Delta/\gamma + 1) \quad (7)$$

Onde :

$E_0$  = Evaporação

$$\left( \Delta/\gamma = \frac{38640,10^{7,5 T (237,3+T)}}{(237,3+T)^2} \right) \quad (8)$$

$T$  = Temperatura

$q_{ef}$  = Radiação Efetiva

$L$  = Calor latente de vaporização por unidade de massa

$E_i$  = Evaporação em condições isotérmicas

Segundo Tucci (2002), a equação de Penman traz algumas simplificações, como o desprezo às variações da energia da massa de água e a entrada e saída de energia do volume de controle, fatores estes que podem levar a erros para análises de evaporação de reservatórios. Allen *et al.*, (1998) alertam para o fato de que a equação de Penman requer calibração local do vento para alcançar bons resultados, além disso, aludem ao fato de que o método de radiação mostra bons resultados em climas úmidos, onde os parâmetros da resistência aerodinâmica são relativamente curtos, porém o desempenho desse método tende a subestimar a evaporação em climas áridos.

A transpiração consiste na vaporização de água no estado líquido contida em tecidos das plantas e a liberação de vapor para a atmosfera. A transpiração, como a evaporação direta, depende do fornecimento de energia, da pressão de vapor e do vento. Assim, radiação, temperatura do ar, umidade do ar e vento devem ser considerados quando se avalia a transpiração. A quantidade de água no solo e a capacidade do solo para condução de água para as raízes também determinam a taxa de transpiração, assim como a umidade do solo e salinidade da água. A taxa de transpiração também é influenciada por características da cultura, do meio ambiente e aspectos e práticas de cultivo (ALLEN *et al.*, 1998).

A evaporação e a transpiração ocorrem simultaneamente, não sendo fácil distinguir entre os dois processos. Além da disponibilidade de água no solo, a evaporação, a partir de um solo cultivado é determinada principalmente pela fração da radiação solar que atinge a superfície do solo. Esta fração diminui ao longo do período de crescimento, quando o desenvolvimento da cultura leva à ocupação de uma área e volume maior no solo. Quando a cultura ou presença de plantas é pequena, a água é predominantemente perdida por evaporação, mas uma vez que a cultura é bem desenvolvida a transpiração torna-se o processo principal. A evapotranspiração, portanto, corresponde à integração dos dois processos: evaporação e transpiração.

#### 4.3.2.4 Escoamento Superficial

O escoamento superficial se refere à parcela de água de chuva que não se perdeu por interceptação, evaporação e infiltração no solo, sendo, por isso, muitas vezes chamada de precipitação efetiva.

Em um evento de precipitação, conforme as águas atingem o solo e se infiltram, vão preenchendo gradativamente os espaços porosos em subsuperfície até levar à sua saturação. Segundo Chow *et al.* (1988) existem dois tipos de armazenamento subsuperficial: detenção e retenção. A retenção se refere ao armazenamento ocorrido depois de um longo período de tempo e que pode ser esvaziado pela evaporação. A detenção, todavia, é associada ao armazenamento efetuado em ciclos mais curtos, e que é transportada subsuperficialmente por percolação. Quando o armazenamento por detenção sobre o solo o leva à condição de saturação, dá-se início aos processos de escoamento superficial.

Sem levar em consideração a interceptação pela vegetação, o escoamento superficial corresponde, portanto, à parcela de chuva que não foi absorvida pelo solo através da infiltração. Portanto, para um solo com capacidade de infiltração  $f$ , o escoamento superficial não ocorre enquanto  $f$  for menor que a intensidade da chuva  $i$ , sendo a precipitação total absorvida pelo solo. Todavia, se  $i$  for maior que  $f$ , o escoamento superficial irá ocorrer numa taxa  $(i - f)$ , sendo essa diferença chamada de chuva excedente por Horton (1933).

Diversos fatores exercem influência sobre as características e a propensão de uma dada bacia hidrográfica produzir escoamento superficial.

O relevo e sua configuração morfométrica influenciam diretamente o processo de escoamento superficial, principalmente por meio da declividade, sendo que quanto maior for a inclinação de uma vertente, menor será a propensão à infiltração das águas e maior tenderá a ser a produção de escoamento superficial.

Os tipos de solo dispostos ao longo da bacia hidrográfica, detentores de diferentes profundidades e texturas, condicionam maiores ou menores taxas de infiltração, influenciando, conseqüentemente, a produção de escoamento superficial.

A cobertura do solo também exerce grande influência sobre as taxas de escoamento superficial. Quanto maior a densidade da cobertura vegetal de uma bacia hidrográfica maiores

serão as taxas de infiltração no solo e evapotranspiração. A ausência da cobertura vegetal faz com que as gotas de chuva caiam diretamente sobre o solo, causando a ruptura dos agregados, resultando na individualização das partículas, que, transportadas, contribuem para a selagem da superfície do solo. Devido ao preenchimento dos poros, há formação de crostas e consequente diminuição da capacidade de infiltração da água, aumentando, assim, o escoamento superficial.

#### **4.4 Regressão Linear**

Análise de Regressão é um termo dado à metodologia que se utiliza da relação entre duas variáveis (Regressão Linear Simples) ou mais de duas variáveis (Regressão Linear Múltipla), a partir da qual uma variável pode ser predita por outra ou por outras (NETER *et al.*, 1996).

Esse tipo de análise estatística é empregado quando se supõe haver uma relação de causa-efeito entre duas variáveis quantitativas e deseja-se expressar matematicamente essa relação. É comum chamar a variável dependente (ou variável de resposta) de  $Y$  e a independente (fator, variável explicativa ou variável preditiva) de  $X$ . Partindo-se da premissa de existência de um relacionamento funcional entre os valores de  $Y$  e  $X$ , busca-se uma função que deverá explicar a parcela significativa da variação de  $Y$  com  $X$ . Em outros termos, admite-se a existência de uma função que explica, em termos médios, a variação de uma das variáveis com a variação da outra (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Um modelo de regressão é uma forma de expressar os dois ingredientes essenciais de uma relação estatística, quais sejam: a tendência da resposta de uma variável  $Y$  de variar com a variável predita  $X$  de maneira sistemática; e a dispersão de pontos em torno da curva de regressão estatística. Sendo assim, os objetivos de um estudo de regressão são: avaliar uma possível dependência de  $Y$  em relação à  $X$ ; e expressar matematicamente esta relação por meio de uma equação (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Admitindo ser uma reta a linha teórica de regressão, a função entre  $X$  e  $Y$  é a seguinte:

$$Y = \alpha + \beta X + e \quad (9)$$

onde,  $Y$  é a variável dependente,  $X$  é a variável independente,  $\alpha$  e  $\beta$  são os coeficientes do modelo, sendo que a variável  $e$  denota os erros ou resíduos da regressão. A linha reta representa o comportamento de valores de  $Y$  médios esperados para distintos valores de  $X$ , isto

é, a reta representa uma média que se modifica à medida que os valores de  $X$  aumentam (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  da reta teórica são estimados a partir dos dados observados numa amostra, obtendo uma reta estimativa na forma:

$$\hat{y}_i = a + bx_i \quad (10)$$

Onde,

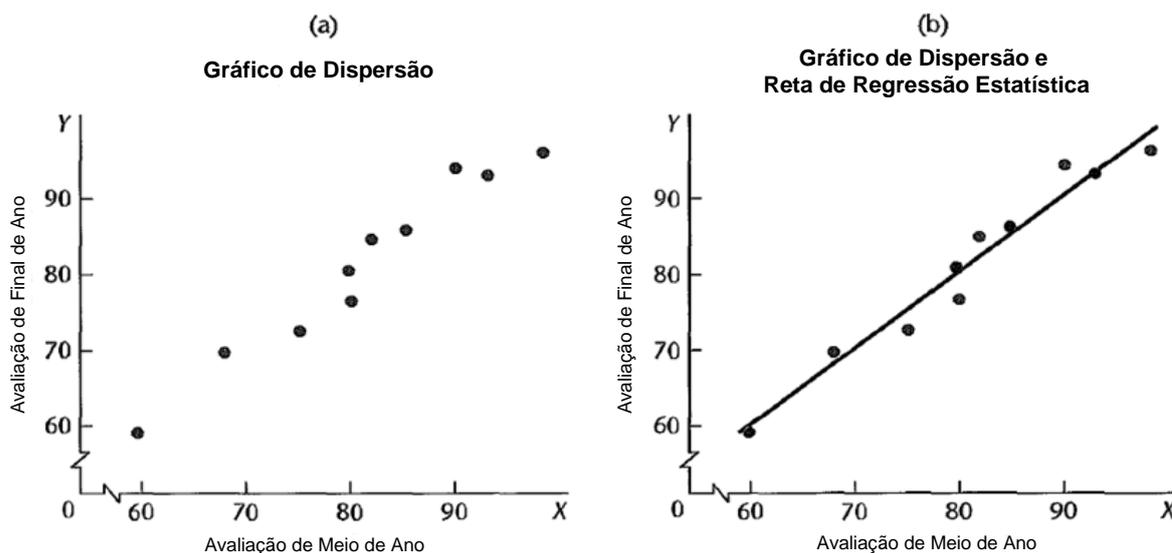
$a$  é a estimativa do coeficiente  $\alpha$ ;

$b$  é a estimativa de  $\beta$ ;

$\hat{y}_i$  é o valor estimado da variável dependente;

e  $x_i$  é o valor observado da variável independente (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

A Figura 4.9 apresenta um exemplo do gráfico de dispersão e da reta de regressão do modelo linear, nesse caso exemplificado pela relação entre a avaliação de desempenho de trabalhadores no meio e no final do ano:

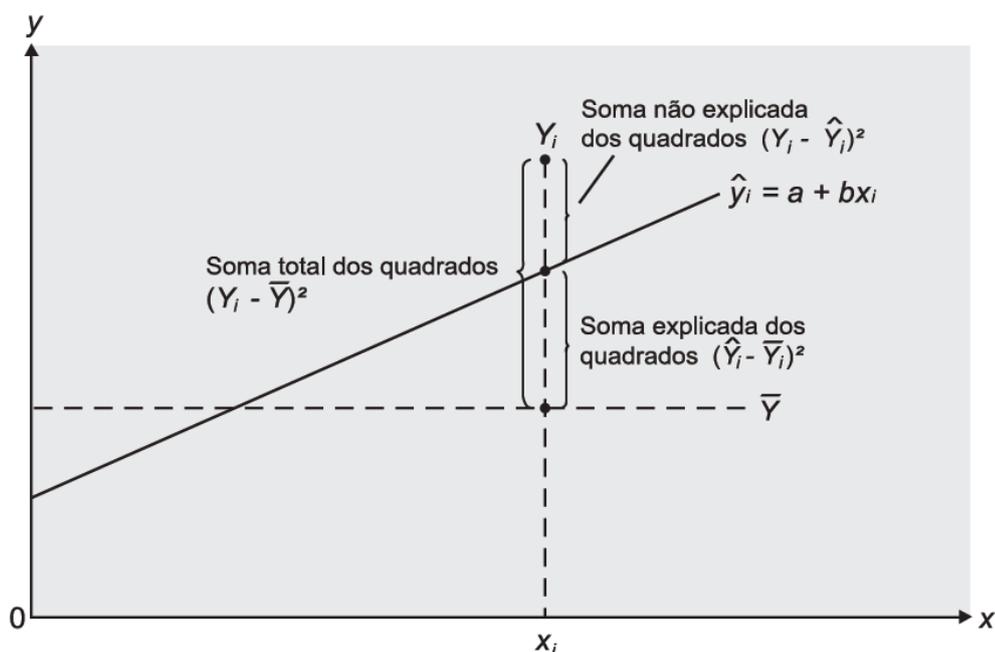


**Figura 4.9** – Gráfico de dispersão e da reta de regressão do modelo linear, referentes à relação entre a avaliação de desempenho de trabalhadores no meio e no final do ano  
Fonte: Adaptado de NETER *et al.*, 1996

A reta de regressão permite, portanto, representar a dependência de uma variável quantitativa em relação à outra por meio de uma equação simples e prever valores para a variável dependente  $Y$  de acordo com valores determinados (inclusive não observados) da variável independente  $X$  (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Deve-se levar em consideração que o ângulo de inclinação da reta de regressão indica o tipo de comportamento de uma variável em relação à outra. Quando a reta de regressão tem sentido ascendente estabelece-se que a relação entre as variáveis é positiva, ou seja, os valores de  $Y$  apresentam comportamento diretamente proporcional aos valores de  $X$ . Por outro lado, caso a reta apresente-se de forma descendente, a relação é inversamente proporcional entre as variáveis.

Tendo sido efetuada a estimativa dos coeficientes da reta de regressão, deve-se verificar se os dados amostrais são descritos pelo modelo, além de ser necessário determinar a parcela da variabilidade amostral que foi, de fato, explicada pela reta de regressão. A partir da Figura 4.10 pode-se analisar essas questões, a qual possibilita a dedução da seguinte relação simples:



**Figura 4.10** – Componentes de Y na reta de regressão linear  
Fonte: NAGHETTINI; PINTO, 2007

$$y_i = (y_i - \hat{y}_i) + (\hat{y}_i - \bar{y}) + \bar{y} \quad (11)$$

Partindo-se dessa equação, tem-se que:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 + \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \quad (12)$$

O primeiro membro da equação (12) pode ser interpretado como proporcional à variância total de  $Y$ , enquanto o segundo membro reflete a soma de termos proporcionais às suas variâncias residuais e explicado pelo modelo de regressão (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Sendo assim:

$$SQT = SQ\ Res + SQReg \quad (13)$$

Onde,

SQT é a soma quadrática total;

SQ Res é a soma dos quadrados dos resíduos;

e SQ Reg é a soma dos quadrados devido à regressão.

O coeficiente de determinação é dado pela relação entre a soma dos quadrados devidos à regressão (SQ Reg) e a soma total dos quadrados (SQT), ou seja:

$$r^2 = \frac{\text{Variância Explicada}}{\text{Variância Total}} = \frac{SQ\ Reg}{SQT} \quad (14)$$

Onde,

$r^2$  é o coeficiente de determinação ( $0 \leq r^2 \leq 1$ );

$y_i$  é o valor observado da variável dependente,

$\hat{y}_i$  é o valor estimado da variável dependente;

e  $\bar{y}$  é a média da variável dependente (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

É importante ressaltar que a existência de uma relação estatística entre a variável dependente  $Y$  e a variável independente  $X$  não implica necessariamente uma relação de causalidade entre ambas. Sendo assim é importante que o analista, ao empregar o modelo de regressão linear, tenha bem estabelecidas e teoricamente embasadas suas hipóteses acerca dos fenômenos a serem analisados.

Na regressão múltipla estuda-se o comportamento de uma variável dependente  $Y$  em função de duas ou mais variáveis independentes  $X_i$ . Neste tipo de análise é possível avaliar a contribuição de uma variável explicativa ao modelo de regressão. De acordo com esse critério, avalia-se a contribuição de uma variável explicativa para a soma dos quadrados devido a regressão, depois que todas as outras variáveis independentes foram incluídas no modelo (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

#### **4.5 Análise das Componentes Principais**

Em situações em que muitas variáveis são medidas simultaneamente em cada elemento amostral de uma análise estatística é comum o emprego de um conjunto de métodos estatísticos, com a denominação de estatística multivariada. De forma geral, as análises de estatística multivariada são empregadas quando se busca simplificar a interpretação do fenômeno que está sendo estudado, além de possibilitar a construção de grupos de elementos amostrais que apresentem similaridade entre si, possibilitando a segmentação do conjunto de dados original.

A análise das componentes principais (ACP) é um simples método de estatística multivariada que tem como objetivo agrupar um número de variáveis em combinações para a produção de índices que não sejam correlacionados na ordem de sua importância e que descreva a variação nos dados (MANLY, 2008). O objetivo principal deste tipo de análise é o de explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de  $p$ -variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Estas combinações lineares são chamadas de *componentes principais* (MINGOTI, 2005).

A técnica das componentes principais consiste em encontrar novas variáveis, denominadas  $Y_k$ , sendo  $K = 1, 2, \dots, p$ , que sejam combinações lineares das  $p$ -variáveis originais. A ideia básica é substituir a informação das  $p$ -variáveis originais por  $K$ -componentes principais não correlacionadas, que expliquem uma grande parte da variabilidade total dos dados. Com isso,

a informação contida nas *p*-variáveis originais é substituída pela informação contida em K ( $K < P$ ). Segundo Mingoti (2005), a qualidade da aproximação depende do número de componentes mantidas no sistema e pode ser medida através da avaliação da proporção de variância total explicada por essas.

A elaboração da análise das componentes principais pode ser dividida em três momentos: 1) derivação da matriz de correlação ou de variância/covariância 2) cálculo dos autovetores e autovalores e 3) transformação linear do conjunto de dados (RICHARDS, 1993). Segundo Mather (1999 *apud* FARIA, 2013), essa transformação tem como base a rotação do espaço de atributos na direção dos autovetores, com o intuito de tornar ortogonal o conjunto de dados, promovendo assim a união das informações de maior correlação nas primeiras componentes.

Existem muitos exemplos na literatura acerca do emprego de análises das componentes principais em recursos hídricos. Como exemplo, Barbosa *et al.* (1997) utilizaram o método ACP para a escolha e redução do número de variáveis a serem empregadas na elaboração de um índice físico-químico de qualidade das águas nas bacias dos rios Doce e Piracicaba. Elesbon (2012) empregou a metodologia de ACP em um estudo para regionalização de vazões e avaliação, rearranjo e otimização de redes de monitoramento hidrométrico na bacia do rio Doce.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo são abordadas todas as etapas de elaboração do presente trabalho, que envolvem: o processamento digital de imagens, abarcando a avaliação das áreas dos lagos, e a classificação dos usos e coberturas do solo, onde se insere a análise de suas transformações espaço-temporais; coleta e tratamento dos dados climáticos; elaboração de informações morfométricas e morfológicas; análise das influências climáticas sobre as variações das áreas dos lagos; e método dos componentes principais. O desenvolvimento do presente trabalho se deu a partir de um estudo de caso a ser realizado na região do alto vale do rio Doce.

### 5.1 *Área de Estudo*

O alto vale do rio Doce situa-se na porção leste do Estado de Minas Gerais, sendo a área de estudo compreendida entre as coordenadas 19° 18' 32,40" S e 19° 56' 02,40" S e 42° 19' 58,80" W e 42° 41' 24" W (Figura 5.1).

Segundo Faria (2013), estudos anteriores atribuíam essa área como sendo pertencente ao médio vale do rio Doce, todavia, conforme diagnóstico consolidado pelo comitê da bacia hidrográfica do rio Doce, foi classificado como alto rio Doce, no qual ficou definido que os limites dela se estendem da cabeceira do rio Doce até a confluência com o Rio Piracicaba, nas proximidades de Governador Valadares (CBH-DOCE 2005).

As principais vias de acesso são as rodovias BR-262, que liga a capital mineira à cidade de Vitória no Espírito Santo, e a BR-381, que partindo de Belo Horizonte segue em sentido Salvador, estado da Bahia.

Os principais municípios são Timóteo e Coronel Fabriciano, sendo que, dentro da divisão político-econômica do Estado de Minas Gerais, grande parte da região situa-se na denominada Zona Metalúrgica, estando presentes nesta região importantes usinas siderúrgicas, como a Arcelor Mittal.

Em termos hidrográficos, o alto vale do rio Doce possui como principais tributários os rios Casca e Matipó, que se originam nas áreas elevadas no limite sul da área, e os rios Piracicaba e Santo Antônio, provenientes de áreas a oeste (Serra do Espinhaço).

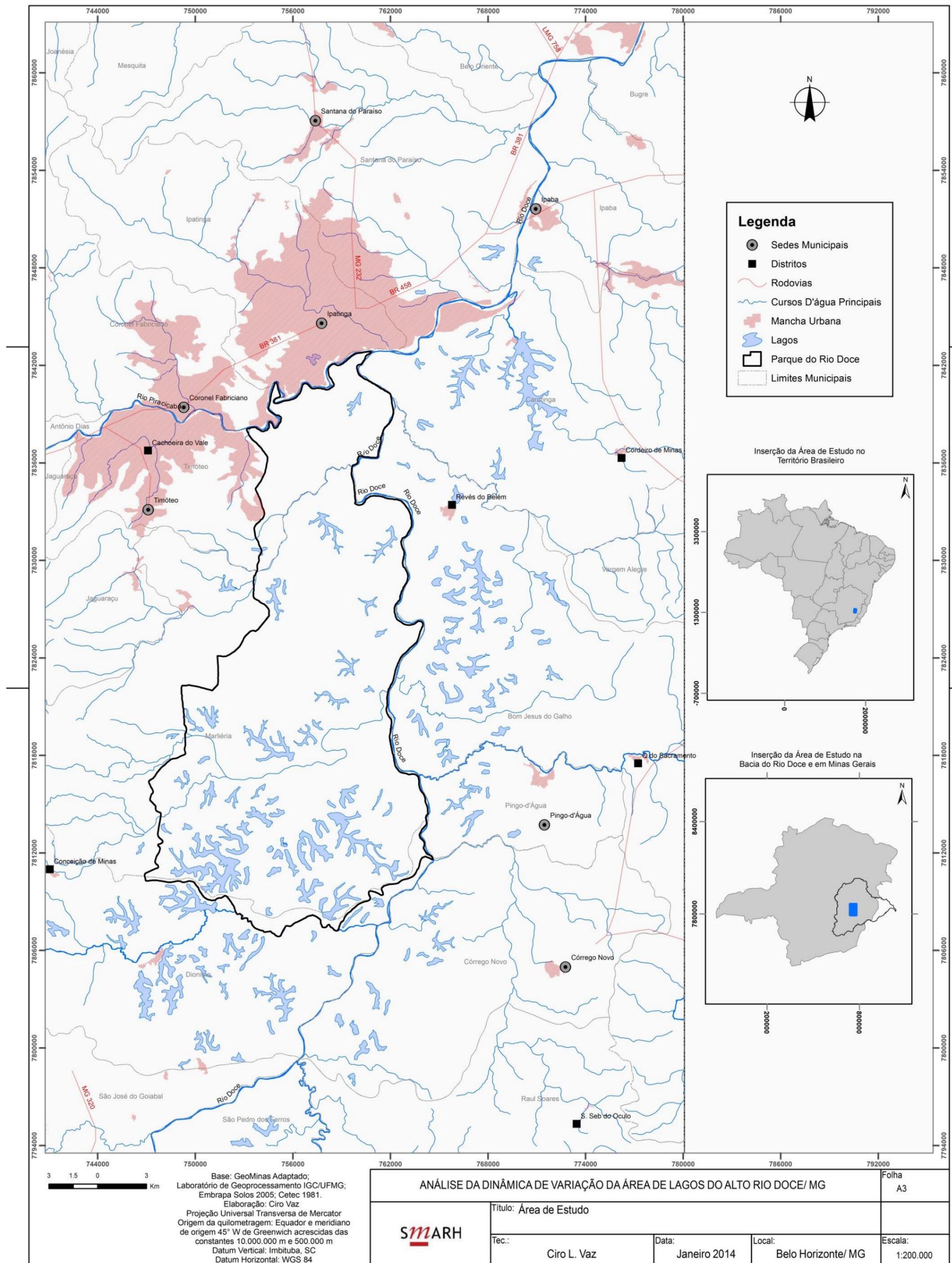


Figura 5.1 – Área de estudo

O alto rio Doce abriga um sistema de lagos naturais, muitos destes inseridos dentro do remanescente de mata atlântica de Minas Gerais – o Parque Estadual do Rio Doce (PERD) –, um dos biomas mais ameaçados do Brasil, com 35.794 hectares de área preservada. O PERD foi criado pelo decreto de lei 1.119 de 14 de junho de 1944.

O sistema de lagos naturais do alto vale do rio Doce é composto por cerca de 160 corpos lacustres de dimensões variáveis, formas dendríticas alinhadas e limites retilíneos, com profundidades que variam de 6 a 30 m e com áreas de 0,1 até mais de 5 km<sup>2</sup> (MELLO, 1997; PERÔNICO, 2009). A região é reconhecida como Área Úmida de Importância Internacional, após sua inclusão entre os sítios de Ramsar (*Convention on Wetlands of International Importance*) em dezembro de 2009 (Ver Figura 5.2).

Outra característica dos lagos dessa região é a presença de diferentes estágios de assoreamento em que se encontram alguns de seus corpos d'água. Segundo Barbosa e Kohler (1981), em mais de 50 lagos, 21 estariam preenchidos por materiais sedimentares, 25 estariam em fase de preenchimento e apenas 8 estariam livres da sedimentação. Dentre os lagos da área do Parque Estadual do Rio Doce, os autores constataram que aqueles situados na porção norte são mais colmatados; enquanto que os lagos da porção sul são extensos, digitados (ramificados) e menos colmatados.

Segundo PERÔNICO (2009) alguns lagos apresentam braços ou até mesmo parte do corpo lacustre assoreados, destacando-se nesses pontos macrófitas peculiares a esse tipo de ambiente. Um mapeamento dos estágios de desenvolvimento das espécies vegetais das terras úmidas ao longo da área de estudo foi feito por Maillard *et al.* (2012), através de imagens de satélite Ikonos de alta resolução e análises de campo, sendo identificados quatro tipologias: Turfeiras; Brejos; Macrófitas aquáticas; e Ilhas flutuantes (Ver Figura 5.3).

O sistema de lagos da Região do alto vale do rio Doce é o terceiro maior do território brasileiro (TUNDISI *et al.*, 1981). Os lagos situados dentro dos limites do Parque Estadual do Rio Doce têm suas bacias de contribuição ocupadas pela densa floresta. Todavia, a maioria das lagos situados fora dos limites da Unidade de Conservação tiveram sua vegetação circundante nativa devastada. Desde 1950 estas áreas têm passado por intervenções antrópicas, a começar pela produção de carvão vegetal para abastecer usinas siderúrgicas. Hoje, essas áreas são ocupadas por extensas plantações de eucalipto (Ver Figura 5.3).

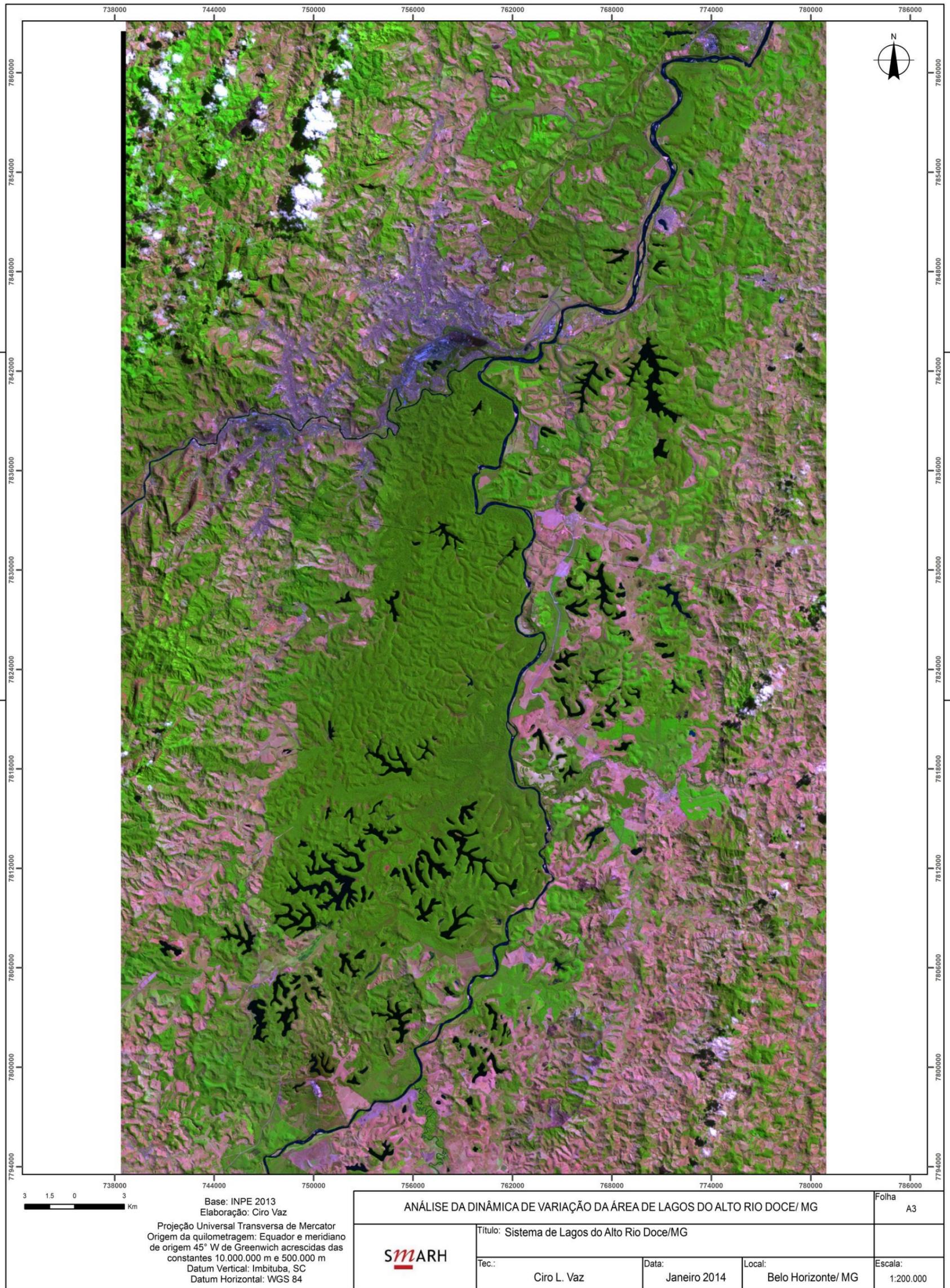


Figura 5.2 – Sistema de lagos do alto rio Doce/MG

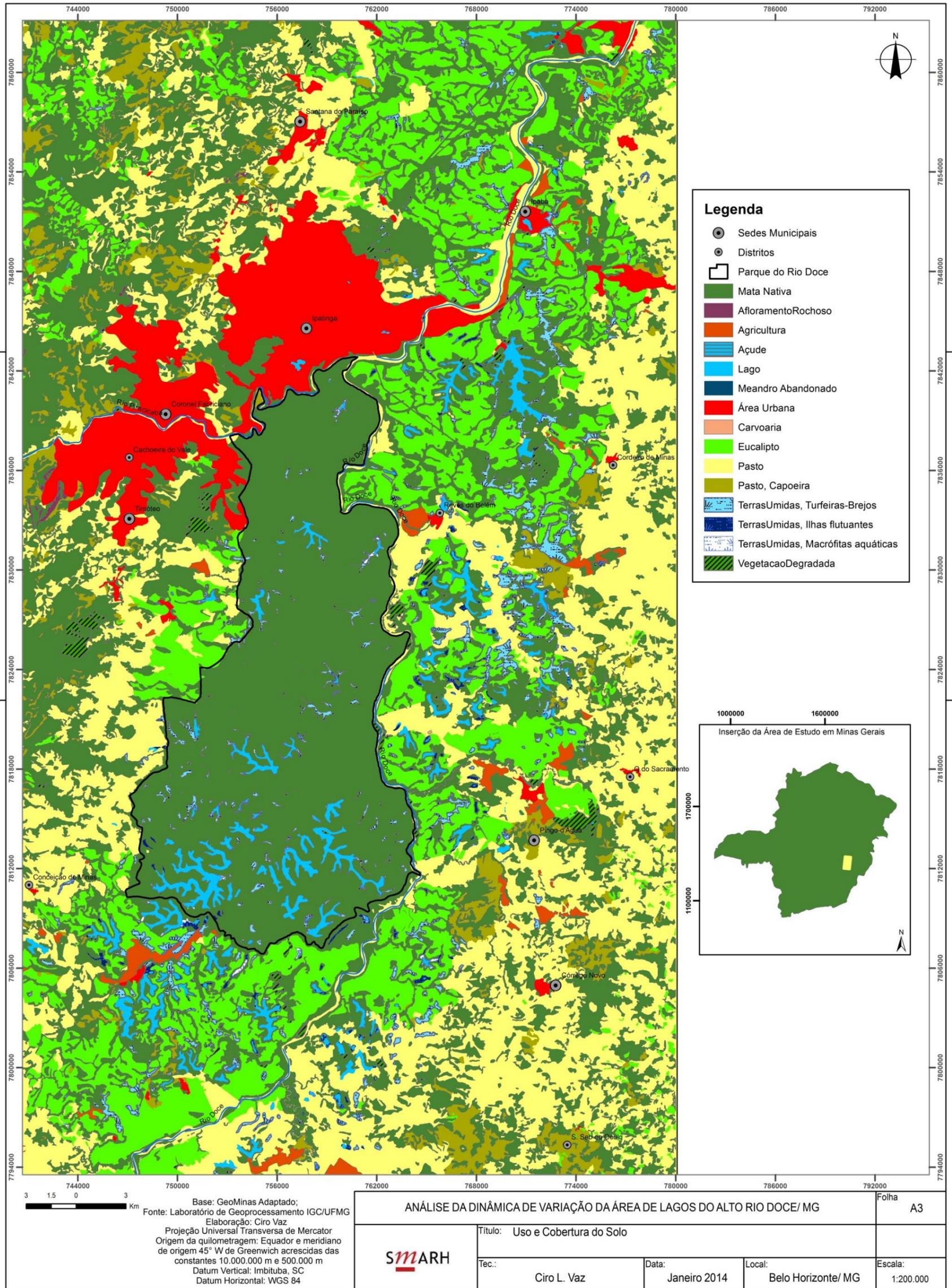


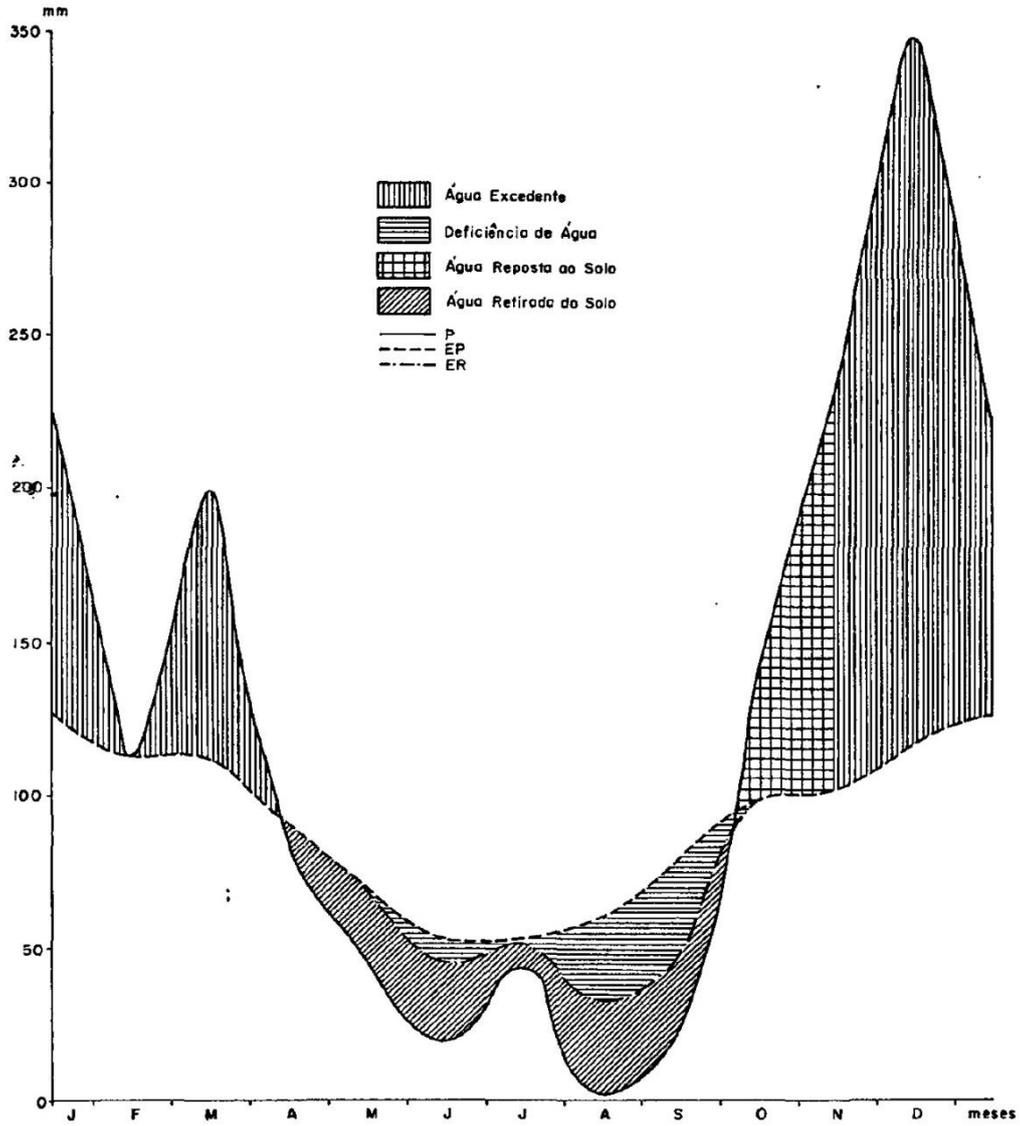
Figura 5.3 – Uso e cobertura do solo do alto vale do rio Doce/MG - 2010

### 5.1.1 Clima

Segundo Andrade *et al.* (1997) o clima da região do alto vale do rio Doce pode ser classificado como tropical úmido (Aw de Koppen), com verões chuvosos e invernos secos, com pluviosidade média anual de 1480 mm. O período entre os meses de outubro a março apresenta elevadas taxas de pluviosidade, enquanto o intervalo entre os meses de maio a julho caracteriza-se como uma estação de baixas temperaturas e pluviosidade (NIMER, 1989).

A temperatura média anual é de 21,9°C, sendo que nas áreas com altitudes elevadas, as temperaturas médias anuais são 21,8°C no verão e 19,5°C no inverno; nas porções com baixas altitudes, as temperaturas médias anuais são 24,7°C no verão e 21,4°C no inverno (SARGES, 2002).

A Figura 5.4 apresenta informações de um balanço hídrico proposto para a área de estudo realizada através de dados da Estação Meteorológica da Acesita, segundo Lemos *et al.* (1981).



Precipitação anual .....	1480,3
Evapotranspiração potencial anual .....	1071,7
Excedente anual .....	480,5
Deficiência anual .....	71,9
Água retirada do solo .....	109,0
Água repostada ao solo .....	109,0

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA ACESITA

Lat. ....	19°32'S
Long .....	42°37'W
Alt. ....	261 m

**Figura 5.4 – Balanço Hídrico**  
 Fonte: LEMOS *et al.*, 1981

### 5.1.2 Geologia

A área de estudo se insere na denominada Província Estrutural Mantiqueira, conforme definição de Almeida *et al.* (1984), sendo basicamente constituída por rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas, que se encontram sobrepostas por coberturas sedimentares cenozoicas. Segundo Faria (2013) a evolução dessa província é advinda de vários eventos ocorridos no Pré-Cambriano, além da ruptura do Gondwana, no Mesozóico, caracterizado como o último evento regional.

O Complexo Piedade é a principal unidade litoestratigráfica na região dos lagos, sendo formado por rochas do tipo ortognaisse de fácies anfíbolito, com frequentes intercalações supracrustais (CBH-DOCE, 2005). A Figura 5.5 apresenta o mapa geológico da área de estudo.

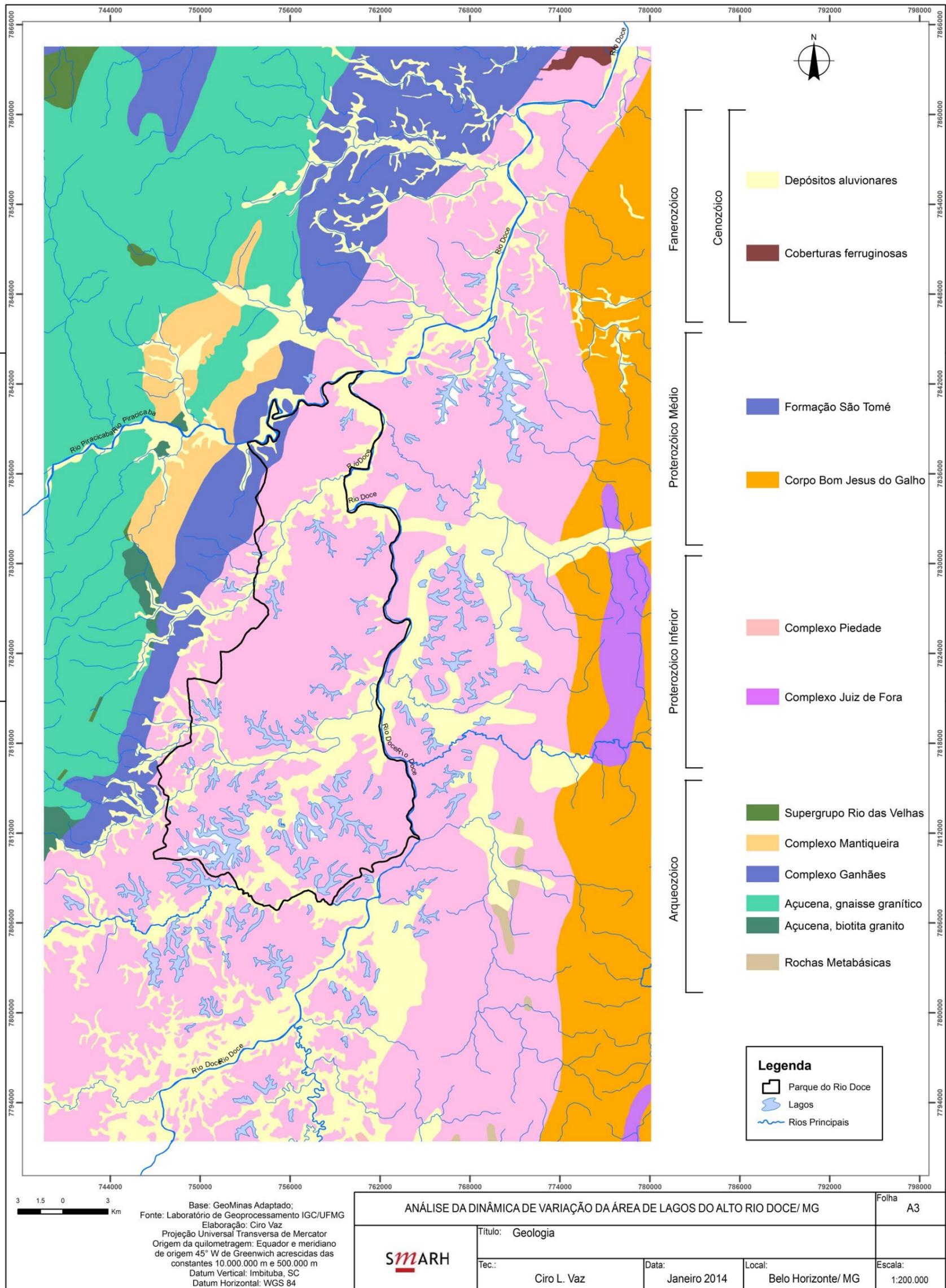


Figura 5.5 – Mapa geológico

### 5.1.3 Geomorfologia

Sob o ponto de vista geomorfológico, a área de estudo se insere no compartimento denominado Depressão Interplanáltica do Rio Doce, referida como sendo uma área topograficamente deprimida e alongada na direção NNE-SSW, constituída por relevo de colinas rebaixadas, com altimetria variando entre 200 e 500 m, com limites marcados por serras com altitudes entre 700 e 1000 m.

Nas proximidades do leito do Rio Doce, Pflug (1969) dividiu a região nos seguintes compartimentos morfológicos: o atual leito do Rio Doce, ora entalhando um terraço sedimentar antigo em leito largo (100-300 m), ora encaixado em rocha pré-cambriana apresentando cachoeiras e corredeiras; o terraço de acumulação nas vizinhanças do Rio Doce, aproximadamente 20 m acima do nível atual; a superfície de aplainamento a 50-70 m acima do nível do rio, entalhada por um sistema de drenagem de padrão dendritico, muitas vezes barrado pelo terraço de acumulação, dando origem a uma série de lagos; e os ambientes lacustres dispostos ao longo dos vales.

Mello (1997) propõe uma subdivisão da área em três setores: central, norte e sul. O setor central, onde se situa o complexo lacustre, ocupa uma região na qual a altitude não ultrapassa 500 m, com relevo de colinas alongadas, vales amplos desenvolvidos nas cotas 250 m e interflúvios extensos, apresentando cotas entre 300 e 400 m. O relevo da região sul é marcado por colinas dissecadas e pela predominância de cotas mais altas que a região norte, variando entre 300 e 400 m nos vales e 400 e 500 m nas cristas; já na região norte, as colinas são mais suaves, e os vales registram cotas entre 200 e 250 m e 250 e 300 m nos interflúvios. Ressalta-se ainda a presença de afloramentos graníticos e gnaíssicos que chegam a 1.100 m de altitude na região ocidental da área de estudo, na qual se encontra o pico do Jacroá, próximo à cidade de Marliéria. A Figura 5.6 apresenta o mapa hipsométrico da área de estudo.

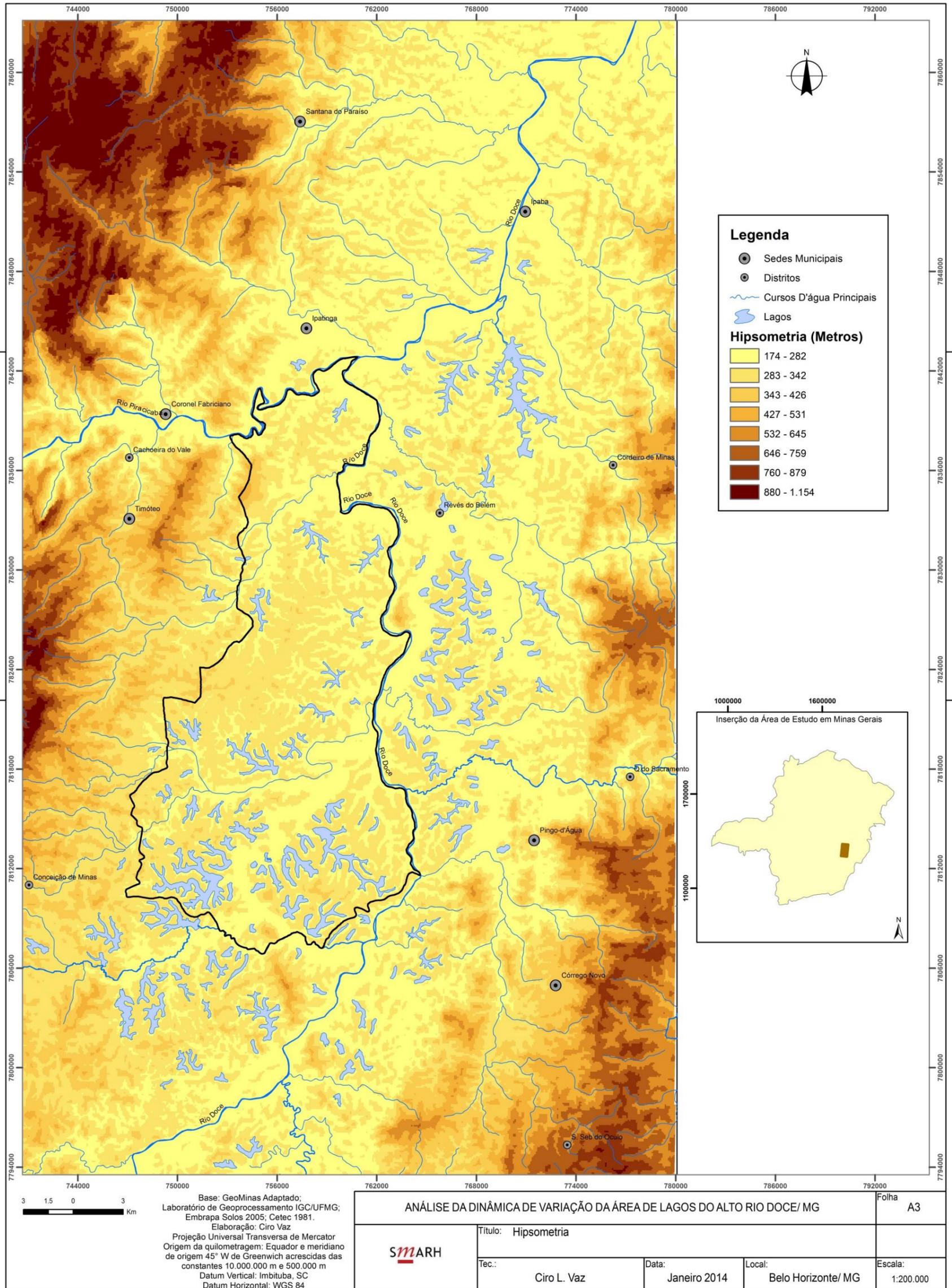


Figura 5.6 – Mapa hipsométrico

A desagregação e alteração das rochas do embasamento é profunda, ocorrendo afloramento apenas em alguns pontos esparsos e nas cachoeiras do Rio Doce, como a dos Óculos, Jacutinga e Ponte Queimada, onde afloram quartzo-biotita-xisto, gnaisses e quartzitos. O padrão de drenagem sobre alteritos profundos em clima chuvoso tende essencialmente ao tipo dendrítico, com desenhos arborescentes e cursos d'água de pequena extensão (BARBOSA; KHOLER, 1981).

Barbosa e Kohler (1981) propuseram uma subdivisão dos lagos em dois tipos: os lagos do tipo I, que ocorrem em maior quantidade, têm natureza endorréica, formas digitadas, são profundos e a colmatação depende do regime limnológico e das condições de deposição do material sedimentar; e os lagos do tipo II, que são minoria, apresentam caráter exorréico, têm formas alongadas ou arredodadas e a colmatação é aluvial.

Outro aspecto de relativa importância observado na carta topográfica relaciona-se aos níveis apresentados pelas águas dos lagos. Foram identificados três níveis de lagos: o nível mais elevado corresponde à área sul, cujas águas dos lagos possuem altitude pouco inferior a 280 m (entre 270 e 280 m); o nível intermediário, de 260 m, é composto pelos lagos compreendidos entre a várzea do ribeirão Turvo e a estrada transversal ao Parque; o terceiro nível, situado a 240 m, é composto pelos lagos da área norte. Segundo Barbosa e Kohler (1981), essa diferença de nível poderia estar ligada tanto às características dos sedimentos do assoalho lacustre e embasamento rochoso, como também ao desnível apresentado pelo nível de base local, o Rio Doce. Este possui, na extensão compreendida entre a confluência com o ribeirão Mumbaça, ao sul, e o rio Piracicaba, a norte, quatro corredeiras. Essa extensão abrange aproximadamente 48 km. O desnível promovido pelas corredeiras nessa extensão é de 40 m, ou seja um gradiente de 0,08%.

Em relação aos lagos de dentro do Parque do Rio Doce, aqueles situados na área norte são menos perenes e mais colmatados, e possuem, de modo geral, bacias de drenagem maiores e áreas menores, além de apresentarem maior desenvolvimento de canais intermitentes de ordens inferiores. Em decorrência de estar em nível altimétrico mais baixo, a ligação dos lagos da região norte com a drenagem atual é mais direta. Por outro lado, na região Sul, ocorrem lagos com áreas mais extensas além da presença de um reduzido número de canais de primeira e segunda ordem, sendo extensos, digitados (ramificados) e menos colmatados (BARBOSA; KOHLER, 1981).

No que se refere à relação com a rede de drenagem, os lagos constituem unidades independentes, sendo que a drenagem compõe-se de canais intermitentes de ordens inferiores, responsáveis pela dissecação das encostas, possuindo uma função coletora somente no período de excedente hídrico.

Duas grande planícies aluviais, ocupadas pelo Córrego Revés de Belém, na parte norte, e Ribeirão do Turvo, na parte sul, cruzam a área ocupada pelo sistema lacustre no interior do Parque do Rio Doce, nos sentidos SW-NE e W-E, respectivamente. Essas planícies apresentam duas características comuns. O volume e a competência de sedimentação dos dois cursos d' água não mantêm relação direta com a extensão da área colmatada. Os dois rios ocupam uma posição marginal em relação à área da planície. Essas características são suficientes para definir que essas planícies não foram elaboradas pelos atuais cursos d'água, as quais podem ser referidas como sendo paleocanais de rios antigos.

Segundo Barbosa e Kohler (1981), a ocorrência de várzeas de paleocanais situadas em níveis um pouco mais elevados que aqueles das águas dos lagos atua como uma espécie de obstáculo. Como não se observam canais de escoamento perene ligando os lagos entre si e ligando-os aos rios, mas apenas leitos secos, deduz-se que o obstáculo representado pelas várzeas só é vencido por ocasião das chuvas intensas. Santos (1978) constatou a falta de comunicação das águas entre diferentes lagos, baseado na presença ou ausência de certas espécies de peixes em lagos situados em áreas muito próximas umas das outras.

Barbosa e Kohler (1981) efetuaram cálculos de pluviometria por área de drenagem em algumas bacias de lagos do Parque do Rio Doce, tendo concluído que não há uma correlação areal entre a área drenada por um sistema de canais que converge para determinado lago e sua área. Essa aferição, portanto, exclui a possibilidade de que as águas dos lagos do Parque poderiam ter sido acumuladas dentro dos níveis de precipitação atual, sendo que a falta de correlação seria ainda mais acentuada fosse considerado o volume de água acumulada. Segundo os autores, ainda que não se disponha de dados volumétricos criticamente utilizáveis, as relações espaciais seriam suficientes para concluir que os lagos acumulam "água fóssil" (BARBOSA; KOHLER, 1981).

#### 5.1.4 Pedologia

Conforme Lemos *et al.* (1981) e dados da Embrapa Solos a área onde se situam os lagos apresenta-se desenvolvida principalmente sobre solos do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo e Latossolos Amarelo e Vermelho- Amarelo, com pequena área composta por solos Aluviais (Ver Figura 5.7).

Segundo Lemos *et al.* (1981) os solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo do Parque do Rio Doce possuem horizonte A com espessura superior a 20 cm, normalmente subdividido em A1 e A3, com textura argilosa (mais de 50% de argila), ocorrendo também textura franco-argila-arenosa, sendo esse horizonte muito poroso. O horizonte B tem espessura entre 1 e 2,5 m, apresenta textura argilosa e solos de textura média. O horizonte C geralmente encontra-se a mais de 2,5 m de profundidade.

Com relação aos solos do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo dispostos no Parque do Rio Doce, esse apresenta horizonte A com espessura em torno de 20 cm, variando de 5 a 60 cm. A textura é predominantemente da classe argila e argilo-arenosa, observando-se também textura mais leve da classe franco siltosa. O horizonte B apresenta espessura que varia entre 50 e 200 cm, com classe textural com predomínio da textura argilosa, ocorrendo também textura franco argilosa que compreende o grupamento de textura média (LEMOS *et al.*, 1981).

Ainda de acordo com Lemos *et al.* (1981), no Parque do Rio Doce, os solos em sua maioria apresentam textura argilosa (85,58 % do total da área).

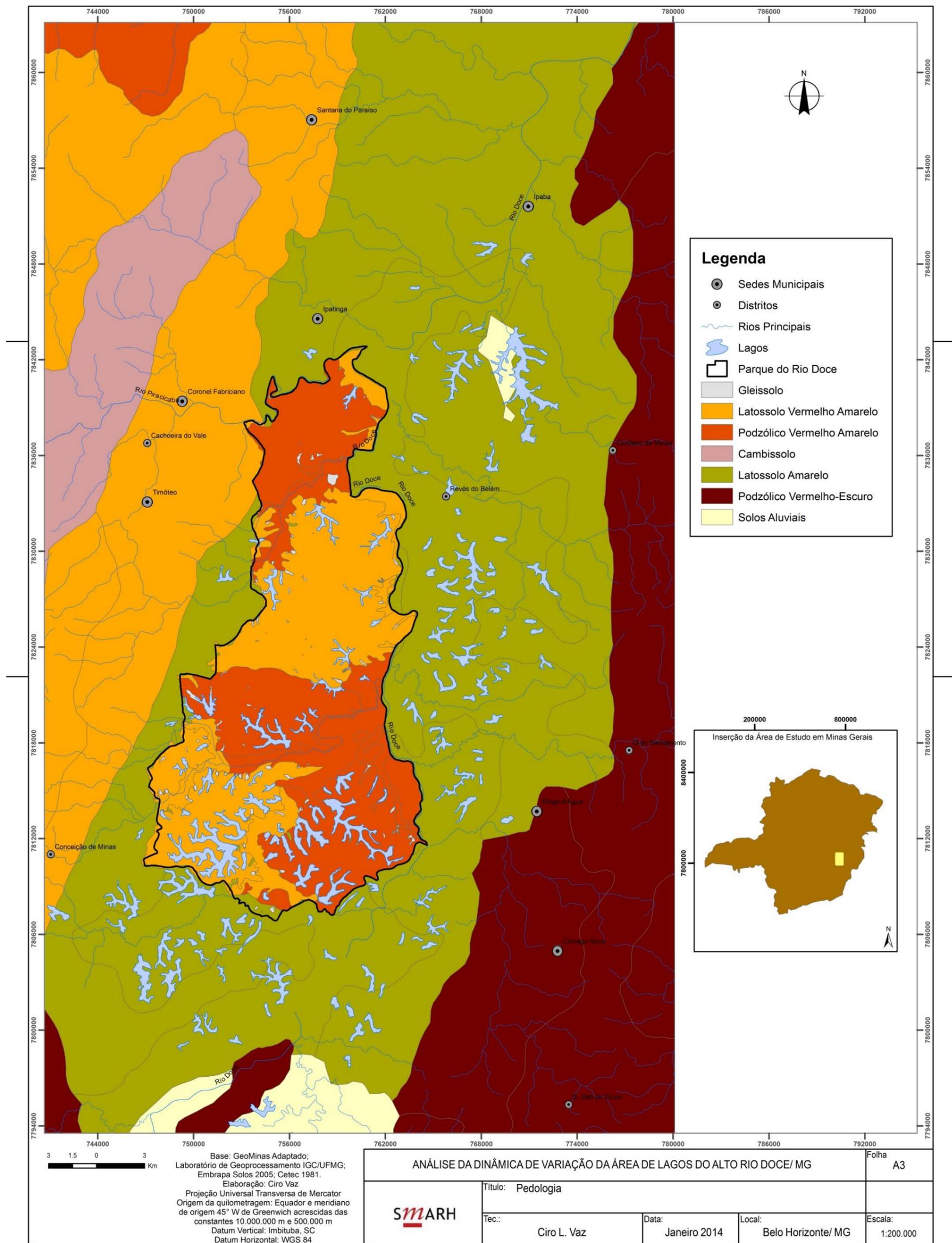


Figura 5.7 – Mapa Pedológico

## **5.2 Processamento Digital de Imagens**

No âmbito do presente estudo o processamento digital de imagens foi empregado com vistas ao atendimento de dois objetivos: avaliação das áreas dos lagos do alto vale do rio Doce e mapeamento dos usos e coberturas do solo do alto vale do rio Doce.

Foram utilizadas imagens de satélite do Landsat 5 com o sensor TM (“Thematic Mapper”), disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em seu site<sup>4</sup>. As imagens desse sensor satélite foram escolhidas por possuírem uma maior cobertura temporal e menor quantidade de nuvens se comparadas com as imagens do satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS. O sensor TM do Satélite Landsat 5 possui uma resolução espacial de 30 m com 6 bandas espectrais e uma termal, proporcionando a observação de fenômenos ou objetos cujo detalhamento satisfaz aos objetivos e a escala de trabalho.

### **5.2.1 Avaliação das Áreas dos Lagos**

Para o mapeamento e avaliação das áreas dos lagos, primeiramente foram adquiridas imagens de satélite Landsat TM 5, cenas das órbita de pontos 218/074 e 218/073 ao longo de um período de 25 anos, para períodos hidrológicos de seca e chuva. Foram escolhidas apenas as imagens em condições de nebulosidade que possibilitem uma visualização ampla de toda a área de estudo. A Tabela 5.1 apresenta as datas das imagens de satélite adquiridas.

Para aumentar a acurácia das imagens de satélite do sensor Landsat TM 5 utilizadas, procedeu-se uma etapa de pré-processamento das mesmas, sendo realizada uma restauração das imagens através do Software RESTAU.

A partir das imagens pré-processadas, foi realizado o realce das mesmas a partir do método de ajuste linear de contraste. A classificação das áreas dos lagos foi realizada adotando-se uma abordagem de classificação não supervisionada, na qual as duas classes procuradas foram: água e não água. A classificação foi feita por meio do Software SPRING 5.2.3 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). Foi utilizada exclusivamente a faixa do infravermelho médio (banda 5), geralmente considerada a melhor opção para a separação de terra e água.

---

<sup>4</sup> <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

**Tabela 5.1 – Datas de aquisição das imagens de satélite Landsat TM-5**

<b>Datas</b>	<b>Estação</b>	<b>Datas</b>	<b>Estação</b>
04/07/1985	Seca	11/04/2001	Seca
04/05/1986	Seca	04/10/2001	Chuvosa
15/07/1989	Seca	24/01/2002	Chuvosa
23/01/1990	Chuvosa	20/06/2003	Seca
27/08/1993	Seca	24/07/2004	Seca
01/10/1994	Chuvosa	15/10/2005	Chuvosa
18/07/1996	Seca	14/05/2007	Seca
08/07/1998	Seca	05/09/2008	Seca
01/02/1999	Chuvosa	07/08/2009	Seca
28/08/1999	Seca	13/12/2009	Chuvosa
15/10/1999	Chuvosa	26/08/2010	Seca
27/06/2000	Seca		

Dentre os lagos da região do alto vale do rio Doce, foi selecionada uma amostra de 36 para as análises desta pesquisa, sendo que 19 desses situam-se dentro dos limites do Parque Estadual do Rio Doce (Ver Figura 5.8). A Tabela 5.2 apresenta a relação dos lagos analisados, contendo as suas localizações.

Tendo sido classificados os lagos da área de estudo, as informações obtidas foram empregadas para o cálculo da área do espelho d'água em cada ambiente aquático, procedimento este realizado por meio da contagem dos pixels da água dentro de cada contorno individual dos lagos, com auxílio do Software ArcGis 9.3. Sendo assim, obteve-se a composição de um banco de dados georreferenciados contendo as informações das áreas dos lagos em análise para o período analisado.

De modo a se analisar a variabilidade ou a dispersão das amostras das áreas dos lagos foi calculado o coeficiente de variação CV, resultado do quociente entre o desvio padrão  $\sigma$  e a média  $\mu$ . Neste estudo, optou-se por expressar o coeficiente de variação como percentagem, multiplicando-o por 100. Sendo assim, empregou-se a fórmula:

$$Cv = \frac{\sigma}{\mu} * 100 \quad (15)$$

Foram, portanto, calculados a área média dos lagos e o coeficiente de variação de suas respectivas áreas, ao longo de períodos hidrológicos de seca e de chuva, de modo a analisar a possível influência dos períodos hidrológicos sobre a área dos lagos e sobre a variabilidade de suas áreas ao longo do tempo.

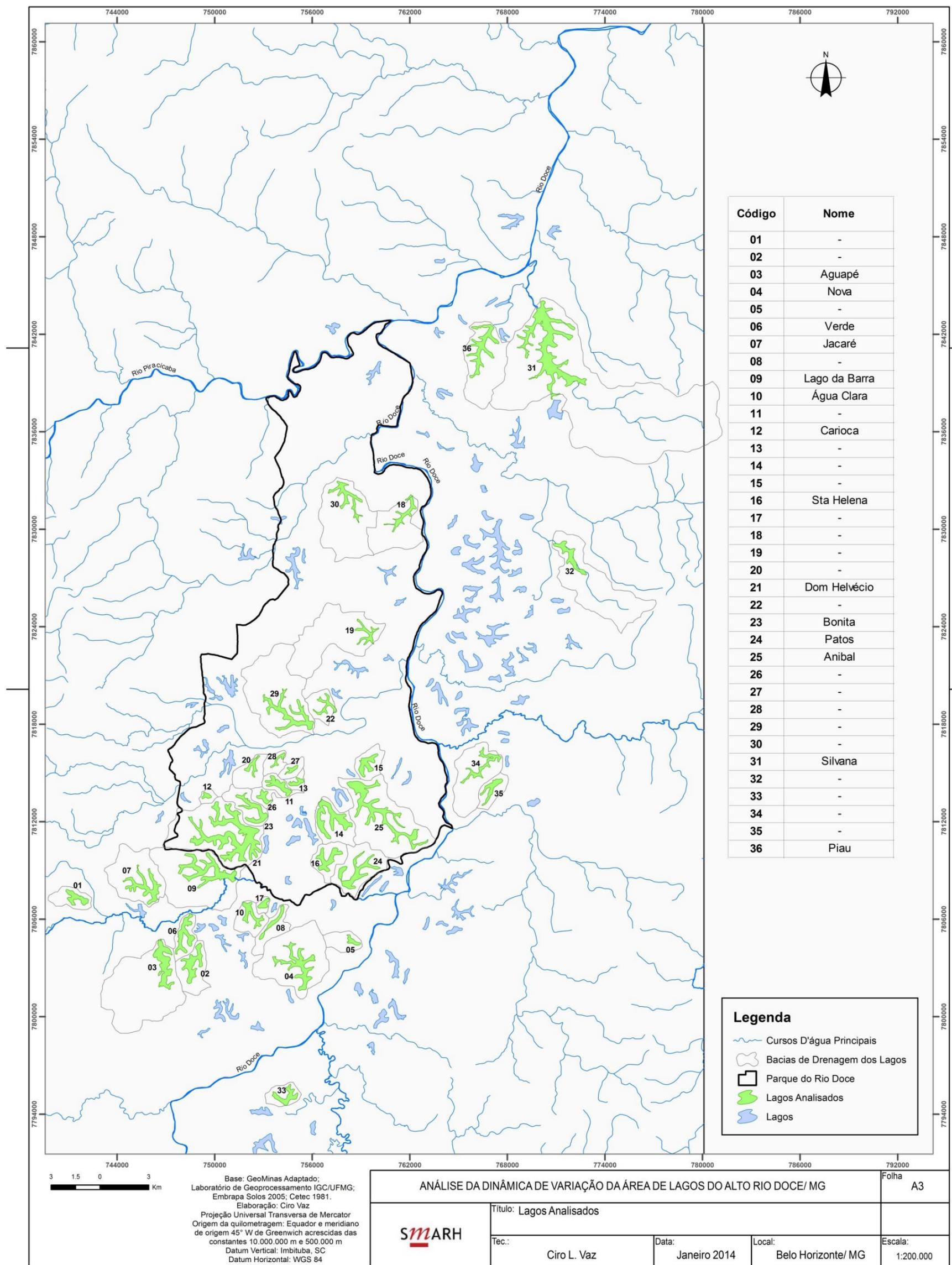


Figura 5.8 – Lagos Analisados

**Tabela 5.2 – Localização dos Lagos Analisados**

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Coordenadas (UTM WGS 84)</b>	
		<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
01	-	741399,959248	7807445,90741
02	-	748543,214002	7803411,29130
03	Aguapé	746823,541562	7803510,50317
04	Nova	755289,621271	7803245,93818
05	-	758398,259914	7804734,11625
06	Verde	748047,154644	7805329,38748
07	Jacaré	746261,340956	7807644,33115
08	-	753636,090078	7805825,44684
09	Lago da Barra	750229,815820	7808768,73236
10	Água Clara	752081,770756	7806685,28306
11	-	754099,078812	7814258,45592
12	Carioca	749469,191471	7813630,11407
13	-	755157,338775	7814456,87967
14	-	757273,858703	7812472,64223
15	-	759225,025511	7815779,70462
16	Santa Helena	756777,799345	7809364,00359
17	-	753007,748224	7806916,77743
18	-	761606,110429	7830859,90910
19	-	759588,802373	7823485,15998
20	-	752379,406371	7815647,42213
21	Dom Helvécio	752214,053251	7811282,09978
22	-	756910,081840	7819285,19075
23	Bonita	752908,536353	7812373,43036
24	Patos	758662,824905	7808702,59111
25	Anibal	759588,802373	7812902,56034
26	-	752974,677600	7813563,97282
27	-	754760,491289	7815184,43339
28	-	753933,725692	7815945,05774
29	-	754595,138170	7818326,14266
30	-	757902,200556	7832381,15780
31	Silvana	770402,896377	7842699,19245
32	-	771871,974104	7828538,82767
33	-	754516,882598	7794983,98446
34	-	766730,659540	7815542,77841
35	-	767218,859576	7814290,98344
36	Piau	766361,208692	7841381,44560

## 5.2.2 Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo do Alto Rio Doce

O processo de diagnóstico de uso e cobertura do solo, a partir de imagens de satélite, segue as etapas de seleção do sensor (satélite) e cenas, georreferenciamento das imagens de satélite, mosaico das cenas adquiridas, realce das imagens, classificação, edição vetorial e geração dos quantitativos.

Para a seleção das cenas a serem utilizadas na interpretação visual, foram adotados os seguintes critérios: a) disponibilidade das cenas a partir de suas órbitas/ponto levantadas previamente no cruzamento do mapa índice com a área do estudo e b) menor interferência de nuvens, sombras e fumaça em cada cena.

Nesse sentido, foram adquiridas imagens de satélite Landsat TM 5, cenas da órbita de pontos 218/074 e 218/073, para dois momentos temporais distintos: 1985 e 2010.

Para o mapeamento de uso e cobertura do solo do alto vale do rio Doce foram utilizadas as bandas 5, 4 e 3. Essas três bandas espectrais foram escolhidas por apresentarem características espectrais compatíveis com o objetivo do mapeamento das classes de uso e cobertura do solo. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) os alvos imageados respondem de forma diferente em cada banda espectral.

A Banda 5 (intervalo espectral  $0,90 \mu\text{m} - 1,75 \mu\text{m}$ ) serve para observar estresse na vegetação causado por desequilíbrio hídrico pois apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.

Na Banda 4 (intervalo espectral  $0,69 \mu\text{m} - 0,76 \mu\text{m}$ ), os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal) e à morfologia do terreno, permitindo o mapeamento de feições geológicas e estruturais, além de informações sobre geomorfologia e pedologia. Essa banda do sensor satélite é também muito utilizada para identificar áreas ocupadas com silvicultura e mapear as áreas onde a vegetação sofre com constantes queimadas. Também permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas e é excelente para identificação de áreas agrícolas.

Na Banda 3 (intervalo espectral 0,63  $\mu\text{m}$  – 0,69  $\mu\text{m}$ ) a vegetação densa e uniforme apresenta grande absorção, ficando escura e permitindo a diferenciação entre as áreas não ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal e facilita o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios. Esta banda é muito utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos, além de facilitar a identificação de áreas agrícolas.

As imagens de satélite utilizadas neste estudo foram previamente georreferenciadas, em ambiente SPRING, a partir de pontos de controle de bases hidrográficas da área de estudo disponibilizadas pelo laboratório de geoprocessamento do IGC/UFMG.

Para este estudo utilizou-se um mosaico de duas cenas do sensor eletrônico Multiespectral TM do Satélite Landsat-5, referentes às órbitas/ponto 218/073 e 218/074.

A partir das imagens pré-processadas, foi realizado o realce das mesmas, por meio do método de ajuste linear de contraste.

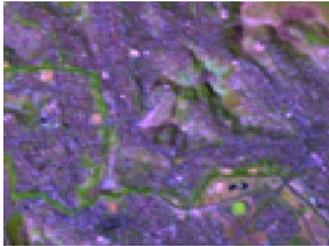
A próxima etapa do trabalho foi a digitalização das diferentes classes de uso e cobertura do solo. O critério para vetorização foi o da diferente resposta espectral das feições. O processo de classificação foi baseado na separação das feições conforme as características de texturas, padrões contextuais e radiométricos.

A geração de uma chave de interpretação (Tabela 5.3) foi imprescindível para o processo de diferenciação dos alvos (classes). Essa chave teve a finalidade de facilitar a interpretação e diminuir dúvidas recorrentes a este método de classificação. Os padrões apresentados no campo “Amostra” do quadro abaixo correspondem à visualização de uma composição falsa-cor RGB 543.

Para este estudo, classificou-se as imagem em cinco classes, a saber: “Mata”, “Água”, “Pasto”, “Eucalipto” e “Área Urbana”.

Após serem classificadas as imagens resultantes foram exportadas para o ambiente Arc Gis 9.3, para a edição vetorial e geração dos quantitativos referentes a cada classe mapeada.

**Tabela 5.3** – Chave de Interpretação utilizada para classificação das imagens de satélite

Classe	Amostra	Forma	Cor	Textura
Mata		Irregular	Verde escuro	Muito Rugosa
Água		Irregular	Tons de azul escuro a preto	Liso
Pasto		Irregular e Regular	Rosa claro e Rosa escuro	Lisa
Eucalipto		Regular	Verde claro	Lisa
Área Urbana		Irregular	Roxo	Muito Rugosa

### 5.2.3 Análise das Transformações de Uso e Cobertura do Solo

De modo a propiciar uma análise descritiva acerca do grau de correspondência existente entre a variação das áreas dos lagos analisados e as transformações espaciais ocorridas em suas respectivas bacias de drenagem ao longo do recorte temporal adotado (1985-2010), realizou-se uma avaliação acerca das transformações percentuais e totais das diferentes classes de uso e cobertura do solo mapeadas para toda a área de estudo, assim como para as bacias de

drenagem dos lagos situados fora dos limites do Parque Estadual do Rio Doce, os quais estiveram sujeitos a alterações de uso do solo.

O procedimento para avaliação das transformações espaciais ocorridas em toda a área de estudo foi feito através do software SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental), com auxílio do Módulo “Monitoria”. Para análise das variações nos usos do solo nas bacias de drenagem dos lagos situados fora dos limites do Parque Estadual do Rio Doce utilizaram-se valores quantitativos de cada classe mapeada para os anos de 1985 e 2010, gerados com auxílio do Software Arc Gis 9.3.

### 5.3 Coleta e Tratamento dos dados climáticos

Os dados climáticos foram obtidos através de estações pluviométricas da ANA (Agência Nacional das Águas), disponibilizadas em seu portal virtual Hidro WEB<sup>5</sup>, e do SINDA (Sistema Nacional de Dados Ambientais). A Tabela 5.4 apresenta as estações climáticas a partir das quais foram coletados os dados:

**Tabela 5.4 – Estações climáticas**

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Fonte</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
30800	PERD	SINDA	19°76'30.33 S	42°63'12.79 O
32507	Ipatinga	SINDA	19°50'41.69 S	42°53'58.05 O
32670	Mário de Carvalho	SINDA	19°50'41.69 S	42°61'01.99 O
83592	Caratinga	SINDA	19°78'32.87 S	42°13'32.55 O
1942002	Bom Jesus do Galho	ANA	19°83'36.00 S	42°31'17.80 O
1942006	Vermelho Velho	ANA	19°99'8.90 S	42°34'7.50 O
1942020	Usiminas	ANA	19°46'6.70 S	42°53'33.00 O
1942026	Coronel Fabriciano	ANA	19°16'7.00 S	42°61'6.70 O
1942027	Ponte Alta	ANA	19°81'6.70 S	42°7'6.67 O
1942029	Mário de Carvalho	ANA	19°52'4.70 S	42°64'4.20 O
1942030	Cenibra	ANA	19°31'6.40 S	42°39'6.10 O
1942031	Cachoeira dos Óculos - Montante	ANA	19°81'5.80 S	42°47'6.90 O
2042008	Raul Soares - Montante	ANA	20°10'3.60 S	42°44.00 O

Foram organizadas e tabuladas os dados referentes à precipitação e evaporação total diária acumulada para quinze, trinta, sessenta, noventa e trezentos e sessenta dias, contados retrogradamente a partir das datas de aquisição das imagens de satélite, por meio das quais foram classificadas e avaliadas as áreas dos lagos em estudo.

<sup>5</sup> <http://hidroweb.ana.gov.br>

Os dados da estação climática de Caratinga (83592), obtidos junto ao SINDA, foram utilizados para os cálculos de evaporação, optando-se nesse ínterim pela utilização da equação de Penman (1948), sendo os valores de radiação calculados através de metodologia proposta por Allen *et al.* (1998). As informações de evaporação calculadas a partir dos dados da estação de Caratinga foram adotadas como sendo representativas de toda a área de estudo.

De modo a se obter uma informação mais precisa acerca da distribuição das precipitações ao longo das bacias de drenagem dos lagos analisados foi feita uma espacialização dos dados, através de interpolação por Krigagem com auxílio do Software ArcGis 9.3. Obtidas as isolinhas de precipitação para cada área em análise, se procedeu à realização de uma média ponderada para a adoção dos valores específicos para cada bacia de drenagem dos ambientes lacustres em estudo.

De modo a se verificar a relação entre a precipitação e evaporação na área de estudo, assim como fornecer mais elementos para compreensão da dinâmica hidrológica dos lagos analisados, foi efetuado um balanço hídrico a partir dos dados climáticos levantados. Sendo assim, da precipitação total diária acumulada média verificada ao longo das bacias de drenagem dos lagos analisados foi subtraída a evaporação total diária acumulada, para quinze, trinta, sessenta, noventa e trezentos e sessenta dias.

#### **5.4 Sistematização de Informações Morfométricas e Morfológicas**

No âmbito do presente estudo, foram adotados parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas e morfológicos dos lagos analisados que, a partir de suas características constitutivas, pudessem auxiliar a compreensão acerca dos fatores influentes sobre a variação temporal das áreas dos lagos analisados, assim como o comportamento dos ambientes lacustres (expresso em variação de área) à precipitação acumulada em diferentes recortes temporais.

A análise quantitativa das informações morfométricas e morfológicas foi feita a partir da leitura dos atributos das bacias de contribuição e dos lagos analisados. Nesse sentido, uma base de dados foi estruturada, sendo as informações referentes a cada ambiente em análise correspondendo a um agrupamento de dados na base. Para a geração dos parâmetros morfométricos, foi necessário extrair atributos das bacias hidrográficas e das redes de drenagem da área de estudo, através do Modelo Digital de Elevação (MDE), e de dados hidrográficos e topográficos cedidos pelo laboratório de geoprocessamento do IGC/UFMG.

Tais atributos foram: Área da bacia; Comprimento total dos canais; Perímetro do lago; e Área do lago.

O MDE adotado foi o fornecido pelo site Topodata que oferece livre acesso às variáveis geomorfológicas locais derivadas de dados *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) para todo o território nacional.

A delimitação das bacias hidrográficas foi gerada manualmente usando a ferramenta editor do software ArcGis 9.3, sendo que a partir dos dados das curvas de nível e da rede de drenagem, foi possível visualizar os divisores topográficos para a delimitação das bacias de contribuição de cada lago.

Os parâmetros morfométricos adotados foram a declividade média da bacia de drenagem e a densidade da rede de drenagem.

Os parâmetros morfológicos adotados foram: fator de envolvimento; desenvolvimento do perímetro.

Ressalta-se ainda que, nos lagos Aguapé, Carioca, Santa Helena, Dom Helvécio, Patos, Silvana e Verde foram elaboradas cartas batimétricas e calculadas a forma de cavidade do lago.

Com relação à batimetria dos lagos, os dados foram coletados e cedidos pela equipe de pesquisa do laboratório de Ecologia Aquática do ICB/UFMG. Alguns lagos já possuíam suas cartas batimétricas, como a Lagoa Dom Helvécio (BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO, 2008), a Lagoa Carioca (BEZERRA-NETO *et al.*, 2010), Jacaré e Gambazinho.

A batimetria foi realizada com a sonda ECHOTRAC CV-100-ODOM (*single beam*) para mensuração da profundidade, D-GPS Trimble para localização geográfica precisa dos pontos de profundidade e notebook Acer i-3 para sincronização dos dados de sonda e do GPS.

Antes de ir para campo, uma imagem georeferenciada das lagoas foi importada para o software HYPAC, tendo sido preparado um projeto no qual linhas paralelas foram traçadas num mapa da lagoa. Estas linhas, em campo serviram de guia do trajeto que foi feito fazer nas lagoas a fim de capturar os dados de profundidade e localização.

As informações acerca do volume, profundidade máxima e a carta batimétrica foram elaboradas a partir do Software Arc Gis, com auxílio das ferramentas *3D Analyst e Spatial Analyst*.

### **5.5 *Análise das influências das transformações de uso e cobertura do solo sobre as variações das áreas dos lagos***

De modo a se analisar a influência das transformações dos usos e coberturas do solo sobre as variações das áreas dos lagos, foi efetuada uma análise descritiva a partir da observação das variações, em área e percentual, dos usos do solo nas bacias de drenagem dos lagos situados fora do Parque do Rio Doce, em relação ao coeficiente de variação das áreas dos lagos. Sendo assim, busca-se analisar se a variabilidade das áreas dos lagos situados fora dos limites do Parque Estadual do Rio Doce está associada a alterações nos usos do solo de suas bacias de drenagem.

### **5.6 *Análise das influências climáticas sobre as variações das áreas dos lagos***

As relações acerca das influências exercidas por fatores climáticos sobre as áreas dos espelhos d'água dos lagos em estudo foram investigadas através de análise estatística da associação existente entre essas variáveis.

Os parâmetros climáticos adotados foram a precipitação e a evaporação total diária acumulada para quinze, trinta, sessenta, noventa e trezentos e sessenta dias contados retrogradamente a partir das datas de aquisição das imagens de satélite.

Por meio de regressões lineares simples buscou-se analisar a variação das áreas dos lagos em função das variações dos parâmetros climáticos adotados, ao longo de 25 anos (1985-2010), de modo a fornecer um “retrato” do aumento, diminuição ou neutralidade da área do espelho d'água dos lagos em função da precipitação e evaporação observadas em suas respectivas bacias hidrográficas, assim como do tempo de resposta desses ambientes lacustres à dinâmica climática local.

Sendo assim, objetivou-se fornecer uma análise estatística do comportamento específico da área de cada lago em função de determinados parâmetros climáticos, sendo avaliados os graus de correspondência através do cálculo de seus respectivos coeficientes de determinação.

No âmbito do presente estudo, por tratar-se de uma análise exploratória, optou-se por fazer uma série de regressões lineares simples antes de se fazer uma regressão múltipla, ferramenta essa que representaria um passo mais importante na análise, e um ponto a ser desenvolvido em pesquisas posteriores.

Os dados da variação das áreas dos lagos obtidos através das classificações de imagens de satélite assim como os dados climáticos foram organizados e tabulados no Software EXCELL, onde foram feitas as análises de regressão linear.

### **5.7 *Análise das influências de variáveis morfométricas e morfológicas sobre as variações das áreas dos lagos***

O cálculo dos parâmetros morfométricos e morfológicos permitiu uma análise quantitativa da paisagem obtida pela transformação dos dados espaciais em valores numéricos. O conjunto de dados produzidos gerou a necessidade de desenvolver um tratamento estatístico que estabelecesse uma inter-relação espacial entre as variáveis calculadas, além de agrupá-las segundo características semelhantes.

Para tal, foi aplicada a Análise das Componentes Principais (ACP) a fim de averiguar a possível existência de grupos, entre os sistemas lacustres investigados, que apresentassem características morfométricas e morfológicas em comum.

Sendo assim, a partir da possível existência de agrupamentos, entre os lagos analisados, no que se refere às informações morfométricas e morfológicas, buscou-se analisar se esses grupos estiveram relacionados com a variação das áreas dos lagos e com as influências exercidas por fatores climáticos sobre as variações das áreas dos ambientes em estudo, calculados previamente a partir dos modelos de regressão linear. Desse modo pretendeu-se indicar a existência de características comuns acerca do comportamento dos ambientes lacustres em relação à dinâmica climática local, e indicar os fatores morfométricos e morfológicos que poderiam exercer influência sobre as tipologias encontradas.

Desse modo a ACP foi também aplicada para o conjunto de lagos que apresentaram maiores coeficientes de variação, assim como para os ambientes que demonstraram respostas mais expressivas, nos modelos de regressão linear previamente efetuados sobre a precipitação acumulada e a variação das áreas dos lagos, para períodos temporais de quinze e trezentos e sessenta dias, de estações hidrológicas de chuva.

Os parâmetros morfométricos e morfológicos adotados para a análise dos componentes principais foram: declividade média da bacia de drenagem; densidade da rede de drenagem; fator de envolvimento; e desenvolvimento do perímetro.

A ACP foi realizada através do software estatístico MiniTab 1.6.

De posse das cartas batimétricas e do parâmetro morfológico da forma de cavidade de sete dos lagos analisados (Aguapé, Carioca, Santa Helena, Dom Helvécio, Patos, Silvana e Verde) foi feita uma análise descritiva acerca da possível relação entre essas informações morfológicas e variação das áreas dos lagos. Nesse sentido, pretendeu-se averiguar se a estrutura batimétrica dos lagos, formada por ambientes com volume mais concentrado na região litorânea em detrimento das regiões limnética e profunda, exerceu influência sobre a variação das áreas dos lagos.

## 6 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados alcançados com a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a classificação das imagens de satélite, a qual envolveu a avaliação das áreas dos lagos e o uso e cobertura do solo, além de apresentar as informações climáticas, morfométricas e morfológicas produzidas para a área de estudo. Por fim, foram analisadas as influências da evolução do uso e cobertura do solo, das variáveis climáticas assim como da morfometria das bacias de drenagem e morfologia dos lagos em estudo sobre a variação das áreas dos lagos do alto rio Doce.

### **6.1 Classificação das Imagens de Satélite**

#### **6.1.1 Dinâmica de Variação das Áreas dos Lagos**

A partir das imagens de satélite Landsat TM 5 foram avaliadas as áreas de trinta e seis lagos do alto rio Doce ao longo de um período de vinte e cinco anos, para períodos hidrológicos de seca e chuva. Os valores totais das áreas dos lagos analisados, para todas as datas de aquisição das imagens de satélite utilizadas neste estudo, foram tabulados e representados graficamente, e podem ser visto no Apêndice A.

A Tabela 6.1 apresenta os resultados da área média e do coeficiente de variação das áreas dos lagos amostrados, para períodos secos e chuvosos, assim como dos dados gerais agrupados.

**Tabela 6.1 – Áreas dos Lagos: Média e Coeficiente de Variação**

Número	Nome	Estação Hidrológica Úmida		Estação Hidrológica Seca		Dados Agrupados	
		Área Média (Hectares)	Coeficiente de Variação	Área Média (Hectares)	Coeficiente de Variação	Área Média (Hectares)	Coeficiente de Variação
01	-	50,44	7,19%	50,16	5,12%	50,19	5,59%
02	-	102,08	1,94%	99,17	3,56%	99,96	3,40%
03	Aguapé	142,42	0,79%	139,09	3,77%	139,98	3,34%
04	Nova	121,33	8,59%	118,61	6,14%	119,30	6,85%
05	-	7,87	49,14%	7,57	32,08%	7,64	36,79%
06	Verde	71,27	3,03%	68,36	3,50%	69,12	3,80%
07	Jacaré	105,86	8,08%	105,82	3,35%	105,75	4,89%
08	-	5,72	78,52%	4,72	89,35%	4,99	84,40%
09	Lago da Barra	147,86	11,25%	138,86	10,09%	141,31	10,64%
10	Água Clara	54,76	3,56%	52,97	4,23%	53,45	4,26%
11	-	56,54	3,01%	55,56	3,37%	55,82	3,31%
12	Carioca	11,05	10,51%	11,36	5,11%	11,26	6,83%
13	-	19,66	14,69%	19,42	16,62%	19,48	15,70%
14	-	152,30	4,20%	151,358	4,77%	151,54	4,50%
15	-	61,64	3,42%	59,08	7,47%	59,20	6,51%
16	Santa Helena	79,52	3,07%	76,21	6,27%	76,77	5,48%
17	-	20,82	2,39%	20,32	3,43%	20,50	3,26%
18	-	19,26	23,15%	21,83	40,56%	19,98	40,14%
19	-	8,57	5,35%	8,25	19,73%	8,29	16,74%
20	-	16,39	35,24%	17,81	26,25%	17,98	26,95%
21	Dom Helvécio	433,35	2,76%	430,67	2,86%	442,12	2,04%
22	-	28,59	9,53%	29,68	14,44%	29,16	13,13%
23	Bonita	79,87	4,59%	77,11	5,57%	78,08	5,26%
24	Patos	96,81	6,57%	96,43	6,16%	96,81	6,57%

Número	Nome	Estação Hidrológica Úmida		Estação Hidrológica Seca		Dados Agrupados	
		Área Média (Hectares)	Coefficiente de Variação	Área Média (Hectares)	Coefficiente de Variação	Área Média (Hectares)	Coefficiente de Variação
25	Anibal	245,48	3,97%	233,66	7,84%	237,35	6,85%
26	-	26,14	4,44%	24,59	6,64%	25,02	6,19%
27	-	1,44	167,83%	1,19	332,62%	0,85	423,31%
28	-	8,47	44,19%	11,12	22,57%	10,94	26,67%
29	-	143,36	3,49%	140,26	5,45%	140,99	4,93%
30	-	68,19	4,01%	68,71	6,49%	67,93	5,92%
31	Silvana	383,00	11,13%	385,00	1,63%	390,00	7,80%
32	-	72,11	7,82%	68,81	31,82%	71,08	26,75%
33	-	56,23	4,21%	54,70	4,35%	54,92	4,75%
34	-	85,00	120,30%	101,00	87,85%	72,00	126,04%
35	-	41,12	6,61%	38,90	6,32%	39,28	6,66%
36	Piau	124,10	10,22%	123,48	4,40%	123,87	6,60%

De modo geral observa-se uma ampla diversidade no que se refere às dimensões dos ambientes lacustres investigados, com a presença de lagos com área média de um a dois hectares até lagos com cerca de duzentos a quatrocentos hectares.

Dos trinta e seis lagos analisados, dez apresentaram áreas médias maiores que 100 hectares, a saber: 03 – Aguapé; 04 – Nova; 07 – Jacaré; 09 – Lago da Barra; 14; 21 – Dom Helvécio; 25 – Anibal; 29; 31 – Silvana; e 36 – Piau. Dentre esses, com exceção dos lagos 31 – Silvana e 36 - Piau, todos situam-se na parte Sul da área de estudo.

Observou-se que a área média dos lagos foi maior em períodos de estação hidrológica úmida do que para períodos de estação hidrológica seca, tendência essa manifestada em vinte e oito dos lagos amostrados.

No que se refere ao coeficiente de variação das áreas dos lagos ao longo do período analisado, existe uma tendência central, representada pela mediana dos valores encontrados, de uma variação em torno de 6,58%. Todavia, cerca de um terço dos lagos apresentaram comportamentos diferenciados, com coeficientes de variação relativos à suas áreas maiores do que 10%, a saber: 05; 08; 09 – Lago da Barra; 13; 18; 19; 20; 22; 27; 28; 32; e 34. Dentre esses, nove possuem área menor que 20 hectares.

Ressalta-se ainda que o coeficiente de variação se mostrou maior em períodos de estação hidrológica seca do que para períodos de estação hidrológica úmida, tendência essa observada em vinte e quatro dos trinta e seis lagos analisados.

Deve-se destacar que alguns dos lagos amostrados para avaliação das áreas de seus espelhos d'água não tiveram os valores de todo o período temporal de análise (25 anos) pois, alguns desses ambientes, em algumas das imagens de satélite empregadas, estiveram sob condições de nebulosidade ou por estarem em áreas de sobreposição de diferentes cenas de imagens de satélite.

### **6.1.2 Uso e Cobertura do Solo**

A partir da classificação do mosaico de imagens de satélite foi realizado o mapeamento de uso do solo da área de estudo, referente aos anos de 1985 e 2010, considerando as feições água, eucalipto, mancha urbana, mata e pasto conforme descrito na metodologia.

A Figura 6.1 apresenta o mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo para o ano de 1985. A área de cada classe mapeada, em hectares e percentual pode ser vista na Tabela 6.2.

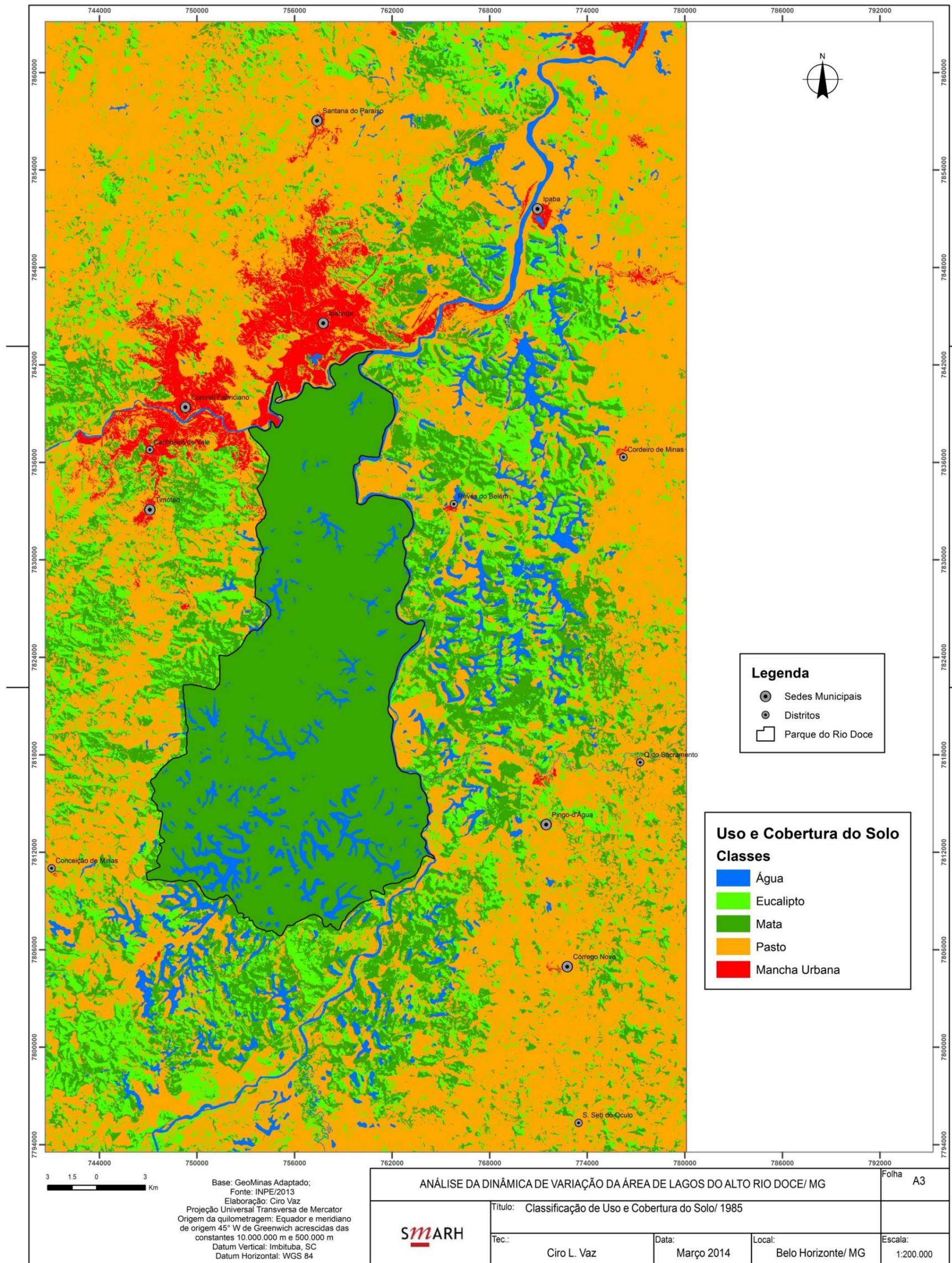


Figura 6.1 – Uso e cobertura do solo: 1985

**Tabela 6.2 – Uso e cobertura do solo: 1985**

<b>Uso e Cobertura do Solo - 1985</b>		
<b>Classe</b>	<b>Área (Hectares)</b>	<b>Área (%)</b>
Eucalipto	45550,48	15,37
Mancha Urbana	9074,86	3,06
Mata	76557,81	25,83
Pasto	149957,91	50,60

Em 1985, dos 281.141,06 hectares considerados, as coberturas de Mata (floresta estacional semi-decidual) representam aproximadamente 26%. Os usos do território pelos cultivos de eucalipto representaram cerca de 15 %, o uso pela mancha urbana foi de 3% e o uso referente à classe pasto foi o de maior expressão, representando aproximadamente 51%.

Na Figura 6.2 e na Tabela 6.3 apresentam-se, respectivamente o mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo para o ano de 2010 e a área de cada classe mapeada, em hectares e percentual relativo.

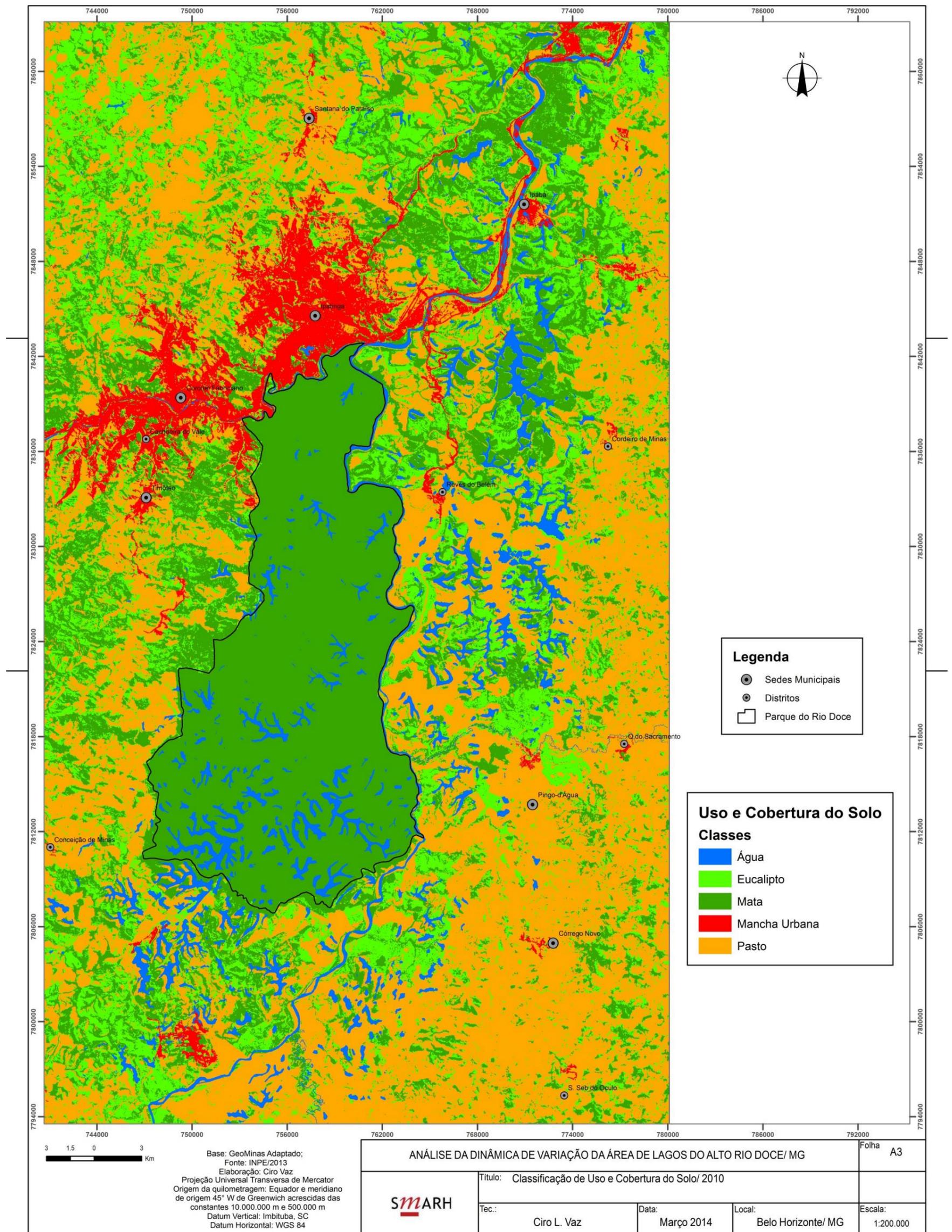


Figura 6.2 – Uso e cobertura do solo: 2010

**Tabela 6.3 – Uso e cobertura do solo: 2010**

<b>Uso e Cobertura do Solo - 2010</b>		
<b>Classe</b>	<b>Área (Hectares)</b>	<b>Área (%)</b>
Eucalipto	58388,47	19,69
Mancha Urbana	13960,60	4,71
Mata	89059,49	30,03
Pasto	120001,52	40,46

Para o ano de 2010, as coberturas de Mata (floresta estacional semidecidual) corresponderam a 30 %. Os usos do solo relacionados à silvicultura de eucalipto foram de aproximadamente 20 %, o uso relacionado à mancha urbana foi de cerca 5% e o uso de pasto, o maior em área, com aproximados 40%.

### 6.1.3 Evolução do Uso e Cobertura do Solo

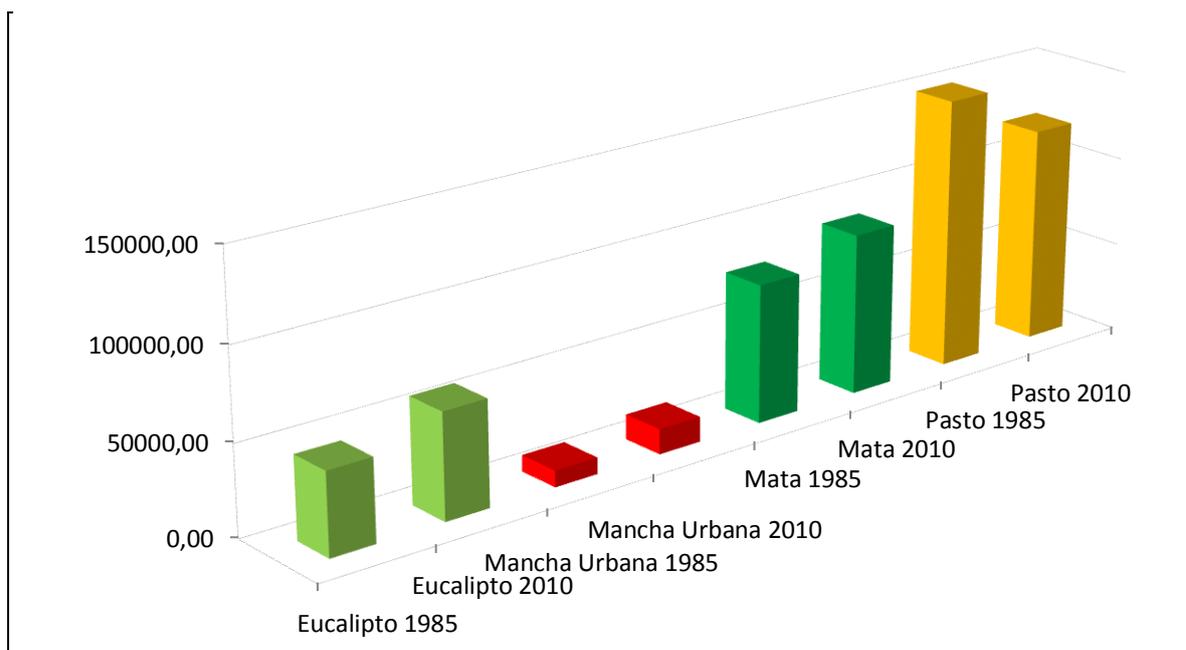
Para a análise das transformações no uso e cobertura do solo do alto rio Doce, entre os anos de 1985 e 2010 foram computados os valores do crescimento percentual de cada classe mapeada, os quais podem ser observados na Tabela 6.4. A Tabela 6.5 apresenta os valores relativos à área (ha) e o percentual relativo a cada classe de uso do solo, para os anos de 1985 e 2010. Na Figura 6.3 os valores relativos às áreas totais das classes mapeadas, podem ser contemplados graficamente. As tabelas contendo os valores totais e percentuais relativos às áreas de cada classe de uso e cobertura do solo mapeada, assim como os gráficos com as mesmas áreas, para os anos de 1985 e 2010, de todas as bacias de drenagem dos lagos analisados situados fora dos limites do Parque Estadual do Rio Doce podem ser vistas no Apêndice B.

**Tabela 6.4 – Taxas de crescimento do uso e cobertura do solo no período analisado**

<b>Taxa de crescimento no período (%)</b>			
<b>Eucalipto</b>	<b>Mata</b>	<b>Pasto</b>	<b>Mancha Urbana</b>
21,99 %	14,04 %	-24,96 %	35,00 %

**Tabela 6.5 – Uso e cobertura do solo: 1985 - 2010**

Classe	1985		2010	
	Área (Hectares)	Área (%)	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	45550,48	15,37	58388,47	19,69
Mancha Urbana	9074,86	3,06	13960,60	4,71
Mata	76557,81	25,83	89059,49	30,03
Pasto	149957,91	50,60	120001,52	40,46

**Figura 6.3 – Uso e cobertura do solo: 1985 - 2010**

Entre os anos de 1985 e 2010, as classes eucalipto, mancha urbana e mata apresentaram crescimento. O cultivo de eucalipto se expandiu na região do alto vale do rio Doce, com crescimento de aproximadamente 22 %. A cobertura de Mata apresentou crescimento de aproximados 14 %, passando a representar 30 % da área de estudo. As áreas antropizadas ocupadas por mancha urbana cresceram 35 %, passando de cerca de 3 % para aproximados 5 %. A única classe que apresentou decréscimo foi a de pasto, com um diminuição de aproximados 25 %.

De modo a avaliar e mapear a evolução do uso e cobertura do solo do alto do rio Doce, representada principalmente pela transformação da classe de pasto para as demais classes entre os anos de 1985 até 2010, utilizou-se o software SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental), com auxílio do Módulo “Monitoria”.

A Figura 6.4 apresenta um mapa com as áreas de pasto que foram convertidas em mancha urbana, Mata e eucalipto. A Tabela 6.6 apresenta as áreas totais (hectares) e relativas (%) referentes às transformações de pastagens em outros usos do solo para a área de estudo.

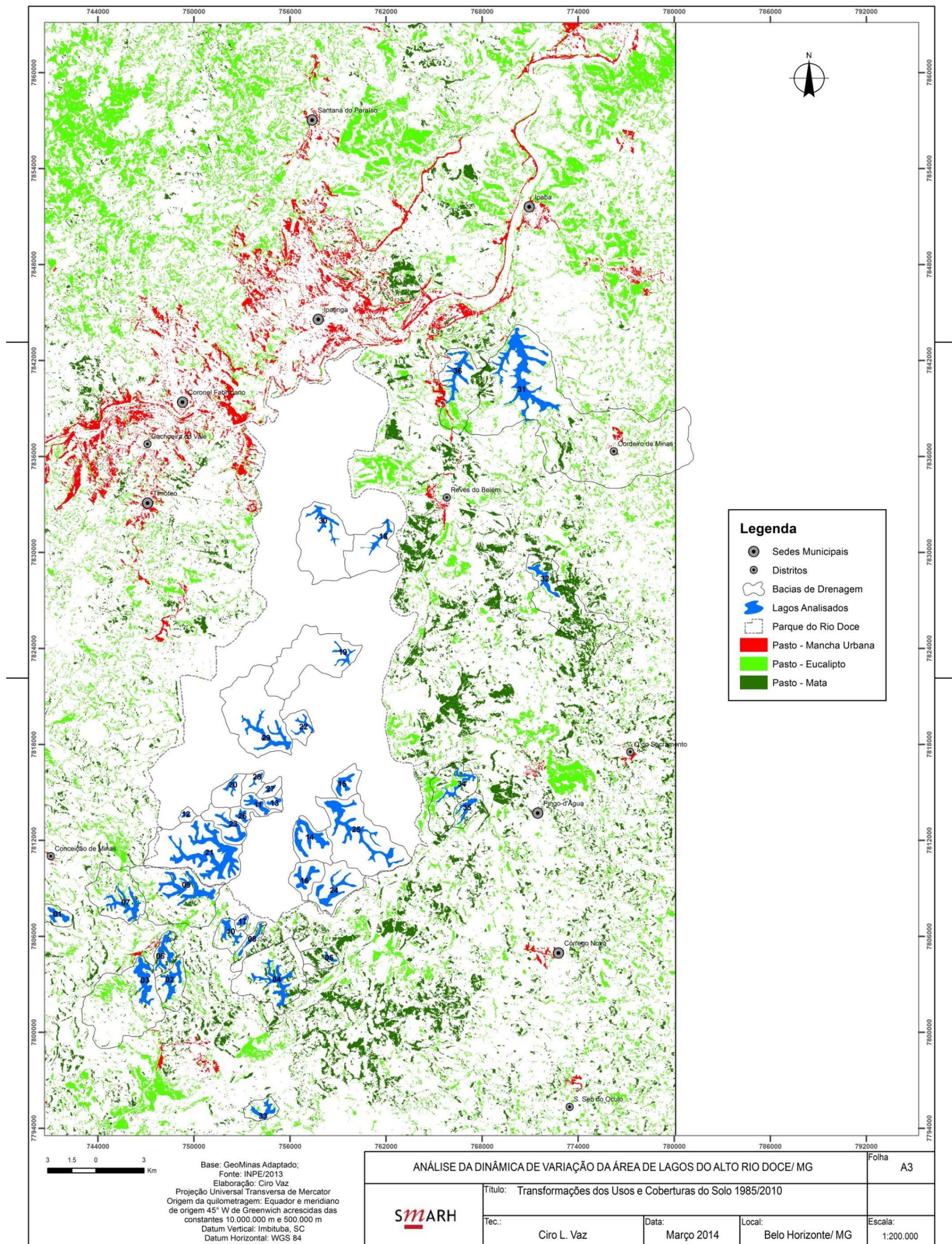


Figura 6.4 – Transformação de áreas anteriormente ocupadas por pastos para outros usos do solo (1985 – 2010)

**Tabela 6.6** – Transformação de áreas anteriormente ocupadas por pastos para outros usos do solo (1985 – 2010)

<b>Classe</b>	<b>Área (Hectares)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>Mancha Urbana</b>	5757,93	11,27
<b>Mata</b>	14580,54	28,55
<b>Eucalipto</b>	30735,63	60,18

Entre as classes de uso e cobertura do solo que tiveram sua área expandida em função da diminuição das áreas de pasto, o eucalipto foi a que se apresentou com maior expressão, com um total de aproximadamente 31.000 hectares plantados, correspondentes a cerca de 60 % do total, representando assim o crescimento econômico da silvicultura de eucalipto na área de estudo. A conversão de áreas de pasto para eucalipto ocorreu ao longo de toda a área de estudo, com maior destaque para a região norte.

As áreas de pastagens convertidas em mata foram de 14.580,54 hectares (cerca de 29 % do total). Essa transformação no uso do solo ocorreu principalmente nas áreas situadas a Leste e ao Sul do Parque Estadual do Rio Doce.

Por fim, as áreas de mancha urbana que se formaram a partir de pastagens foram de 5.757,93 hectares (aproximados 11 % do total), estando relacionadas à expansão urbana de Coronel Fabriciano e Timóteo.

## **6.2 Variáveis Climáticas**

A Tabela 6.7 apresenta os valores de evaporação total diária acumulada para quinze, trinta, sessenta, noventa e trezentos e sessenta dias contados retrogradamente a partir das datas de aquisição das imagens de satélite, por meio das quais foram classificadas e avaliadas as áreas dos lagos amostrados. Esses valores foram obtidos a partir dos dados da estação climática de Caratinga, e adotados para toda a área de estudo. De modo a analisar os dados levantados, foram calculados a média e o coeficiente de variação para os valores levantados nos diferentes períodos de tempo analisados (Ver Tabela 6.7).

**Tabela 6.7 – Evaporação acumulada**

<b>Evaporação Acumulada (mm)</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/05/1986	26,06	80,12	222,55	365,69	-
27/08/1993	31,29	73,99	151,07	213,12	1253,52
01/10/1994	52,59	92,96	174,79	242,44	1123,28
18/07/1996	34,53	74,05	145,49	234,46	1349,75
08/07/1998	32,80	66,43	136,85	231,73	1355,66
01/02/1999	76,35	142,64	285,46	400,07	1297,30
28/08/1999	49,76	97,77	174,64	239,42	1333,44
27/06/2000	19,95	38,06	119,20	225,48	1288,47
11/04/2001	68,29	137,35	295,08	454,81	1244,38
04/10/2001	47,37	102,58	208,09	291,13	1422,07
20/06/2003	40,23	81,45	172,36	276,92	1275,36
24/07/2004	31,52	60,55	122,83	194,13	1263,74
15/10/2005	71,80	117,28	218,23	298,09	1273,69
14/05/2007	43,92	90,24	214,55	352,22	1228,47
05/09/2008	62,19	116,05	205,32	274,12	1400,64
07/08/2009	45,56	80,53	143,77	216,49	1273,13
13/12/2009	63,36	144,29	268,43	384,15	1250,37
26/08/2010	48,11	93,84	168,95	235,38	1419,80
<b>Média</b>	46,98	93,90	190,42	284,99	1297,24
<b>Coefficiente de Variação (%)</b>	34,78	30,83	28,06	26,47	5,89

Em relação aos dados produzidos de evaporação total diária acumulada pode-se dizer que houve uma tendência, observada para os períodos de quinze, trinta, sessenta e noventa dias, de maiores valores de evaporação para períodos de estação climática úmida, refletindo assim a possível influência das maiores temperaturas sobre as taxas de evaporação.

A variabilidade dos valores de evaporação total diária acumulada entre as diferentes datas de aquisição de imagem de satélite apresentou-se de maneira decrescente, no que se refere aos diferentes períodos temporais adotados, sendo de aproximados 35 % para os períodos de 15 dias e de apenas cerca de 6 %, para períodos de trezentos e sessenta dias.

Os dados de precipitação total diária acumulada para quinze, trinta, sessenta, noventa e trezentos e sessenta dias foram calculados a partir de um conjunto de dados climáticos de diferentes estações pluviométricas dispostas ao longo da área de estudo, tendo-se procedido,

em etapa posterior a uma interpolação por Krigagem, de modo a se obterem valores específicos a cada bacia de drenagem dos lagos analisados.

Os valores de precipitação acumulada em diferentes momentos temporais para todas as bacias de drenagem dos lagos analisados podem ser vistos no Apêndice C. A Tabela 6.8 apresenta os valores médios de precipitação total diária acumulada em diferentes momentos temporais para as bacias dos lagos em estudo. Para favorecer a análise dos dados levantados, foram feitos cálculos da média e do coeficiente de variação, para os valores produzidos entre os diferentes períodos de tempo considerados neste estudo (Ver Tabela 6.8).

**Tabela 6.8 – Precipitação acumulada média**

<b>Precipitação Acumulada (mm)</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,00	71,26	1797,24
04/05/1986	4,34	25,46	68,63	194,76	869,17
15/07/1989	9,32	25,44	49,77	71,16	1443,88
23/01/1990	0,00	63,03	335,00	497,07	-
27/08/1993	14,97	16,10	18,78	78,24	1373,64
01/10/1994	0,00	0,09	0,15	12,39	1308,42
18/07/1996	0,00	3,83	23,28	76,10	1078,52
08/07/1998	3,14	4,90	44,35	114,29	1265,62
01/02/1999	61,28	133,55	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,74	3,95	4,18	9,01	1140,17
27/06/2000	0,00	2,12	12,50	48,36	1309,38
11/04/2001	9,58	33,86	108,77	172,27	991,85
04/10/2001	37,21	54,94	75,99	85,23	999,40
20/06/2003	0,00	0,00	21,08	61,49	1328,52
24/07/2004	31,38	31,13	61,29	107,97	1466,55
15/10/2005	3,09	65,03	74,59	96,79	1751,32
14/05/2007	0,00	32,51	110,42	179,72	1306,73
05/09/2008	23,15	27,37	28,91	36,64	997,17
07/08/2009	0,00	0,69	26,05	30,67	1519,34
13/12/2009	178,61	224,01	432,80	552,72	1632,82
26/08/2010	1,31	1,37	4,23	14,15	1085,61
<b>Média</b>	<b>20,41</b>	<b>38,80</b>	<b>98,68</b>	<b>153,07</b>	<b>1267,21</b>
<b>Coefficiente de Variação (%)</b>	<b>210,56</b>	<b>148,40</b>	<b>139,80</b>	<b>122,10</b>	<b>18,45</b>

A análise dos dados de precipitação total diária acumulada demonstra uma tendência, observada para os períodos de quinze, trinta, sessenta e noventa dias, de maiores valores de precipitação para períodos de estação climática úmida, refletindo assim a influência da estação chuvosa sobre a pluviosidade total acumulada.

Assim como observado para os dados de evaporação total diária acumulada, a variabilidade dos valores de precipitação total diária acumulada entre as diferentes datas de aquisição de imagem de satélite também se apresentou de maneira decrescente ao longo dos diferentes períodos temporais adotados, porém com variações mais expressivas, sendo de aproximados 211 % para os períodos de 15 dias e de cerca 18 %, para períodos de trezentos e sessenta dias.

Deve-se destacar que a região analisada situa-se na depressão interplanáltica do rio Doce, não tendo a incidência, portanto, de chuvas orográficas, explicando, assim, a baixa concentração de chuvas em pequenos períodos de tempo.

De modo a verificar o balanço hídrico da área de estudo foi efetuada a subtração entre os valores de precipitação média e evaporação total diária acumulada, em diferentes momentos temporais, para os períodos de aquisição de imagem de satélite em que os dados estavam disponíveis (Ver Tabela 6.9).

**Tabela 6.9 – Balanço hídrico**

<b>Balanço Hídrico (mm)</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/05/1986	-21,72	-54,66	-153,93	-170,93	-
27/08/1993	-16,31	-57,90	-132,28	-134,88	120,11
01/10/1994	-52,59	-92,87	-174,64	-230,05	185,14
18/07/1996	-34,53	-70,22	-122,21	-158,36	-271,23
08/07/1998	-29,65	-61,52	-92,49	-117,44	-90,05
01/02/1999	-15,07	-9,09	108,42	182,15	-309,85
28/08/1999	-46,02	-93,83	-170,45	-230,42	-193,28
27/06/2000	-19,95	-35,94	-106,70	-177,12	20,90
11/04/2001	-58,70	-103,49	-186,31	-282,54	-252,53
04/10/2001	-10,16	-47,64	-132,09	-205,90	-422,67
20/06/2003	-40,23	-81,45	-151,28	-215,43	53,16
24/07/2004	-0,14	-29,42	-61,53	-86,16	202,81
15/10/2005	-68,71	-52,25	-143,64	-201,30	477,63
14/05/2007	-43,92	-57,73	-104,13	-172,49	78,26
05/09/2008	-39,04	-88,68	-176,41	-237,48	-403,48
07/08/2009	-45,56	-79,84	-117,73	-185,82	246,21
13/12/2009	115,25	79,72	164,37	168,57	382,45
26/08/2010	-46,80	-92,47	-164,72	-221,24	-334,20
<b>Média</b>	<b>-26,32</b>	<b>-57,18</b>	<b>-106,54</b>	<b>-148,71</b>	<b>-30,03</b>

A análise dos dados do balanço hídrico entre os dados climáticos levantados mostra uma clara tendência, observada para os períodos de quinze, trinta, sessenta e noventa dias, de um balanço hídrico negativo, com valores de precipitação menores do que os valores de evaporação. Nessa perspectiva, observa-se, a partir média dos valores encontrados, uma inclinação crescente, com uma prevalência da evaporação sobre a precipitação cada vez maior, a partir do período temporal de quinze dias até o período de noventa dias.

Em relação ao balanço hídrico efetuado a partir dos valores de precipitação e evaporação total diária acumulada ao longo de trezentos e sessenta dias, em nove anos amostrados observaram-se balanços positivos, com taxas de precipitação maiores do que a evaporação, enquanto que, em sete amostras anuais a tendência foi a de um balanço hídrico negativo, com valores de

evaporação maiores do que os de precipitação, demonstrando assim uma tendência ao equilíbrio entre a precipitação e a evaporação ao longo do ano.

### **6.3 Informações Morfométricas e Morfológicas**

Foram produzidas informações morfométricas das bacias de drenagem e morfológicas dos ambientes lacustres investigados, podendo ser analisados na Tabela 6.10.

**Tabela 6.10 – Informações morfométricas e morfológicas**

Número	Nome	Densidade de Drenagem	Desenvolvimento do Perímetro	Fator de Envolvimento	Declividade Média	Forma da Cavidade
01		0,44	2,10	5,17	15,95	-
02		0,08	2,70	4,44	12,03	-
03	Aguapé	0,79	2,93	13,54	16,63	-0,61
04	Nova	0,75	4,96	11,49	18,64	-
05		0,67	2,80	30,34	17,17	-
06	Verde	0,00	3,44	4,07	9,54	-0,60
07	Jacaré	0,56	4,30	8,69	15,98	-
08		0,36	7,19	58,52	15,80	-
09	Lago da Barra	0,47	5,11	11,07	11,50	-
10	Água Clara	0,05	2,89	5,64	12,38	-
11		0,34	2,29	3,18	10,88	-
12	Carioca	0,00	1,42	6,42	11,92	-0,90
13		0,00	1,82	5,08	11,93	-
14		0,17	3,16	3,43	12,48	-
15		0,69	2,21	4,46	10,92	-
16	Santa Helena	0,00	2,39	4,48	14,74	0,06
17		0,00	1,47	3,27	11,61	-
18		1,03	5,89	33,73	12,39	-
19		1,15	8,48	155,28	13,33	-

Número	Nome	Densidade de Drenagem	Desenvolvimento do Perímetro	Fator de Envolvimento	Declividade Média	Forma da Cavidade
20		0,14	3,35	18,70	12,27	-
21	Dom Helvécio	0,10	5,44	3,79	11,74	-0,87
22		0,00	3,90	9,31	13,54	-
23	Bonita	0,00	3,23	4,65	12,50	-
24	Patos	0,28	4,15	6,82	14,88	-0,50
25	Anibal	0,33	5,71	6,73	13,90	-
26		0,00	1,95	5,37	12,11	-
27		0,00	4,43	47,71	14,76	-
28		0,11	2,95	16,18	10,81	-
29		0,63	4,93	11,50	12,38	-
30		0,87	4,58	18,86	13,20	-
31	Silvana	0,90	6,43	16,61	17,74	-0,20
32		0,88	2,75	21,99	18,53	-
33		0,28	2,41	4,27	12,03	-
34		0,89	3,96	11,75	14,33	-
35		0,00	2,82	6,15	14,29	-
36	Piau	0,50	4,56	8,47	12,63	-
<b>Média</b>		0,37	4,59	39,14	13,54	-0,52

A análise dos dados morfométricos relativos à densidade da rede de drenagem das bacias de contribuição dos lagos amostrados mostra valores baixos, com média de 0,37. Os valores encontrados corroboram com a caracterização geomorfológica realizada por Barbosa e Kohler (1981), os quais já aludiam para a presença de bacias de drenagem pequenas, com cursos d'água de pequena extensão e em grande parte intermitentes. Dos trinta e seis lagos analisados, apenas oito apresentaram densidade de drenagem superiores a 0,70.

Os valores de desenvolvimento de perímetro dos lagos analisados apresentaram uma média de 4,59, sendo que, dos trinta e seis lagos analisados, vinte apresentaram valores maiores do que 3,00 e dezesseis lagos situados abaixo dessa faixa. Ressalta-se que os lagos que apresentaram valores de desenvolvimento do perímetro mais baixos situam-se, em grande maioria, ao sul da área de estudo.

O Fator de Envolvimento dos lagos analisados apresentou uma expressiva amplitude, com valores que vão de 3,18 até 829,47, refletindo a presença de ambientes lacustres de pequena dimensão situados em bacias de contribuição de grande área relativa, e de lagos com áreas grandes em bacias de drenagem pequenas.

Nesse sentido, a tendência geral observada foi a da presença de lagos que ocupam grandes áreas no interior de suas respectivas bacias hidrográficas, na medida em que, dos trinta e seis lagos analisados, vinte e cinco apresentaram valores de fator de envolvimento menores que 15,00.

Em relação à declividade média, esta se apresentou na faixa entre 8 e 20 %, sendo todas as bacias de drenagem analisadas formadas pelo relevo do tipo ondulado.

Por fim, entre os sete lagos em que foram realizados estudos batimétricos, possibilitando o cálculo da forma da cavidade dos lagos, seis apresentaram valores situados na faixa entre -1 e 0, sendo lagos do tipo senoidal, denotando serem ambientes aquáticos com regiões litorâneas de baixa expressão volumétrica em relação às regiões limnética e profunda. O único ambiente aquático que apresentou-se de maneira singular foi o lago 16 – Santa Helena, que apresentou uma forma do tipo parabólica, contendo áreas relativas à região litorânea mais expressivas. Os mapas batimétricos elaborados no presente estudo podem ser vistos no Apêndice D.

#### **6.4 *Evolução do uso e cobertura do solo e variações nas áreas dos lagos***

De modo a analisar a influência das transformações do uso e cobertura do solo sobre a variação das áreas dos lagos amostrados que se situam fora dos limites do parque estadual do Rio Doce, foram tabulados os dados referentes aos percentuais relativos a cada classe de uso e cobertura do solo e os valores das áreas dos ambientes lacustres, para os para os anos de 1985 e 2010, assim como o coeficiente de variação das áreas dos lagos (Ver Tabela 6.11). A Tabela 6.12 apresenta o crescimento percentual das classes de uso e cobertura do solo das bacias de drenagem dos lagos analisados.

**Tabela 6.11– Uso e cobertura do solo e área dos lagos: 1985 - 2010**

<b>Áreas relativas do Uso e Cobertura do Solo e Áreas dos Lagos</b>											
<b>Bacia do Lago</b>	<b>1985</b>					<b>2010</b>					<b>Coefficiente de Variação (%)</b>
	<b>Eucalipto (%)</b>	<b>Mancha Urbana (%)</b>	<b>Mata (%)</b>	<b>Pasto (%)</b>	<b>Área do Lago (Hectares) 1985</b>	<b>Eucalipto (%)</b>	<b>Mancha Urbana (%)</b>	<b>Mata (%)</b>	<b>Pasto (%)</b>	<b>Área do Lago (Hectares) 2010</b>	
<b>01</b>	23,80	-	12,48	63,73	52,57	14,56	-	28,13	57,31	50,27	5,59
<b>02</b>	23,24	-	27,59	49,17	105,55	22,45	-	40,08	37,47	100,60	3,40
<b>03</b>	43,54	0,00	27,53	28,93	146,03	43,69	0,03	40,68	15,60	139,77	3,34
<b>04</b>	29,31	-	54,02	16,67	119,84	27,38	-	46,40	26,22	130,38	6,85
<b>05</b>	43,80	-	38,32	17,88	5,83	21,72	-	12,64	65,64	12,70	36,79
<b>06</b>	10,48	0,27	44,64	44,61	72,34	25,03	2,97	34,53	37,48	69,86	3,80
<b>07</b>	23,83	-	23,77	52,40	107,86	30,90	-	31,98	37,12	107,23	4,89
<b>08</b>	33,43	-	53,46	13,11	4,21	23,30	-	37,58	39,12	3,50	84,40
<b>09</b>	26,21	-	28,17	45,62	120,04	21,70	-	43,14	35,16	159,50	10,64
<b>10</b>	23,78	-	43,06	33,17	57,15	17,68	-	62,75	19,57	52,83	4,26
<b>17</b>	26,89	-	41,04	32,07	21,51	12,32	-	71,84	15,84	19,80	3,27
<b>31</b>	23,99	0,38	20,54	55,09	-	20,47	0,85	36,00	42,68	-	7,48
<b>32</b>	19,27	-	46,07	34,66	85,61	19,69	-	21,48	58,83	74,52	29,11
<b>33</b>	7,24	-	3,89	88,87	55,33	11,44	-	11,40	77,16	54,27	4,78
<b>34</b>	36,37	-	19,85	43,78	1,39	28,04	-	16,31	55,65	0,54	89,18
<b>35</b>	34,92	-	28,55	36,53	42,66	24,62	-	23,91	51,47	39,28	6,58
<b>36</b>	18,48	0,00	18,03	63,49	-	25,72	4,04	39,59	30,64	124,74	6,65

**Tabela 6.12** – Crescimento do uso e cobertura do solo e área dos lagos: 1985 - 2010

Bacia do Lago	Taxa de crescimento no período (%)				Área do Lago (Hectares) 1985	Área do Lago (Hectares) 2010	Coeficiente de Variação (%)
	Eucalipto	Mata	Pasto	Mancha Urbana			
01	-63,44	55,64	-11,19	-	52,57	50,27	5,59
02	-3,49	31,16	-31,24	-	105,55	100,60	3,40
03	0,33	32,33	-85,43	-	146,03	139,77	3,34
04	-7,04	-16,43	36,43	-	119,84	130,38	6,85
05	-101,66	-203,11	72,76	-	5,83	12,70	36,79
06	58,11	-29,28	-19,02	90,85	72,34	69,86	3,80
07	22,89	25,67	-41,17	-	107,86	107,23	4,89
08	-43,47	-42,24	66,48	-	4,21	3,50	84,40
09	-20,79	34,70	-29,75	-	120,04	159,50	10,64
10	-34,49	31,39	-69,48	-	57,15	52,83	4,26
17	-118,26	42,88	-102,41	-	21,51	19,80	3,27
31	-10,44	46,23	-21,67	58,12	-	-	7,48
32	2,12	-114,46	41,09	-	85,61	74,52	29,11
33	36,69	65,89	-15,15	-	55,33	54,27	4,78
34	-29,72	-21,66	21,33	-	1,39	0,54	89,18
35	-41,82	-19,43	29,04	-	42,66	39,28	6,58
36	30,45	55,89	-100,62	-	-	124,74	6,65

A observação das Tabela 6.11 e Tabela 6.12 mostra não haver relação clara entre as transformações no uso e cobertura do solo das bacias de drenagem dos lagos investigados e as áreas dos lagos dos anos 1985 e 2010, na medida em que a diminuição ou aumento da área dos lagos em estudo não apresentou um comportamento padrão específico em relação à diminuição ou aumento de determinada classe de uso e cobertura do solo.

Todavia, pode-se observar que os ambientes lacustres 05, 08, 32 e 34, os quais apresentaram elevados valores de coeficiente de variação, tiveram crescimento na área de pastagens, refletindo assim uma possível influência desse uso do solo sobre a variação das áreas dos lagos.

### **6.5 Regressão linear entre as áreas dos lagos e variáveis climáticas**

De posse das informações referentes à variação das áreas dos lagos e da precipitação e evaporação acumulada para quinze, trinta, sessenta, noventa e trezentos e sessenta dias, contados a partir das datas de aquisição das imagens de satélite, procedeu-se à realização de modelos de regressão linear para analisar a dinâmica de variação das áreas dos lagos em função das variáveis climáticas, para períodos de estação climática seca e chuvosa.

Os resultados dos coeficientes de determinação encontrados para a relação entre a precipitação total diária acumulada e os valores das áreas dos lagos para períodos de estação seca e chuvosa estão disponíveis, respectivamente, nas Tabela 6.13 e Tabela 6.14. Os coeficientes de determinação referentes aos modelos de regressão linear efetuados sobre os valores de evaporação total diária acumulada e os valores das áreas dos lagos para os períodos de estação seca podem ser visto na Tabela 6.15, enquanto que os resultados associados aos períodos de estação chuvosa encontram-se na Tabela 6.16.

**Tabela 6.13 – Regressão linear: precipitação acumulada e áreas dos lagos - estação seca****R<sup>2</sup> (Coeficiente de Determinação) - Seca**

Número	Nome	Precipitação Acumulada x Área dos Lagos				
		15 dias	30 dias	60 dias	90 dias	360 dias
01	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
02	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
03	Aguapé	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10
04	Nova	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
05	-	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
06	Verde	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
07	Jacaré	0,04	0,12	0,01	0,00	0,02
08	-	0,00	0,02	0,03	0,07	0,11
09	Lago da Barra	0,07	0,04	0,01	0,03	0,00
10	Água Clara	0,01	0,01	0,03	0,03	0,37
11	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,44
12	Carioca	0,03	0,01	0,00	0,00	0,33
13	-	0,09	0,00	0,04	0,14	0,20
14	-	0,01	0,00	0,00	0,02	0,22
15	-	0,01	0,01	0,02	0,13	0,17
16	Santa Helena	0,01	0,00	0,00	0,07	0,23
17	-	0,03	0,04	0,03	0,00	0,28
18	-	0,00	0,04	0,06	0,00	0,25
19	-	0,03	0,01	0,01	0,03	0,27
20	-	0,00	0,06	0,06	0,00	0,36
21	Dom Helvécio	0,00	0,00	0,01	0,02	0,55
22	-	0,01	0,03	0,00	0,00	0,35
23	Bonita	0,00	0,01	0,00	0,02	0,27
24	Patos	0,05	0,06	0,08	0,00	0,16
25	Anibal	0,01	0,01	0,01	0,11	0,22
26	-	0,00	0,01	0,00	0,03	0,22
27	-	0,01	0,05	0,06	0,12	0,03
28	-	0,00	0,00	0,00	0,02	0,18
29	-	0,03	0,01	0,00	0,00	0,39
30	-	0,00	0,01	0,06	0,00	0,31
31	Silvana	0,09	0,00	0,00	0,00	0,11
32	-	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00
33	-	0,03	0,15	0,16	0,07	0,05
34	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
35	-	0,00	0,07	0,12	0,13	0,04
36	Piau	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00

**Tabela 6.14 – Regressão linear: precipitação acumulada e áreas dos lagos - estação chuvosa**

<b>R<sup>2</sup> (Coeficiente de Determinação) - Chuva</b>						
<b>Número</b>	<b>Nome</b>	<b>Precipitação Acumulada x Área dos Lagos</b>				
		<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
01	-	0,19	0,05	0,14	0,13	0,25
02	-	0,01	0,08	0,02	0,04	0,72
03	Aguapé	0,00	0,14	0,19	0,19	0,34
04	Nova	0,47	0,58	0,04	0,01	0,67
05	-	0,36	0,35	0,00	0,00	0,73
06	Verde	0,02	0,07	0,05	0,08	0,65
07	Jacaré	0,14	0,02	0,11	0,12	0,35
08	-	0,07	0,07	0,25	0,27	0,09
09	Lago da Barra	0,11	0,14	0,03	0,08	0,45
10	Água Clara	0,06	0,17	0,00	0,02	0,73
11	-	0,00	0,06	0,03	0,04	0,41
12	Carioca	0,06	0,01	0,13	0,17	0,41
13	-	0,87	0,66	0,20	0,11	0,13
14	-	0,02	0,00	0,01	0,01	0,89
15	-	0,40	0,17	0,00	0,01	0,02
16	Santa Helena	0,23	0,11	0,00	0,00	0,21
17	-	0,00	0,00	0,25	0,29	0,26
18	-	0,05	0,13	0,37	0,42	0,47
19	-	0,04	0,08	0,00	0,01	0,48
20	-	0,03	0,00	0,00	0,00	0,70
21	Dom Helvécio	0,12	0,29	0,23	0,20	0,60
22	-	0,81	0,55	0,32	0,22	0,02
23	Bonita	0,00	0,06	0,05	0,05	0,72
24	Patos	0,25	0,18	0,11	0,06	0,00
25	Anibal	0,05	0,00	0,07	0,10	0,33
26	-	0,00	0,03	0,02	0,02	0,55
27	-	0,05	0,01	0,15	0,18	0,43
28	-	0,06	0,02	0,00	0,00	0,59
29	-	0,54	0,24	0,23	0,16	0,00
30	-	0,23	0,37	0,48	0,51	0,34
31	Silvana	0,16	0,05	0,27	0,29	0,42
32	-	0,00	0,02	0,12	0,13	0,86
33	-	0,85	0,78	0,59	0,44	0,00
34	-	0,01	0,00	0,10	0,11	0,49
35	-	0,17	0,34	0,10	0,08	0,69
36	Piau	0,11	0,00	0,10	0,13	0,48

**Tabela 6.15 – Regressão linear: evaporação acumulada e áreas dos lagos - estação seca**

Número	Nome	Evaporação Acumulada x Área dos Lagos				
		15 dias	30 dias	60 dias	90 dias	360 dias
01	-	0,04	0,04	0,00	0,02	0,10
02	-	0,07	0,01	0,00	0,00	0,04
03	Aguapé	0,00	0,00	0,05	0,03	0,04
04	Nova	0,13	0,07	0,02	0,00	0,05
05	-	0,09	0,01	0,04	0,10	0,16
06	Verde	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03
07	Jacaré	0,01	0,06	0,07	0,12	0,00
08	-	0,06	0,12	0,09	0,06	0,01
09	Lago da Barra	0,16	0,04	0,00	0,00	0,00
10	Água Clara	0,26	0,19	0,12	0,10	0,02
11	-	0,28	0,28	0,08	0,03	0,09
12	Carioca	0,55	0,49	0,16	0,03	0,19
13	-	0,37	0,20	0,01	0,01	0,47
14	-	0,26	0,10	0,00	0,00	0,01
15	-	0,29	0,06	0,02	0,08	0,46
16	Santa Helena	0,47	0,18	0,00	0,00	0,28
17	-	0,28	0,15	0,03	0,00	0,05
18	-	0,32	0,21	0,15	0,09	0,03
19	-	0,15	0,25	0,15	0,04	0,00
20	-	0,70	0,63	0,39	0,22	0,09
21	Dom Helvécio	0,26	0,36	0,24	0,17	0,15
22	-	0,46	0,37	0,16	0,04	0,24
23	Bonita	0,30	0,14	0,00	0,00	0,19
24	Patos	0,49	0,36	0,28	0,22	0,04
25	Anibal	0,34	0,11	0,00	0,01	0,21
26	-	0,39	0,14	0,00	0,01	0,22
27	-	0,01	0,01	0,15	0,20	0,00
28	-	0,23	0,17	0,12	0,08	0,00
29	-	0,54	0,45	0,14	0,02	0,34
30	-	0,83	0,81	0,44	0,22	0,02
31	Silvana	0,00	0,00	0,00	0,04	0,14
32	-	0,03	0,11	0,05	0,00	0,02
33	-	0,00	0,00	0,07	0,13	0,05
34	-	0,25	0,43	0,30	0,09	0,00
35	-	0,09	0,05	0,00	0,03	0,18
36	Piau	0,07	0,09	0,02	0,00	0,26

**Tabela 6.16** – Regressão linear: evaporação acumulada e áreas dos lagos - estação chuvosa

<b>R<sup>2</sup> (Coeficiente de Determinação) - Chuva</b>						
<b>Número</b>	<b>Nome</b>	<b>Evaporação Acumulada x Área dos Lagos</b>				
		<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
01	-	0,28	0,00	0,01	0,03	0,00
02	-	0,16	0,05	0,00	0,00	0,01
03	Aguapé	0,79	0,31	0,20	0,17	0,16
04	Nova	0,09	0,29	0,15	0,16	0,00
05	-	0,14	0,28	0,14	0,15	0,00
06	Verde	0,26	0,06	0,01	0,00	0,00
07	Jacaré	0,26	0,00	0,00	0,02	0,00
08	-	0,05	0,07	0,02	0,03	0,63
09	Lago da Barra	0,01	0,06	0,02	0,02	0,20
10	Água Clara	0,28	0,14	0,06	0,05	0,00
11	-	0,76	0,21	0,13	0,10	0,05
12	Carioca	0,15	0,00	0,01	0,03	0,00
13	-	0,00	0,28	0,19	0,23	0,02
14	-	0,08	0,00	0,06	0,06	0,37
15	-	0,34	0,01	0,01	0,01	0,29
16	Santa Helena	0,26	0,10	0,04	0,05	0,62
17	-	0,17	0,05	0,07	0,11	0,02
18	-	0,05	0,08	0,15	0,18	0,05
19	-	0,51	0,19	0,12	0,09	0,00
20	-	0,10	0,00	0,06	0,07	0,60
21	Dom Helvécio	0,61	0,39	0,23	0,21	0,13
22	-	0,05	0,20	0,15	0,20	0,01
23	Bonita	0,48	0,13	0,04	0,03	0,22
24	Patos	0,32	0,01	0,00	0,01	0,02
25	Anibal	0,54	0,06	0,02	0,00	0,46
26	-	0,60	0,12	0,05	0,03	0,14
27	-	0,10	0,00	0,01	0,02	0,03
28	-	0,11	0,01	0,07	0,08	0,67
29	-	0,17	0,04	0,03	0,05	0,00
30	-	0,00	0,19	0,28	0,31	0,01
31	Silvana	0,22	0,12	0,06	0,05	0,14
32	-	0,00	0,06	0,17	0,18	0,47
33	-	0,00	0,56	0,55	0,61	0,16
34	-	0,26	0,01	0,00	0,00	0,01
35	-	0,47	0,36	0,21	0,19	0,02
36	Piau	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09

Os valores de coeficiente de determinação encontrados nos modelos de regressão linear efetuados entre os valores das áreas dos lagos e a precipitação e evaporação total diária acumulada para diferentes momentos temporais mostraram-se, de modo geral, baixos, revelando não haver, na maior parte das análises, relação clara entre as variáveis observadas.

Todavia, pode-se observar que, tanto para a estação seca quanto para a estação chuvosa, os modelos de regressão linear simples mostraram coeficientes de determinação maiores diante das relações entre a variação das áreas dos lagos e os dados de precipitação acumulada anual e evaporação acumulada de quinze dias.

Foi possível observar que os modelos de regressão linear referentes a períodos de estação hidrológica chuvosa apresentaram coeficientes de determinação afeitos à relação entre as chuvas acumuladas anuais e a variação das áreas dos lagos mais expressivos do que os observados durante os períodos de estação seca.

Nesse sentido, vinte dos trinta e seis lagos analisados foram o que se apresentaram com maior destaque dentre os demais, com coeficientes de determinação maiores de 0,40, e configurando, juntos, um coeficiente de determinação médio de 0,60.

Em contrapartida, durante os períodos de estação seca, obtiveram-se modelos de regressão linear que apresentaram respostas mais expressivas, no que se refere à relação entre a evaporação acumulada de quinze dias e a variação das áreas dos lagos, em detrimento aos modelos efetuados para o período de estação chuvosa. Em respeito a essa questão, dos trinta e seis lagos analisados, sete apresentaram os mais expressivos coeficientes de determinação dentre os demais, com uma média de 0,58.

É importante ressaltar que, apesar de ser observada uma tendência comum de maior correspondência estatística entre a variação das áreas dos lagos e os dados de precipitação acumulada anual e evaporação acumulada de quinze dias, alguns lagos apresentaram comportamentos específicos, com coeficientes de determinação mais expressivos dentre os demais, para distintos períodos de chuva e evaporação acumulada.

Nesse sentido, oito lagos se destacaram por apresentarem coeficientes de determinação maiores que 0,40 nos modelos de regressão linear para períodos de precipitação total diária acumulada de 15 dias, em períodos hidrológicos de chuva.

## 6.6 Agrupamento de variáveis morfométricas e morfológicas e influência sobre a dinâmica de variação das áreas dos lagos

A análise das Componentes Principais foi aplicada de modo a examinar a possível existência de grupos, entre os sistemas lacustres investigados, que apresentassem características morfométricas e morfológicas em comum. A Figura 6.5 mostra o *Score Plot* dos ambientes analisados e a Figura 6.6 apresenta seu respectivo *Loading Plot*.

Os lagos que apresentaram maiores coeficientes de variação de suas áreas também se submeteram à Análise das Componentes Principais, sendo o resultado expresso nas Figura 6.7 e Figura 6.8.

Por fim, a Figura 6.9 a Figura 6.12 apresentam os Gráficos de *Score Plot* e *Loading Plot* das Análises das Componentes Principais realizadas sobre os lagos que demonstraram respostas mais expressivas nos modelos de regressão linear previamente efetuados sobre a precipitação acumulada e a variação das áreas dos lagos, para períodos temporais de quinze e trezentos e sessenta dias, de estações hidrológicas de chuva.

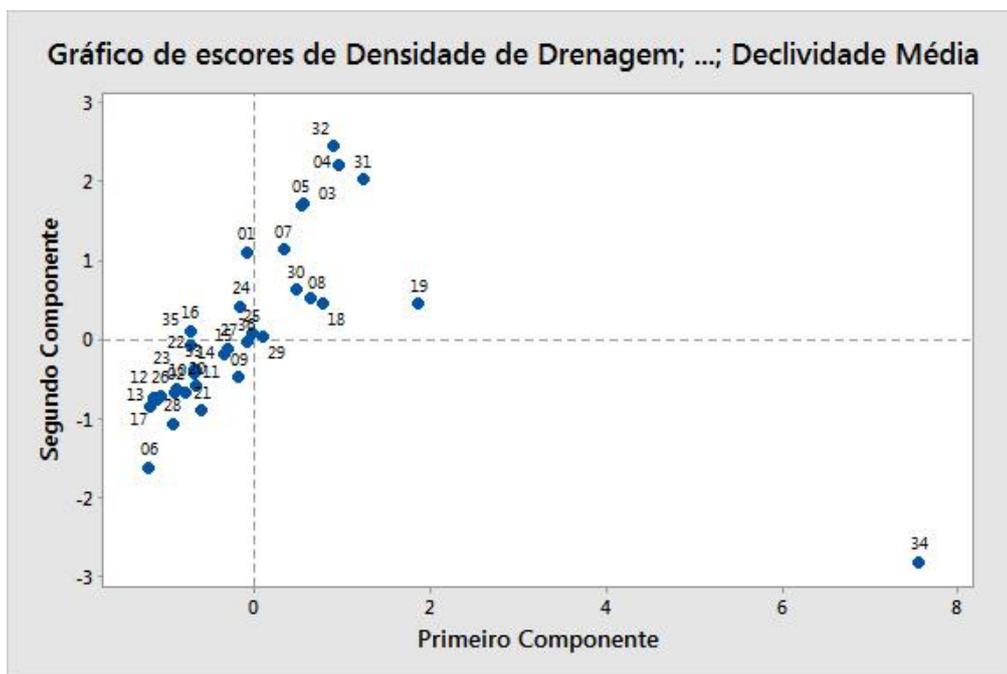


Figura 6.5 – *Score Plot* da ACP dos lagos analisados

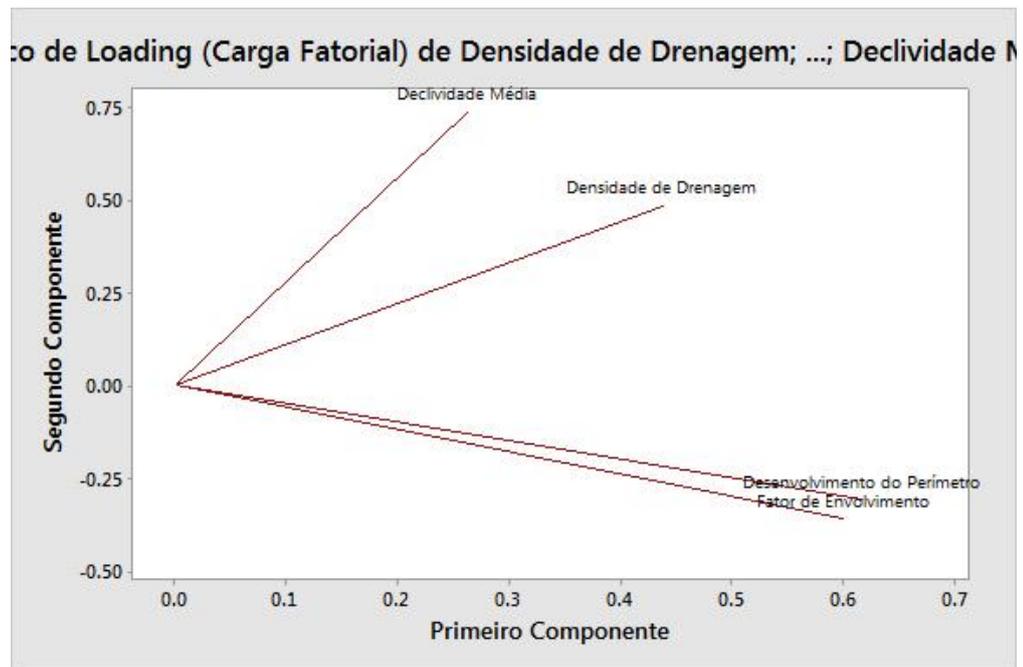


Figura 6.6 – Loading Plot da ACP dos lagos analisados

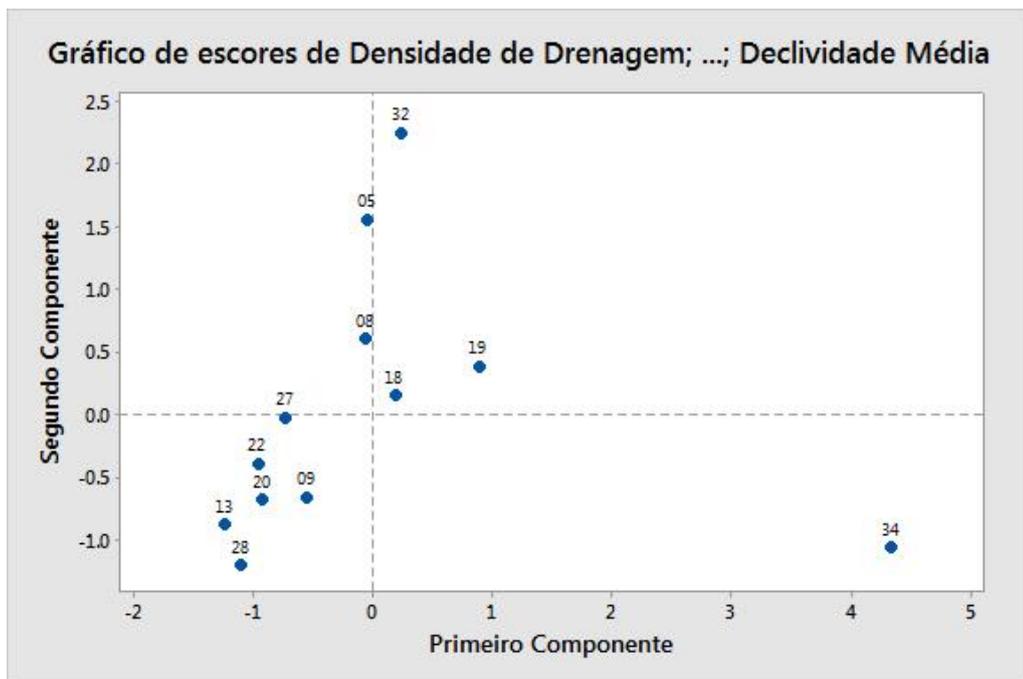


Figura 6.7 – Score Plot da ACP dos lagos com maior coeficiente de variação

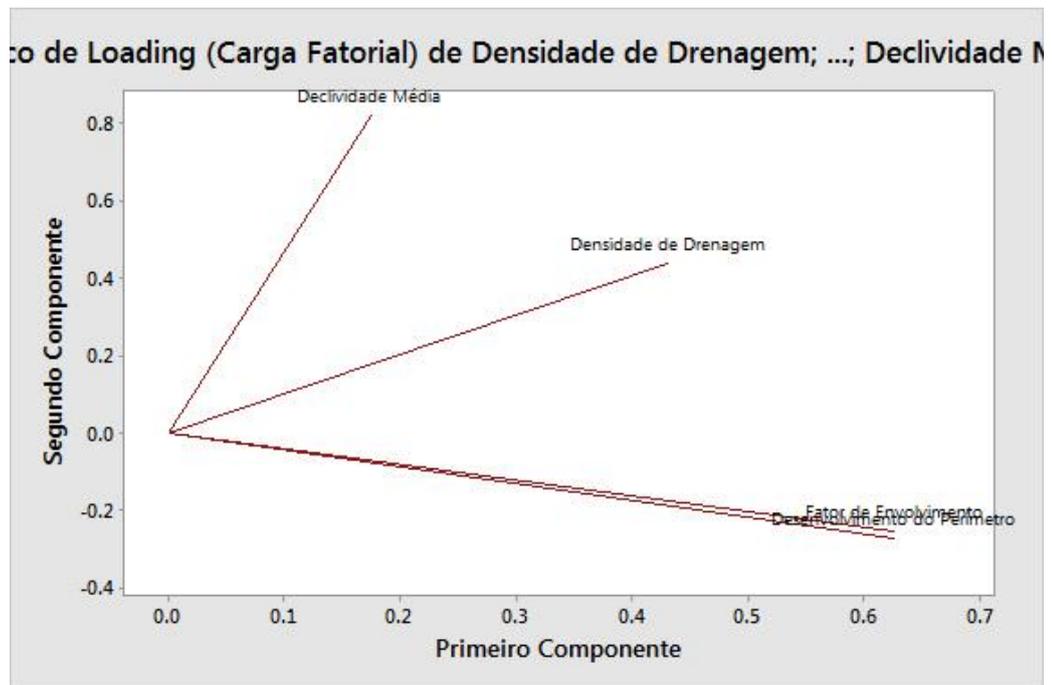


Figura 6.8 – Loading Plot da ACP dos lagos com maior coeficiente de variação

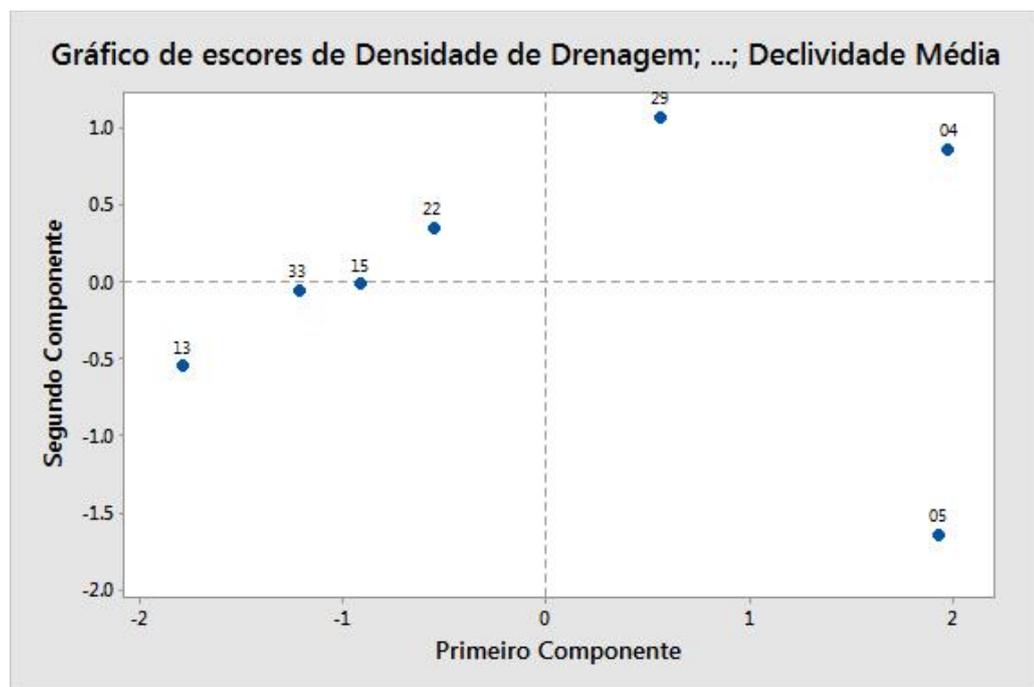
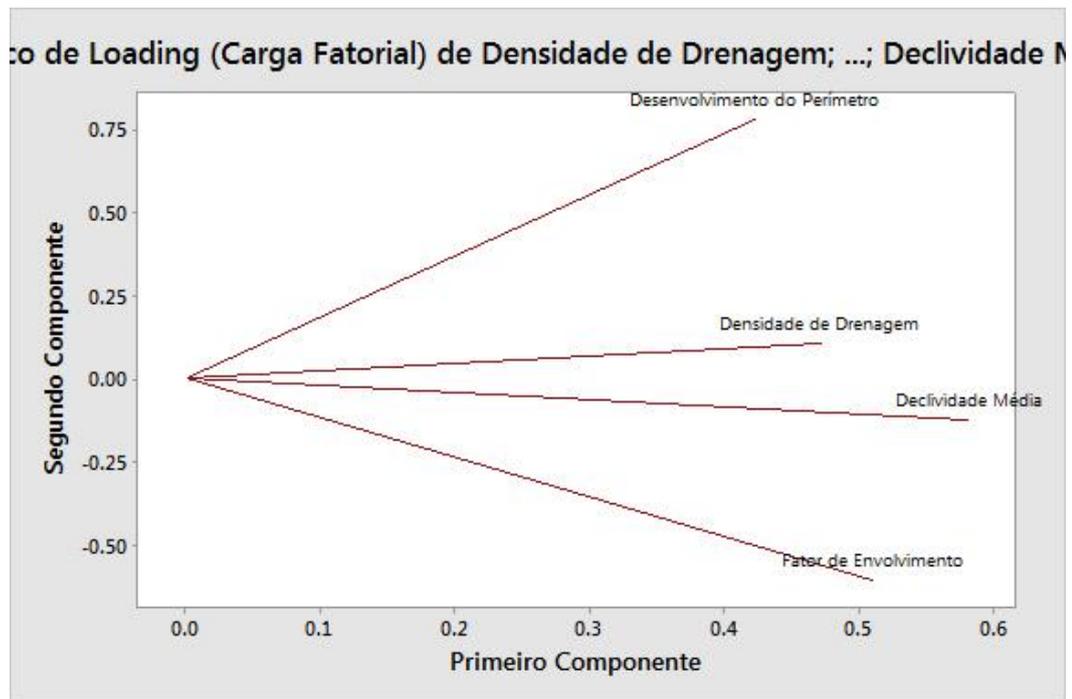
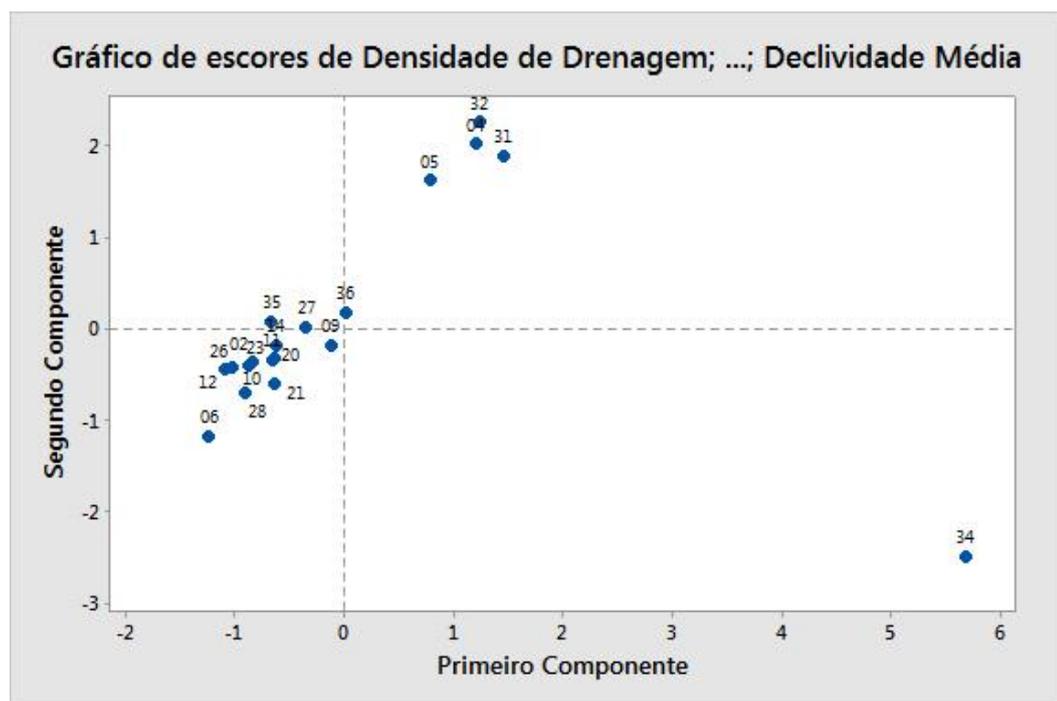


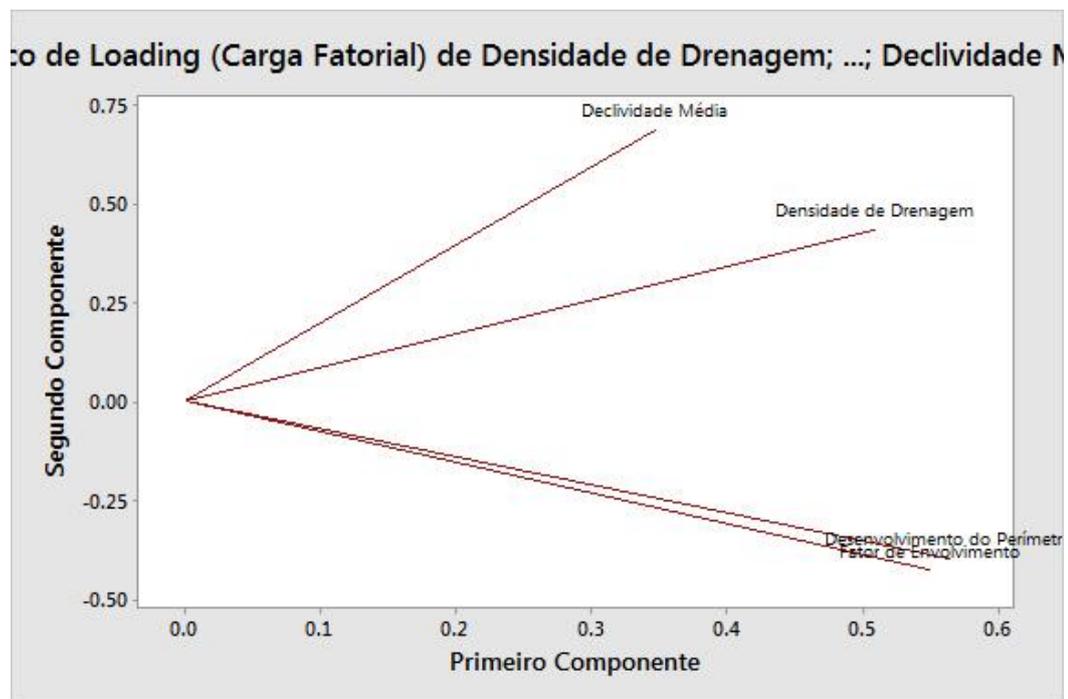
Figura 6.9 – Score Plot da ACP dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de determinação nos modelos de regressão linear para precipitação acumulada de quinze dias



**Figura 6.10** – *Loading Plot* da ACP dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de determinação nos modelos de regressão linear para precipitação acumulada de quinze dias



**Figura 6.11** – *Score Plot* da ACP dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de determinação nos modelos de regressão linear para precipitação acumulada de trezentos e sessenta dias



**Figura 6.12** – Loading Plot da ACP dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de determinação nos modelos de regressão linear para precipitação acumulada de trezentos e sessenta dias

A observação de todos os gráficos demonstrados nas figuras relacionadas às análises de principais componentes realizadas demonstra que a distribuição das bacias ocorre de maneira dispersa e os dados dos índices morfométricos e morfológicos não formam agrupamentos, sendo que essas variáveis, portanto, não guardam relação à maior ou menor variação das áreas dos lagos, assim como à resposta desses ambientes à dinâmica climática local.

A Tabela 6.17 apresenta os lagos que foram submetidos a estudos batimétricos, com a representação dos valores encontrados do parâmetro morfológico referente à forma de cavidade e a variabilidade das áreas dos lagos, expressa pelo coeficiente de variação.

**Tabela 6.17** – Forma de cavidade e coeficiente de variação das áreas dos lagos

Número	Nome	Forma da Cavidade	Coefficiente de Variação
03	Aguapé	-0,61	3,34%
06	Verde	-0,60	3,80%
12	Carioca	-0,90	6,83%
16	Santa Helena	0,06	5,48%
21	Dom Helvécio	-0,87	2,04%
24	Patos	-0,50	6,57%
31	Silvana	-0,20	7,80%

A observação dos valores referentes à forma da cavidade e ao coeficiente de variação das áreas dos lagos demonstra não haver relação nítida entre as variáveis empregadas, sendo a forma da cavidade dos lagos analisados um parâmetro morfológico que não se associa à variabilidade das áreas dos lagos verificada no presente estudo.

## 7 DISCUSSÕES

Este capítulo se propôs a discutir, à luz dos resultados obtidos e das características fisiográficas da área de estudo, os fatores relacionados à dinâmica de variação das áreas dos lagos do alto rio Doce, a saber: Usos e coberturas do solo; variáveis climáticas; variáveis morfométricas e morfológicas.

### **7.1 *Influência da evolução do uso e cobertura do solo sobre a dinâmica de variação das áreas dos lagos***

Os resultados obtidos acerca da relação entre a evolução do uso e cobertura do solo entre os anos de 1985 e 2010 das bacias de drenagem dos lagos investigados mostraram não haver relação clara entre as transformações dos diferentes usos e o aumento ou diminuição das áreas dos lagos analisados.

Sendo assim, não se pode afirmar que a expansão da silvicultura de eucalipto presenciada no Alto Vale do Rio Doce possa estar exercendo um impacto ambiental negativo, a partir de um ponto de vista hidrológico, sob o sistema de lagos naturais da região. Nesse aspecto, cabe ainda ressaltar que o aumento da área plantada de mata, referente à vegetação estacional semidecidual, concomitante ao crescimento da silvicultura do eucalipto, possivelmente está relacionada a políticas de preservação ambiental e respeito à legislação referente às áreas de preservação permanente por parte de companhias siderúrgicas que atuam na área, como a Arcelor Mittal.

Os resultados demonstraram que nas bacias hidrográficas de alguns ambientes lacustres investigados, nos quais obtiveram-se elevados coeficientes de variação das áreas de seus respectivos espelhos d'água, ocorreu amplo crescimento das áreas referentes às pastagens.

Um dos fatores relacionados a esses resultados pode estar vinculado ao fato de que, em ambientes onde se dá a retirada da cobertura vegetal, as gotas de chuva caem diretamente sobre o solo, causando a ruptura dos agregados, resultando na individualização das partículas que, transportadas, contribuem para a selagem da superfície do solo. Devido ao preenchimento dos poros, há formação de crostas e conseqüente diminuição da capacidade de

infiltração da água, aumentando, assim, o escoamento superficial, com a lixiviação de nutrientes e disponibilização de sedimentos para os corpos d'água.

Sendo assim, a maior variabilidade das áreas dos lagos, ao longo do período temporal analisado, que tiveram suas bacias de contribuição ocupadas por pastagens, pode estar relacionada a mudanças no comportamento hidrológico de suas bacias de drenagem em períodos de retirada da cobertura vegetal, levando a maior escoamento superficial para os ambientes lacustres investigados.

## ***7.2 Influência das variáveis climáticas sobre a dinâmica de variação das áreas dos lagos***

Os resultados encontrados através dos modelos de regressão linear efetuados entre a variação das áreas dos lagos e a precipitação e evaporação total diária acumulada em diferentes períodos de tempo, para períodos de estação climática seca e chuvosa, permitem a análise das influências exercidas pelas variáveis climáticas sobre a dinâmica de variação das áreas dos lagos investigados.

Os resultados apresentados indicaram que os valores de coeficiente de determinação encontrados nos modelos de regressão linear efetuados entre os valores das áreas dos lagos e a precipitação e evaporação total diária acumulada para diferentes momentos temporais mostraram-se, de modo geral, baixos, revelando não haver, na maior parte das análises, relação clara entre as variáveis observadas.

Todavia, pode-se observar que, tanto para a estação seca quanto para a estação chuvosa, os modelos de regressão linear simples mostraram coeficientes de determinação maiores diante das relações entre a variação das áreas dos lagos e os dados de precipitação acumulada anual e evaporação acumulada de quinze dias.

Uma das causas relacionadas a essas respostas dos modelos de regressão linear está ligada ao fato de que os resultados do balanço hídrico entre os dados climáticos levantados nesta pesquisa mostraram uma clara tendência de um balanço hídrico negativo para períodos de quinze, trinta, sessenta e noventa dias com valores de precipitação menores do que os valores de evaporação, ao passo que, para o balanço hídrico anual, a tendência foi a de um equilíbrio entre a precipitação e a evaporação, com uma leve propensão a valores positivos.

A inserção da área de estudo dentro da Depressão Interplanáltica do rio Doce é um dos fatores associados aos baixos valores de precipitação total diária acumulada para períodos temporais de quinze, trinta, sessenta e noventa dias, pois, por estar em uma área topograficamente deprimida, não se dá a incidência de chuvas orográficas, que levam à incidência de eventos de elevada precipitação acumulada.

Ainda acerca dos resultados obtidos ressalta-se que tanto para a estação seca quanto para a estação chuvosa, os modelos de regressão linear simples mostraram maiores coeficientes de determinação diante das relações entre a variação das áreas dos lagos e a evaporação acumulada de quinze dias, sendo os resultados referentes à estação seca mais expressivos. Esse comportamento pode ser possivelmente atribuído à ocorrência de um balanço hídrico negativo para períodos de quinze dias.

É importante ressaltar que o número de amostras utilizadas nos modelos de regressão linear para períodos hidrológicos de chuva foi menor do que as utilizadas para períodos de seca. Isso se deve ao fato de que os períodos chuvosos apresentam, normalmente elevada cobertura de nuvens, o que inviabiliza a aquisição de imagens da superfície terrestre. O emprego de amostras em menor número é um fator que pode influenciar o coeficiente de determinação dos modelos de regressão linear, sendo, portanto, um fator a ser levado em consideração a respeito dos resultados encontrados no âmbito do presente estudo.

### **7.3 *Influência das variáveis morfométricas e morfológicas sobre a variação das áreas dos lagos***

Os resultados relacionados às análises das componentes principais, aplicadas a fim de examinar a possível existência de grupos, entre os sistemas lacustres investigados, que apresentassem características morfométricas e morfológicas em comum, levou à resposta de que não há agrupamentos entre as variáveis selecionadas, não estando as mesmas, portanto, vinculadas à maior ou menor variação das áreas dos lagos, tampouco à resposta desses ambientes à dinâmica climática local.

A variável morfológica relacionada à forma de cavidade dos ambientes lacustres, elaborada a partir de campanhas batimétricas realizadas em alguns dos lagos analisados, não demonstrou estar relacionada à maior ou menor variação das áreas dos lagos.

A variação das áreas dos lagos ao longo do tempo parece estar mais diretamente relacionada à área média dos ambientes lacustres, pois, 75 % dos lagos que apresentaram maiores coeficientes de variação apresentaram áreas médias inferiores a 20 hectares. Nesse sentido, pode-se aventar que esses ambientes estariam mais susceptíveis às variações dos níveis freáticos de suas bacias de drenagem, apresentando, assim, maior variabilidade referente às áreas de seus espelhos d'água.

#### **7.4 Condicionantes fisiográficas influentes sobre o comportamento hidrológico dos lagos do alto vale do rio Doce.**

À luz das características fisiográficas da região do alto vale do rio Doce, referentes à cobertura do solo, ao substrato geológico, aos tipos de solo, e à geomorfologia, os resultados encontrados referentes aos modelos de regressão linear efetuados entre as variáveis de variação das áreas dos lagos e a precipitação e evaporação total diária acumulada em diferentes períodos temporais permitem o desenvolvimento de considerações acerca do comportamento hidrológico das bacias de drenagem dos ambientes lacustres investigados.

O substrato geológico sobre o qual se situam as bacias de drenagem dos lagos analisados são formados por rochas do tipo ortogneisses de fácies anfíbolito, com frequentes intercalações supracrustais. Esse tipo de formação litológica conforma ambientes hidrogeológicos de porosidade praticamente nula, pois trata-se de rochas de textura maciça, sob as quais não se dá o controle de vazios intercrystalinos condicionantes da porosidade. Sendo assim, as perdas de água do sistema hidrológico das bacias de drenagem investigadas por escoamento subsuperficial do complexo rochoso subterrâneo podem ser consideradas como irrelevantes.

Todavia, os solos da região são solos do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, sendo de maneira geral profundos e com textura predominantemente argilosa. Essa característica pedológica faz com que esses solos apresentem alta absorção d'água e baixa permeabilidade, fazendo com que o tempo de residência da água nesses ambientes seja alto e o escoamento subsuperficial sob essa litologia em direção aos ambientes lacustres investigados lento.

Por fim, destaca-se que a rede de drenagem das bacias dos ambientes lacustres investigados é composta principalmente por canais intermitentes, que possuem função coletora somente no período de excedente hídrico.

No que se refere à relação entre a variação das áreas dos lagos e a precipitação acumulada, os resultados demonstraram que, tanto para a estação seca quanto para a estação chuvosa, os modelos de regressão linear simples apresentaram valores maiores, expressos nos coeficientes de determinação, diante das relações entre a variação das áreas dos lagos e os dados de precipitação acumulada anual, sendo que a precipitação acumulada de quinze dias se mostrou relevante em alguns ambientes lacustres investigados, para períodos de estação hidrológica chuvosa.

Sobre esses resultados pode ser considerado que a presença de solos profundos e dotados de alta capacidade de absorção d'água, a ocorrência de um balanço hídrico positivo apenas em períodos temporais anuais e a prevalência de escoamento difuso sobre o escoamento em cursos d'água em superfície faz com que a resposta de variação da área dos lagos se expresse preferencialmente em decorrência das variações anuais de precipitação. O resultado encontrado para períodos hidrológicos de estação chuvosa de maiores coeficientes de determinação encontrados nos modelos de regressão linear referentes à precipitação acumulada de quinze dias está possivelmente relacionado à ocorrência de eventos de intensa precipitação em períodos de solo encharcado que propiciam um maior escoamento superficial em direção aos ambientes lacustres investigados.

Por fim, sobre os resultados obtidos, ressalta-se que, tanto para a estação seca quanto para a estação chuvosa, os modelos de regressão linear simples mostraram maiores coeficientes de determinação diante das relações entre a variação das áreas dos lagos e a evaporação acumulada de quinze dias, sendo os resultados referentes à estação seca mais expressivos. Esse comportamento deve-se possivelmente ao fato de que a intensidade e volume precipitado nesses períodos não sejam suficientes para influenciar em variações nas áreas dos lagos, principalmente em estações hidrológicas de seca, em virtude das bacias serem compostas por poucos canais, e em sua maioria intermitentes, e pela elevada profundidade e absorção dos solos da região.

## 8 CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta as principais conclusões derivadas das discussões dos resultados apresentados nesta pesquisa.

O sistema de lagos naturais da região do alto vale do rio Doce foi escolhido como área de estudo tendo em vista a sua singularidade geomorfológica e ambiental, assim como à falta de estudos hidrológicos sobre os ambientes lacustres da área investigada.

Diante desse quadro, esta pesquisa objetivou realizar uma análise exploratória acerca da possível influência de fatores climáticos, morfológicos e de uso e cobertura do solo sobre a variação, ao longo de um período de vinte e cinco anos (1985-2010), das áreas de um conjunto de lagos do alto vale do rio Doce.

Os resultados demonstraram que a variação das áreas dos lagos foi, de modo geral, pequena, sendo maior para períodos de estação hidrológica seca do que para períodos de estação hidrológica úmida.

A partir do conhecimento estabelecido de que os assoreamentos lacustres da região não têm relação com as atividades humanas (PERÔNICO; CASTRO, 2008), e devido à carência de estudos relacionados aos impactos ambientais sobre os lagos, pretendeu-se analisar a influência das transformações dos usos do solo sobre o sistema de lagos do alto vale do rio Doce. Os resultados obtidos demonstraram não haver relação entre as atividades antrópicas e a diminuição das áreas dos espelhos d'água, não sendo possível indicar atividades que representem riscos à manutenção dos ambientes aquáticos investigados.

Sobre essa questão, cabe ressaltar que a análise efetuada no presente estudo se associa a pesquisas realizadas na região do alto vale do rio Doce por Maillard et al. (2012). Os autores fizeram uma análise da variação, ao longo de vinte e cinco anos (1985-2010), das áreas totais dos espelhos d'água dos lagos da região, assim como do número de objetos identificados como áreas alagadas, tendo chegado à conclusão de que houve, no período analisado, um aumento da área total alagada e do número de áreas alagadas. Nesse sentido, pode-se dizer que a diminuição geral dos usos do solo relacionados a pastagens em relação ao aumento do cultivo de eucaliptos e do replantio de mata pode estar atuando no sentido de manutenção dos ambientes aquáticos do alto vale do rio Doce.

As análises efetuadas acerca da influência da variável climática de precipitação acumulada e variação das áreas dos lagos, a partir de modelos de regressão linear simples, mostraram haver respostas mais expressivas a partir dos dados de precipitação acumulada anual, sendo que a precipitação acumulada de quinze dias se mostrou relevante em alguns ambientes lacustres investigados, para períodos de estação hidrológica chuvosa. Esses resultados estão diretamente relacionados à caracterização fisiográfica da área de estudo, notadamente à presença de solos profundos e dotados de alta capacidade de absorção d'água, à ocorrência de um balanço hídrico positivo apenas em períodos temporais anuais, e à prevalência de escoamento difuso sobre o escoamento em cursos d'água em superfície.

No que se refere à influência da variável climática de evaporação acumulada e a variação das áreas dos lagos, concluiu-se que, tanto para a estação seca quanto para a estação chuvosa, os modelos de regressão linear simples mostraram maiores valores de coeficiente de determinação diante das relações entre a variação das áreas dos lagos e a evaporação acumulada de quinze dias. A explicação dessa dinâmica se associa à ocorrência de um balanço hídrico negativo para períodos de quinze dias, aos baixos índices de pluviosidade deste intervalo de tempo, ao caráter de intermitência dos cursos d'água das bacias de drenagem da região, e pela profundidade e capacidade de absorção de água dos solos da região.

Por fim, os resultados das análises estatísticas relacionadas à morfometria das bacias de drenagem e à morfologia dos lagos, indicaram não haver relação alguma entre o comportamento hidrológico do sistema de lagos naturais do rio Doce, expresso através da variação das áreas de seus espelhos d'água, e a forma das bacias, nem quanto à forma das lagoas.

Esses resultados se associam à pesquisa anterior realizada por Faria (2013), também na região do alto vale do rio Doce, a qual realizou procedimentos de análise das componentes principais, a partir de algumas variáveis morfométricas de um grande número de bacias de drenagem de lagos assoreados e não assoreados, a fim de verificar a influência destas sobre o assoreamento dos ambientes lacustres, não encontrando, também, agrupamentos entre as variáveis morfométricas empregadas para a região em análise.

## 9 RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta recomendações para pesquisas subsequentes, que tenham como objeto de estudo ampliar o escopo das análises efetuadas no presente estudo assim como realização de novos estudos hidrológicos dos lagos naturais do alto vale do rio Doce.

Um aspecto importante de ser sinalizado é o de que esta pesquisa buscou, a partir do emprego de imagens de satélite Landsat 5, classificar as áreas dos espelhos d'água de uma amostra de lagos naturais da região do alto vale do rio Doce. Todavia, cabe destacar que esse sensor satélite possui uma resolução espacial de 30 metros, e que, a utilização de imagens de satélite de maior resolução poderia vir a transmitir informações mais precisas acerca das áreas dos lagos, assim como de suas variabilidades temporais.

Além disso, munido de valores mais precisos das áreas dos lagos da região, e possivelmente de variabilidades em área também mais relevantes, poderia ser possível atingir resultados mais expressivos nos modelos de regressão linear empregados no presente estudo, utilizados no intuito de analisar a influência de variáveis climáticas sobre a variação das áreas dos lagos investigados.

Ressalta-se que a utilização de imagens de satélite de alta resolução, acompanhadas por campanhas de campo que pudessem auxiliar na identificação das assinaturas espectrais dos alvos a serem classificados, poderiam levar ao mapeamento de tipologias de áreas alagadas, como Turfeiras, Brejos, Macrófitas aquáticas e Ilhas flutuantes, assim como em análise da variação dessas tipologias nos ambientes aquáticos da região do alto vale do rio Doce ao longo do tempo. Sendo assim, seria possível a elaboração de uma análise que identificasse os estados tróficos dos lagos da área de estudo, assim como a tendência de eutrofização dos mesmos.

Deve também ser destacado que existem outras variáveis de análise que foram desconsideradas no presente estudo, tendo em vista a carência de base de dados. Uma delas se refere ao regime de corte dos eucaliptais da região e sua possível influência sobre a variação das áreas dos lagos. A idade e os períodos de crescimento dos eucaliptos levam à diferentes taxas de evapotranspiração, sendo este um fator de relevância a ser considerado em pesquisas posteriores.

Ainda existe a possibilidade de ir além de análises que utilizem a variação das áreas dos lagos, e investigar a variação do volume d'água contido nos ambientes lacustres. O emprego de dados com a batimetria dos lagos e com a variação diária de seus níveis d'água poderia levar a respostas mais expressivas no que se refere ao comportamento hidrológico dos ambientes lacustres, assim como a influências exercidas por variáveis climáticas e de uso e cobertura do solo.

Por fim, sobre os modelos de regressão linear, ressalta-se a possibilidade de utilização de modelos de regressão linear múltipla para combinação de variáveis climáticas, além da possibilidade de análises que utilizem outros períodos temporais de precipitação e evaporação total diária acumulada, além daqueles utilizados no presente estudo. A utilização de modelos de regressão linear múltipla pode levar à maior clareza acerca das variáveis explicativas e do peso de cada uma nas regressões.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, G; LOGAN, R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; MARTIN, S. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 *Crop Evapotranspiration FAO*, Water Resources, Development and Management Service Rome. Italy: [s.n], 1998. 800 p.
- ALMEIDA F. F. M. & LITWINSKI n. 1984. Província Mantiqueira - Setor Setentrional. In: ALMEIDA F. F. M. & HASUI Y. *O Pré-Cambriano no Brasil*. São Paulo, ed. Edgard Blücher Ltda, 228-307.
- ANDRADE, P.M., PEREIRA, M.C.A.; SILVA, L.V.C. *The Vegetation of Rio Doce State Park*. In Tundisi J. G.; Saijo Y. Capítulo I: Introduction and General Characteristics of the Region. 1997. p. 15-21.
- ARIZTEGUI, D., ANSELMETTI, F.S., ROBBIANI, J.M., BERNASCONI, S.M., BRATI, E., GILLI, A., LEHMANN, M.F. *Natural and human-induced environmental change in southern Albania for the last 300 years: Global and Planetary Change*. 2010. p. 71, 183-192.
- ASSAD, E. D.; MACEDO, M. A.; ZULLO JÚNIOR, J.; PINTO, H. S.; BRUNINI, O. *Avaliação de métodos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos: Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.2, p.161-171, 2003.
- BARBOSA G. V.; KOHLER H. C. O sistema lagunar do Parque Estadual do Rio Doce (MG). *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*. Minas Gerais. p. 2:37-46. 1981.
- BARBOSA, F. A. R; SOUZA, E. M. M.; VIEIRA, F; RENAULT, G. P. C.; ROCHA, L.A.; MAIA-BARBOSA, P.M; OBERDÁ, S.M.; MINGOTI, S.A. Caracterização física e química das coleções de água das principais subbacias do médio Rio Doce/MG. In: *Biodiversidade, população e economia*. Belo Horizonte: UFMG/ CEDEPLAR – ECMVS/PADCT – CIAMB, 1997. p. 345-454.
- BARBOSA, F.A.R.; ESTEVES, F.A.; TUNDISI, J.G. Limnological studies at Eastern Brazil (Rio Doce Valley) II. Chemical composition and nutritional quality of the forest litter. *Tropical Ecology* 23(1): 155-64. Limnological. PERD. 1982.
- BEZERRA-NETO, J.F.; PINTO-COELHO, R.M. 2008. Morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais, Brazil: a re-evaluation. *Acta Limnol. Bras.*, vol. 20, no. 2, p. 161-167.
- BEZERRA-NETO, J.F., BRIGHENTI, L.S., PINTO-COELHO, R.M. 2010. A new morphometric study of Carioca Lake, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais State, Brazil. *Acta Scient. Biological Sciences*, v.32, p.49–54.
- BOGGIONE, G. A. *Restauração de imagens do satélite LANDSAT-7*. 2003. 160 f. (Dissertação de Mestrado). São José dos Campos: INPE.
- CALLEGARI-JACQUES, S.D; *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed, 2003. 255 p.
- CASTRO, P. T. A. 2001. *Origem e evolução dos lagos do médio rio Doce: perspectiva geológica*. Disponível em: <[www.degeo.ufop.br/intranet/Graduacao/disciplinas/estratigrafia/perd.htm](http://www.degeo.ufop.br/intranet/Graduacao/disciplinas/estratigrafia/perd.htm)>. Acesso em: maio 2011.
- CASTRO, S. F. D.; PEZZOPANE, J. E. M; CECÍLIO, R. A; C. XAVIER, A. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.8, p.871–880. 2010.

- CBH-DOCE. 2005. Comitê da bacia hidrográfica do Rio Doce. Acervo Técnico. *Diagnóstico Consolidado da Bacia do Rio Doce*. Disponível em: <www.riodoce.cbh.gov.br/diagnostico2005.asp> . Acesso em maio 2013.
- CHEREM, L. F. S. 2008. *Análise morfométrica da bacia do alto do rio das Velhas – MG*. (Dissertação de mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. USGS, *Professional paper* 500 B, 1962. (tradução em *Notícia Geomorfológica*, v. 22, n. 23, 1971. p. 3-22)
- CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. *Physical geography: a systems approach*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1971.
- CHOW, V. T., MAIDMENT, D. R., MAYS, L. W. *Applied Hydrology*. New York: McGraw - Hill, 1988. 588p.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 186p.
- \_\_\_\_\_. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.
- COE, M. T., FOLEY, J. A. Human and natural impacts on the water resources of the Lake Chad basin. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 106, 3349-3356. 2001.
- ELESBON, A. A. A. *Gestão de Recursos Hídricos: análises estatísticas multivariadas em suporte à regionalização e proposta metodológica para avaliação, rearranjo e otimização de redes de monitoramento hidrométrico*. 2012 (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais..
- ESTEVEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: FINEP/Interciência, 2011. 3. ed. 575p.
- FARIA, C. S. S. *Avaliação do assoreamento dos lagos do alto rio Doce com base em estudos morfométricos*. 2013. 80 f. (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto.
- FEITOSA, A.C; *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: CPRM [Recife] - UFPE - LABHID, 2008. 3. ed. rev. e ampl. 812 p.
- FONSECA, L.M.G. *Restauração e interpolação de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR*. 148 f. (INPE-6628-TAE/30). (Dissertação de Mestrado - Engenharia Elétrica) - Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 1988.
- FONSECA, B.M. *Uso do sistema de informações geográficas na análise morfométrica e morfológica de bacias de drenagem na Serra do Espinhaço Meridional – MG*. 2010. 94 f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- FORD, D. E. Reservoir transport processes In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York: John Wiley & Sons, 1990. p. 15-41.
- GONÇALVES, M. L.; NETTO, M. L. A.; ZULLO JÚNIOR, J.; COSTA, J. A. F. Classificação não supervisionada de imagens de sensores remotos utilizando redes neurais auto-organizáveis e métodos de agrupamentos hierárquicos. *Revista Brasileira de Cartografia*, 2008. (ISSN 0560-4612)
- HAMPTON, S.E., IZMEST'eva, L.R., MOORE, M.V., KATZ, S.L., DENNIS, B., SILOW, E.A. Sixty years of environmental change in the world's largest freshwater Lake Baikal, Siberia. *Global Change Biology* 14. 1947-1958. 2008.

- HENRY, R.; BARBOSA, F.A.R. Thermal structure, heat content and stability of two lakes in the National Park of Rio Doce Valley (Minas Gerais, Brazil). *Hydrobiologia* 171. p. 189-99. 1989.
- HENRY, R.; IBÃNEZ, M.S.R.; TUNDISI, J.G.; CALIJURI, M.C. Addition of phosphate and ammonia and its effects on the surface phytoplankton in two lakes of Rio Doce Valley Park. In: SAIJO, Y.; TUNDISI, J.G. (eds.). *Limnological Studies in Rio Doce Valley Lakes and Pantanal Wetland*. Brazil. 2nd Report. Japan: Water Research Institute - Nagoya University, 1987. p. 61-67.
- HIRSH, A. *Avaliação da Fragmentação do Hábitat e Seleção de Áreas Prioritárias para a Conservação dos Primatas na Bacia do Rio Doce, Minas Gerais, através da aplicação de um Sistema de Informações Geográficas*. 2003 (Tese de doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte,.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America Bull.* n.56. 1945.
- HORTON, R. E. The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Trans. Am. Geophys. Union*, 1933. vol. 14, p. 446-460.
- HUTCHINSON, G.E. *A treatise on limnology*. Vol 1: Geography, Physics and Chemistry. New York: John Wiley and Sons, 1975. 540 p.
- IBÃNEZ, M.S.R. Addition of phosphate and ammonia and its effects on the phytoplankton community of lake D. Helvécio incubated in large enclosures. In: SAIJO, Y.; TUNDISI, J.G. (eds.). *Limnological Studies in Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. 3rd Report. Japan: Water Research Institute - Nagoya University, 1989. p. 61-71.
- IKUSIMA, I.; GENTIL, J.G. Macrophyte and its environment in four lakes in Rio Doce Valley. In: SAIJO, Y. AND TUNDISI, J.G. (eds.). *Limnological Studies in Central Brazil. Rio Doce Valley Lakes and Pantanal Wetland*. 1st Report. Japan: Water Research Institute - Nagoya University, 1985. p. 113-25.
- JUNQUEIRA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. M. DA; MELLO, C. R. DE; PINTO, D. B. F. Continuidade espacial de atributos físico-hídricos do solo em sub-bacia hidrográfica de cabeceira. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.914-922, 2008.
- LEMONS, R. C. D; MARQUES, A. F. S. M; FLORES, C. A; QUADROS, A. C. D; BELINASSO, I. F; *Levantamento pedológico do Parque Florestal do Rio Doce*. Belo Horizonte, 1981.
- LILLESAND, T.M; KIEFER, R.W. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley and Sons, 1994. 750 p.
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B.; LIBARDI, P.L.; SOUZA FILHO, A. P. Comparative evapotranspiration of Eucalyptus, Pine and Cerrado vegetation measured by the soil water balance method. *IPEF International*. Piracicaba, 1990. p. 1:5-11.
- LO, C.P; YEUNG, A.K.W. *Concepts and Techniques of Geographic Information Systems*. Pearson Prentice Hall, 2007.
- MAILLARD, P. Remote Sensing for Mapping and Monitoring Wetlands and Small Lakes in Southeast Brazil. *Remote Sensing of Planet Earth*, Dr Yann Chemin (Ed.), ISBN: 978-953-307-919-6.
- MANLY, B.J.F. *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229p.

- MARTÍNEZ, S. I.; MERWADE, V.; MAIDMENT, D. Linking GIS, Hydraulic Modeling, and Tabu Search for Optimizing a Water Level-Monitoring Network in South Florida. *J. Water Resour. Plann. Manage.* 2010. 136. p. 167-176.
- MATHER, P. M. *Computer processing of remotely sensed images*. New York: John Wiley & Sons, 1999. 292p.
- MEIS, M. R. M.; MACHADO, M. B. *A morfologia de rampas e terraços no Planalto Sudeste do Brasil*. Finisterra. 1978. 13(26). p. 201-218.
- MEIS, M. R. M.; MONTEIRO, A. M. F. *Upper Quaternary "rampas": Doce river valley, Southeastern Brazilian plateau*. *Zeitschrift Geomorphologie*. 1979. 23(2). p. 132-151.
- MEIS, M. R. M. As unidades morfoestratigráficas neoquaternárias do médio vale do Rio Doce. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 1977. 49(3). p. 443-459.
- MELLO, C. L. *Sedimentação de tectônica cenozóicas no médio vale do Rio Doce (MG, sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos*. 275 f. (Tese de Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.
- MELLO, C. R. DE.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; SILVA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.5, p.925-933, 2003.
- MINGOTE S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.
- NAGHETTINI, M; PINTO, E. J; *Hidrologia estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.
- NETER, J; KUTNER, M. H; NACHTSHEIM, C. J; WASSERMAN, W. *Applied Linear Statistical Models*. Irwin. 1996. 4 ed.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. IBGE. 1989. 421 pp.
- NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. São Paulo, SP: Editora Edgard Bluncher, 1992. 307 p.
- OVERLOOP, E. VAN. *Post-Glacial to Holocene transition in a peatlayer of lakes jacaré (Rio Doce Basin, Brazil)*. *Bull. Soc. Belge de Geologie*. 1981. 90(2). p. 107-119.
- PENMAN, H. L.. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Roy. Soc. London*, A193, 120-146. 1948
- PERÔNICO, C. *Preenchimento Sedimentar de Lagos Assoreados na região do médio Rio Doce, Minas Gerais*. 2009. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Ouro Preto. 453 p.
- PFLUG, R. *Quaternary lakes of eastern Brazil*. *Photogrammetria*. 1969. 24. p. 29-35.
- PINHEIRO, M. R.; WERNCK, B. R.; SILVA, J. A. F.; FERREIRA, M. I. P. Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé- RJ. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais. Natal: 2009. p. 4248.
- RHIND, D. Why GIS? *Arc News*, Summer, Redlands, CA: Environmental Systems Research Institut, Inc. 1989. v.11, n.13.
- RICHARDS J. A. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. 2. ed. New York: Wiley, 1993.
- RODRIGUES, E.L. *Avaliação da produção de água (vazão), em função de alterações de uso do solo e da implantação de florestas de eucalipto em larga escala na bacia do rio Pará –*

- alto São Francisco/MG. 2013. 99 f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- SAADI A. *Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais*. 1991. 300 f. (Tese para admissão a cargo de Professor Titular) - IGC/Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- SALGADO, A. A. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. *Impactos da silvicultura de eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de Caeté/MG*. Belo Horizonte: *Geografias*, 2006. 02(1). p. 47-57.
- SANTOS, S. R. *Ecologia da ictiofauna do sistema de lagos do Parque Florestal do Rio Doce*. CETEC-MG, 1978. 45pg.
- SARGES R. R. *Morfologia de lagos da região médio vale do Rio Doce, Minas Gerais, e sua relação com a tectônica quaternária*. 188 f. (Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002.
- SCHINDLER, D.W. The cumulative effects of climate warming and other human stresses on Canadian freshwaters in the new millennium. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58, 2001. p. 18-29.
- SCHUMM, S. A. *Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy*. *Geological Society of America Bulletin*. N. Jersey: 1956. v.67, p.597-646,.
- SILVA, K. R. D.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. D. O. Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente* 2011. out./dez. 18(4). p. 417-427.
- SINGH, V. P.; FIORENTINO, M. *Geographical Information Systems In Hydrology*. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- SPERLING, E.V. *Morfologia de lagos e represas*. Belo Horizonte: DESA/UFGM, c. 1999. 138 p.
- SOKOLONSKI, H.H. *Manual Técnico de Uso da Terra*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1999. 58 p.
- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v.63. New York: [s.e.] 1952. 188 p.
- \_\_\_\_\_. Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms. *Geological Society of America Bulletin*. 1958. v. 69. p. 279-300.
- \_\_\_\_\_. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*. 1957. v. 8, n. 6, p. 913-920.
- SUGUIO, K.; KOHLER, H. C. Quaternary barred lake systems of the Doce River (Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 1992. 64(2). p. 183-191.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: um estudo na represa de Itaipu. In: HENRY, R. *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: Fundibio, 1999b. p. 599-625.
- THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. *Planta Daninha*, Viçosa-MG: [s.e.], 2002. v.20, p.21-33.
- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Rio de Janeiro: ABRH, 3 ed., 943 p. 2002.

TUNDISI, J. G., MATSUMURA-TUNDISI, T., PONTES, M. & GENTIL, J. 1981. Limnological studies at quaternary lakes in eastern Brazil, *Revista Brasileira de Botânica* 4: 5–14.

TUNDISI, J. G; SAIJO, Y. (1997): *Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. Brazilian Academy of Sciences. University of S. Paulo School of Engineering ATs. Carlos. Center for Water Resources and Applied Ecology, .528 pag.

TURCQ, B.; SUGUIO, K.; YBERT, J. P.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; COCQUIT, C.; KOHLER, C. H.; MARTIN, L.; SALGADO-LABOURIAU, M. L. Evolution of lakes in the middle Doce river basin, Minas Gerais, Brazil. In: *International Sedimentological Congress*, 14, Recife, PE, Abstracts, S6-10, 1994.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). *Geographic information systems*. Reston, VA: United States Geological Survey, 2005.

Vieira, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo: Tópicos em ciência do solo. Viçosa: *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2000. p.1-54.

YBERT, J. P.; COCQUIT, C.; KOHLER, C. H.; MARTIN, L.; SALGADO-LABOURIAU M. L.; TURCQ, B. Primeiros resultados do estudo de um testemunho de sedimentos do lago Don Helvécio, Minas Gerais, Brasil. In: *Taller Internationatal “El Cuaternario de Chile” e 5º Reunion Anual Del proyecto PIGC-281 “Climas Cuaternários de América Del Sul”*. Santiago, Chile, Resumos. 1993.

YBERT, J. P.; TURCQ, B.; ALBUQUERQUE, A. L. S. Evolução paleoclimática e paleoambiental holocênica no vale médio do Rio Doce, deduzida da análise palinológica preliminar de dois testemunhos do lago Dom Helvécio, Minas Gerais, Brasil. In: *Simpósio de Geologia do Nordeste*, Recife, Resumos. 1995.

YUHAI, B.; XIAOLING, Z. The study of lakes dynamic change based on RS and GIS — Take DaliNuoEr Lake as an example. *Environmental Sciences*. 2011. 10, p. 2376-2384.

YUN, D.; HUAI-PING, X.; SHENG-JUN, W.; FENG, L.; FEI, X.; XIAN-HU, W. Lake area changes in the middle Yangtze region of China over the 20th century. *Journal of Environmental Management*. 2011. 92. p. 1248-1255.

WATSON, I; BURNETT, A. D. *Hydrology: an environmental approach*. Buchanan Books Cambridge: 1995. 703 p.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – ÁREA DOS LAGOS - ESTAÇÕES HIDROLÓGICAS SECA E ÚMIDA

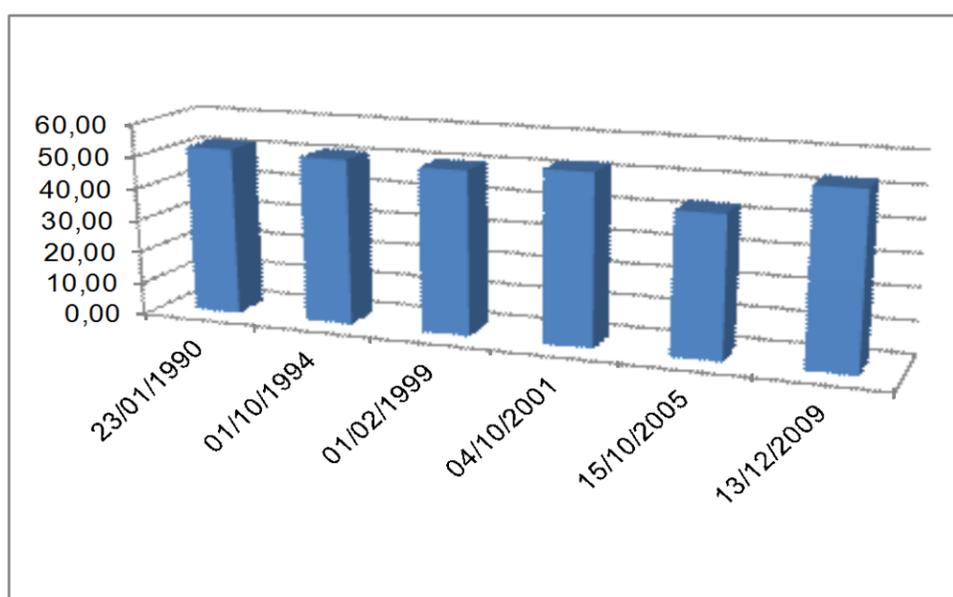
### Lago 01

Coordenadas UTM - WGS 84	
Longitude	Latitude
741399,95925	7807445,90741

Contexto Espacial
Situado à sul do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

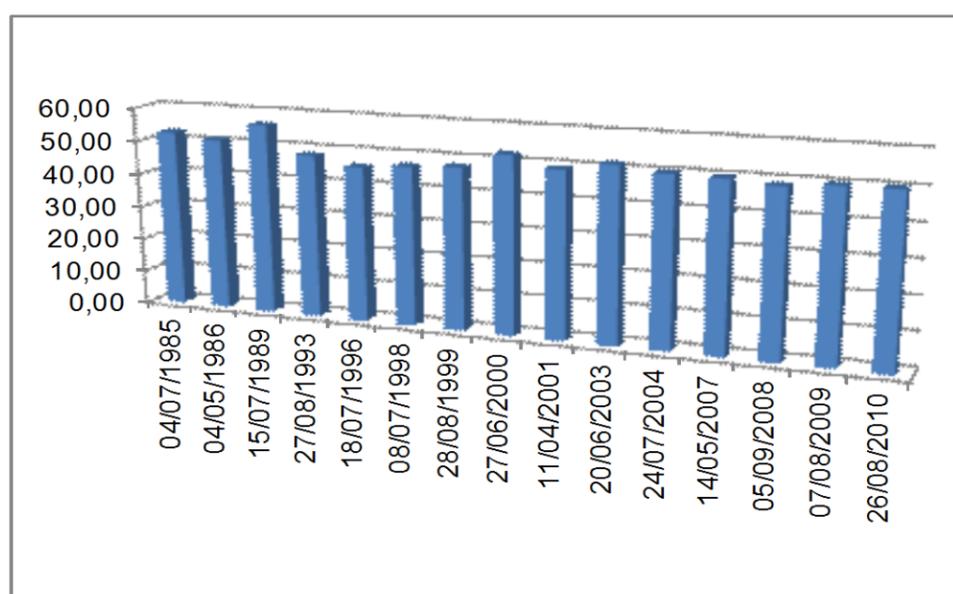
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	51,98
01/10/1994	51,17
01/02/1999	50,51
04/10/2001	52,56
15/10/2005	43,29
13/12/2009	53,12
<b>Coefficiente de Variação</b>	7,19%
<b>Área Média (Hectares)</b>	50,44
<b>Desvio Padrão</b>	3,63



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	52,57
04/05/1986	51,05
15/07/1989	56,50
27/08/1993	48,40
18/07/1996	45,92
08/07/1998	47,07
28/08/1999	47,93
27/06/2000	52,47
11/04/2001	49,32
20/06/2003	51,73
24/07/2004	50,20
14/05/2007	49,90
05/09/2008	48,94
07/08/2009	50,15
26/08/2010	50,27
<b>Coefficiente de Variação</b>	5,12%
<b>Área Média (Hectares)</b>	50,16
<b>Desvio Padrão</b>	2,57



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	5,59%
<b>Área Média (Hectares)</b>	50,19
<b>Desvio Padrão</b>	2,81

## Lago 02

### Coordenadas UTM - WGS 84

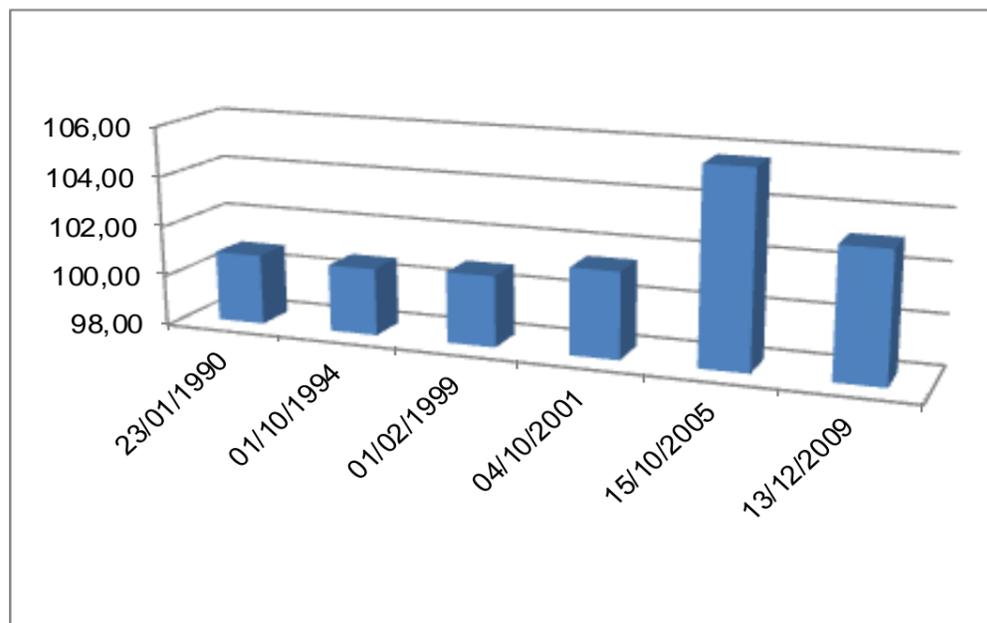
Longitude	Latitude
748543,21400	7803411,29130

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

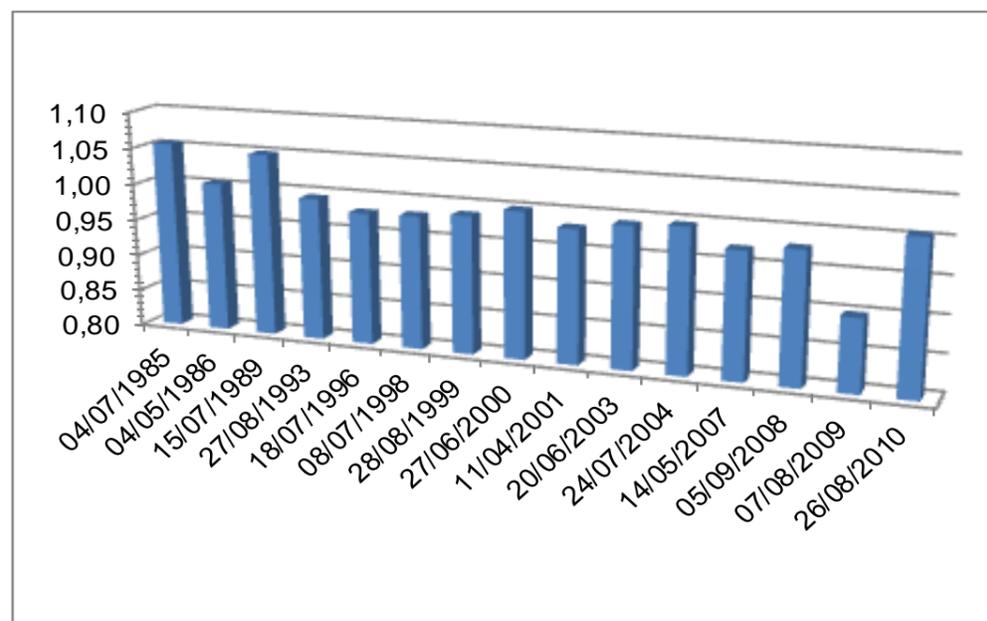
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	100,80
01/10/1994	100,67
01/02/1999	100,82
04/10/2001	101,43
15/10/2005	105,68
13/12/2009	103,10
<b>Coefficiente de Variação</b>	1,94%
<b>Área Média (Hectares)</b>	102,08
<b>Desvio Padrão</b>	1,98



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	105,55
04/05/1986	100,44
15/07/1989	104,96
27/08/1993	99,45
18/07/1996	97,99
08/07/1998	98,15
28/08/1999	98,75
27/06/2000	99,94
11/04/2001	98,15
20/06/2003	99,16
24/07/2004	99,59
14/05/2007	97,13
05/09/2008	97,85
07/08/2009	89,86
26/08/2010	100,60
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,56%
<b>Área Média (Hectares)</b>	99,17
<b>Desvio Padrão</b>	3,54



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	3,40%
<b>Área Média (Hectares)</b>	99,96
<b>Desvio Padrão</b>	3,40

## Lago 03 - Aguapé

### Coordenadas UTM - WGS 84

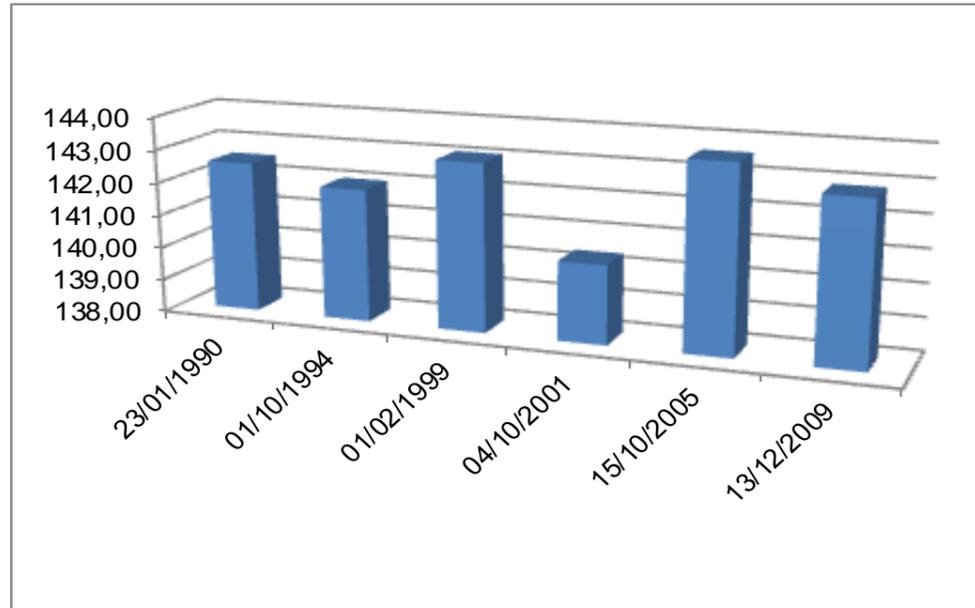
Longitude	Latitude
746823,541562	7803510,503170

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

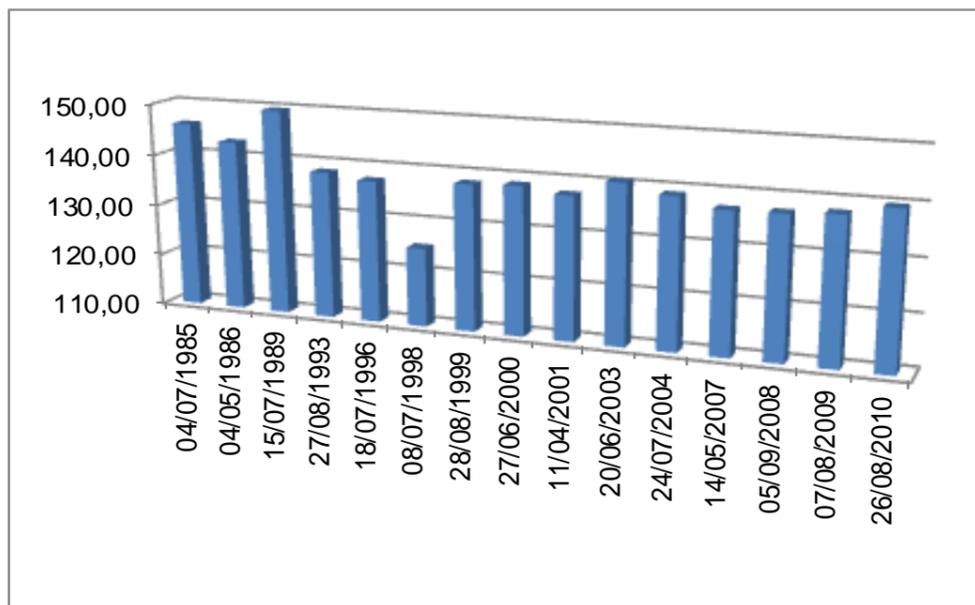
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	142,56
01/10/1994	142,02
01/02/1999	143,08
04/10/2001	140,38
15/10/2005	143,60
13/12/2009	142,88
<b>Coefficiente de Variação</b>	0,79%
<b>Área Média (Hectares)</b>	142,42
<b>Desvio Padrão</b>	1,13



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	146,03
04/05/1986	142,99
15/07/1989	149,72
27/08/1993	138,42
18/07/1996	137,45
08/07/1998	125,23
28/08/1999	138,28
27/06/2000	138,69
11/04/2001	137,63
20/06/2003	140,69
24/07/2004	138,99
14/05/2007	137,14
05/09/2008	137,32
07/08/2009	137,95
26/08/2010	139,77
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,77%
<b>Área Média (Hectares)</b>	139,09
<b>Desvio Padrão</b>	5,25



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	3,34%
<b>Área Média (Hectares)</b>	139,98
<b>Desvio Padrão</b>	4,67

## Lago 04 - Nova

### Coordenadas UTM - WGS 84

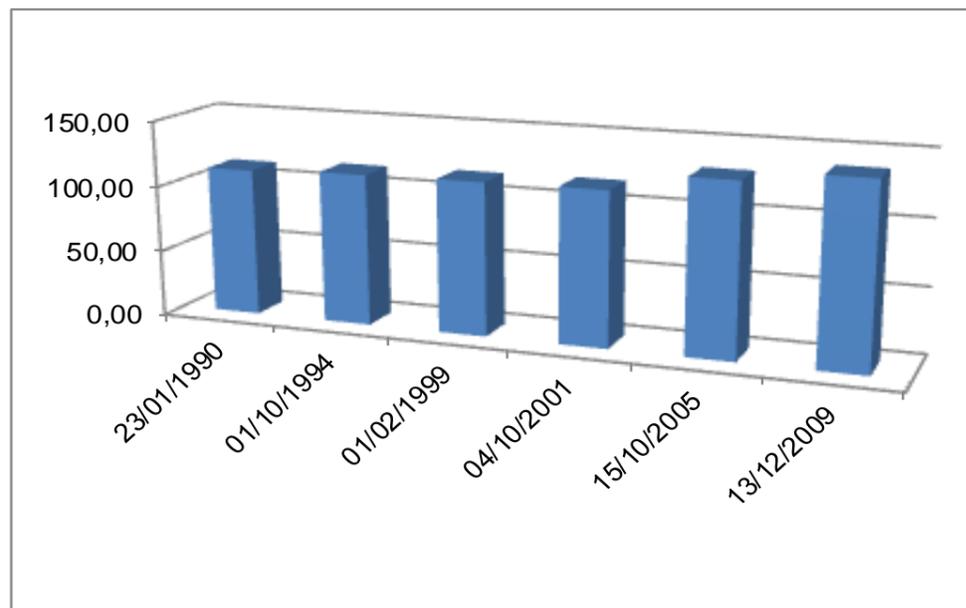
Longitude	Latitude
755289,621271	7803245,93818

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce,  
sujeito à diferentes usos do solo.

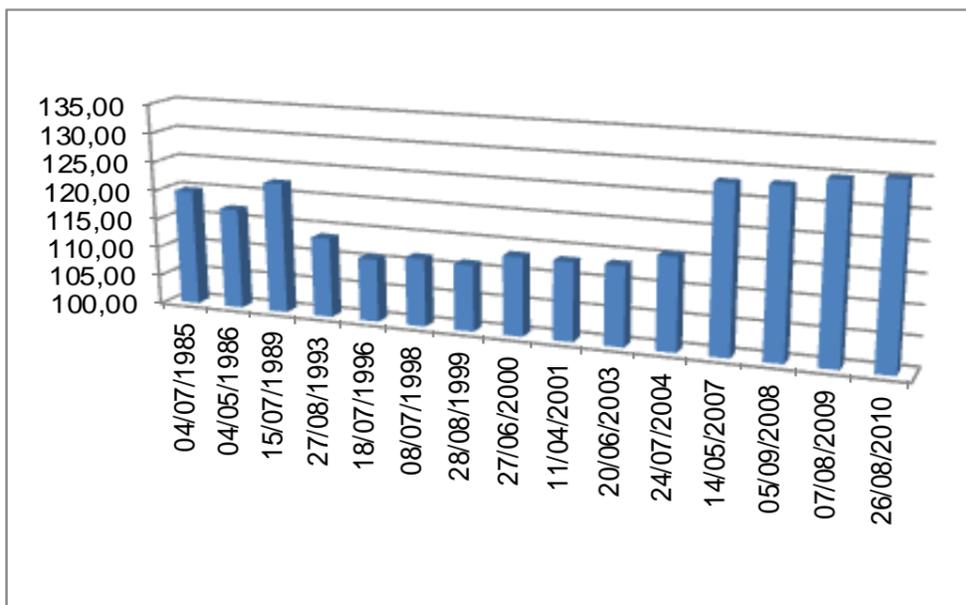
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	111,96
01/10/1994	114,82
01/02/1999	115,92
04/10/2001	116,82
15/10/2005	130,36
13/12/2009	138,12
<b>Coefficiente de Variação</b>	8,59%
<b>Área Média (Hectares)</b>	121,33
<b>Desvio Padrão</b>	10,42



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	119,84
04/05/1986	117,23
15/07/1989	122,40
27/08/1993	113,63
18/07/1996	110,77
08/07/1998	111,62
28/08/1999	111,28
27/06/2000	113,42
11/04/2001	113,33
20/06/2003	113,46
24/07/2004	115,70
14/05/2007	128,04
05/09/2008	128,25
07/08/2009	129,78
26/08/2010	130,38



<b>Coefficiente de Variação</b>	6,14%
<b>Área Média (Hectares)</b>	118,61
<b>Desvio Padrão</b>	7,28

### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,85%
<b>Área Média (Hectares)</b>	119,30
<b>Desvio Padrão</b>	8,18

## Lago 05

### Coordenadas UTM - WGS 84

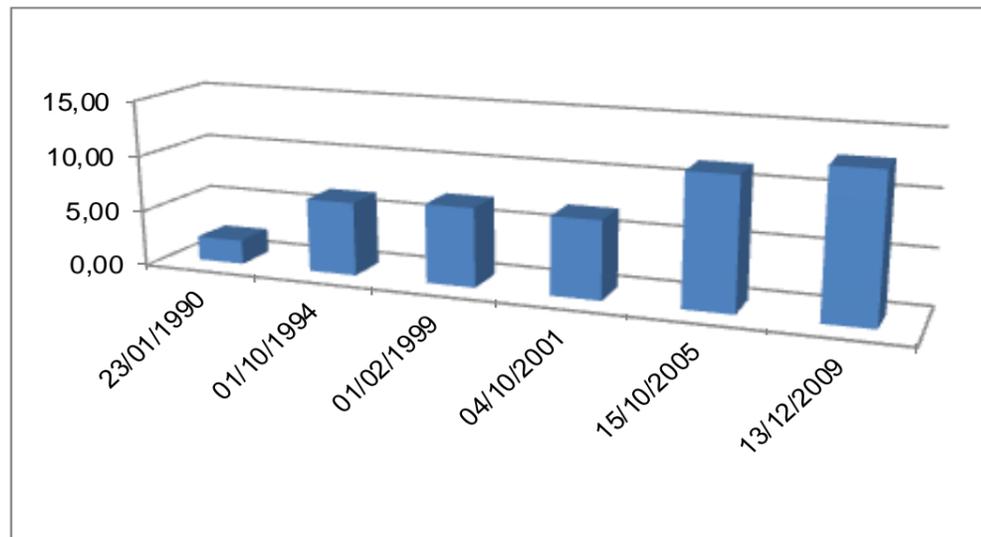
Longitude	Latitude
758398,259914	7804734,11625

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

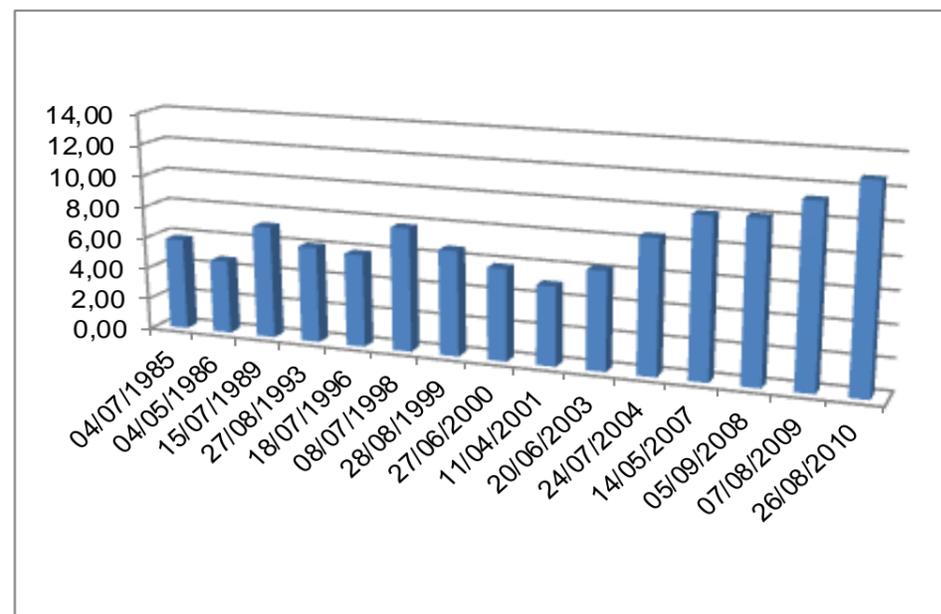
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	2,17
01/10/1994	6,57
01/02/1999	7,04
04/10/2001	6,94
15/10/2005	11,61
13/12/2009	12,87
<b>Coefficiente de Variação</b>	49,14%
<b>Área Média (Hectares)</b>	7,87
<b>Desvio Padrão</b>	3,87



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	5,83
04/05/1986	4,68
15/07/1989	7,14
27/08/1993	6,07
18/07/1996	5,86
08/07/1998	7,79
28/08/1999	6,64
27/06/2000	5,80
11/04/2001	4,99
20/06/2003	6,22
24/07/2004	8,45
14/05/2007	10,01
05/09/2008	10,08
07/08/2009	11,31
26/08/2010	12,70
<b>Coefficiente de Variação</b>	32,08%
<b>Área Média (Hectares)</b>	7,57
<b>Desvio Padrão</b>	2,43



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	36,79%
<b>Área Média (Hectares)</b>	7,64
<b>Desvio Padrão</b>	2,81

## Lago 06 - Verde

### Coordenadas UTM - WGS 84

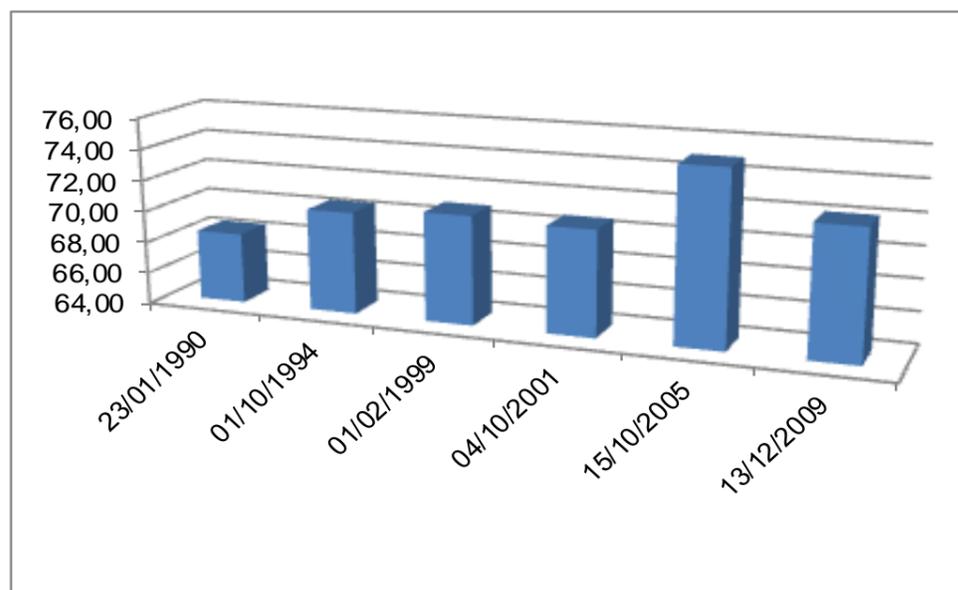
Longitude	Latitude
748047,154644	7805329,38748

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce,  
sujeito à diferentes usos do solo

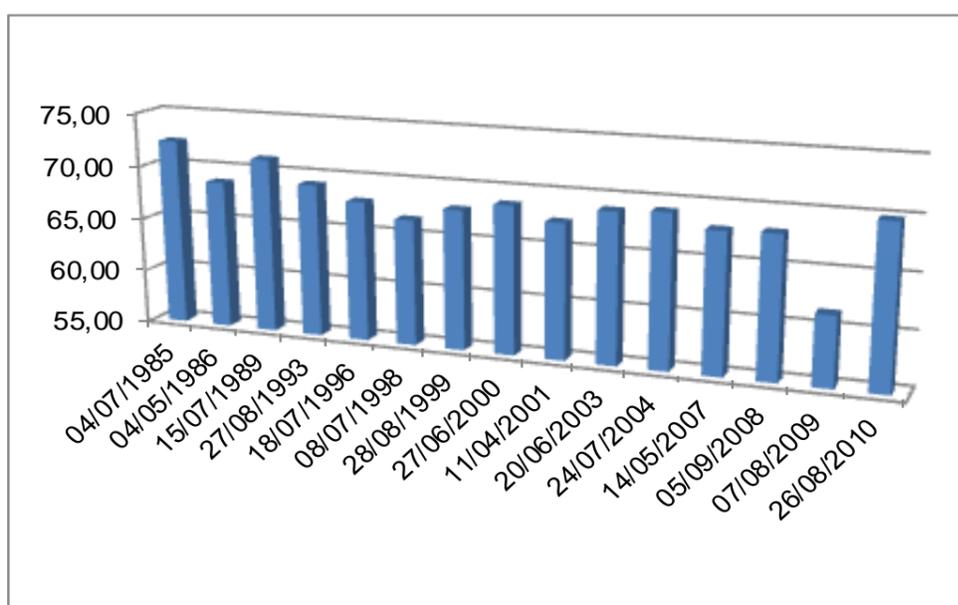
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	68,47
01/10/1994	70,47
01/02/1999	70,90
04/10/2001	70,69
15/10/2005	74,97
13/12/2009	72,13
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,03%
<b>Área Média (Hectares)</b>	71,27
<b>Desvio Padrão</b>	2,16



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	72,34
04/05/1986	68,72
15/07/1989	71,21
27/08/1993	69,15
18/07/1996	67,93
08/07/1998	66,62
28/08/1999	67,90
27/06/2000	68,69
11/04/2001	67,50
20/06/2003	68,87
24/07/2004	69,15
14/05/2007	67,92
05/09/2008	68,06
07/08/2009	61,46
26/08/2010	69,86
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,50%
<b>Área Média (Hectares)</b>	68,36
<b>Desvio Padrão</b>	2,39



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	3,80%
<b>Área Média (Hectares)</b>	69,12
<b>Desvio Padrão</b>	2,63

## Lago 07 - Jacaré

### Coordenadas UTM - WGS 84

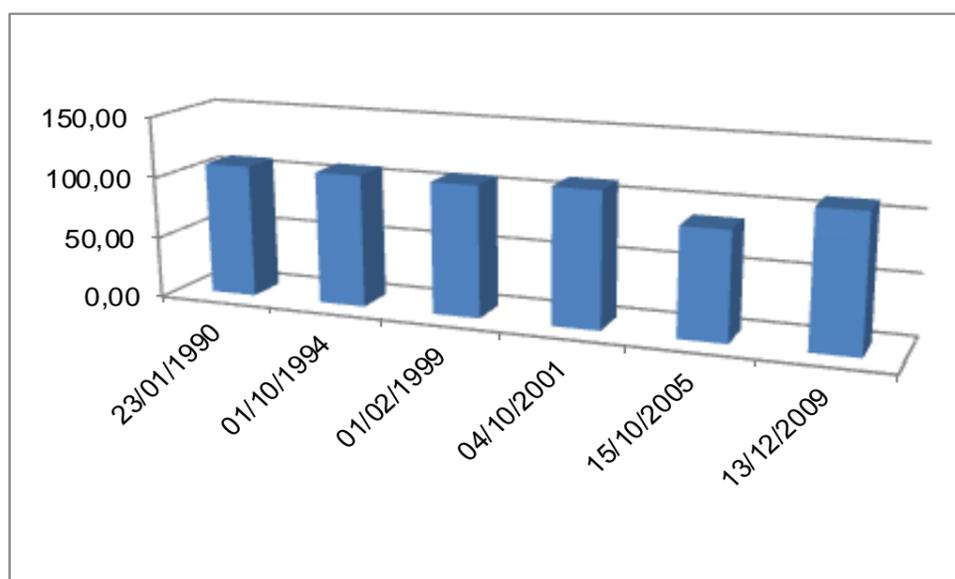
Longitude	Latitude
746261,340956	7807644,33115

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

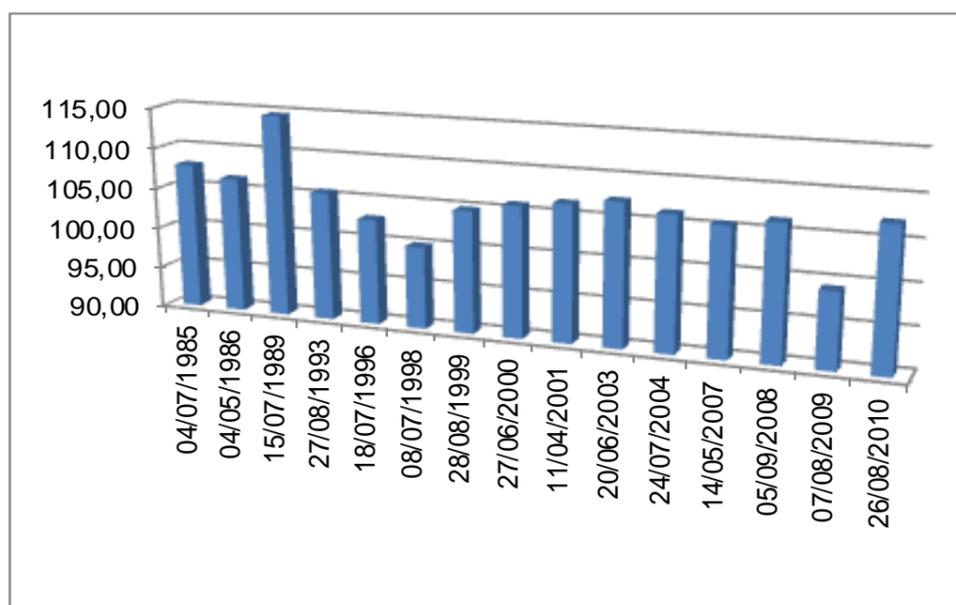
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	108,74
01/10/1994	108,36
01/02/1999	107,66
04/10/2001	111,22
15/10/2005	88,62
13/12/2009	110,54
<b>Coefficiente de Variação</b>	8,08%
<b>Área Média (Hectares)</b>	105,86
<b>Desvio Padrão</b>	8,55



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	107,86
04/05/1986	106,49
15/07/1989	114,66
27/08/1993	105,66
18/07/1996	102,87
08/07/1998	100,01
28/08/1999	104,87
27/06/2000	105,95
11/04/2001	106,63
20/06/2003	107,36
24/07/2004	106,38
14/05/2007	105,59
05/09/2008	106,45
07/08/2009	99,22
26/08/2010	107,23
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,35%
<b>Área Média (Hectares)</b>	105,82
<b>Desvio Padrão</b>	3,54



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	4,89%
<b>Área Média (Hectares)</b>	105,75
<b>Desvio Padrão</b>	5,18

## Lago 08

### Coordenadas UTM - WGS 84

Longitude	Latitude
753636,090078	7805825,44684

### Contexto Espacial

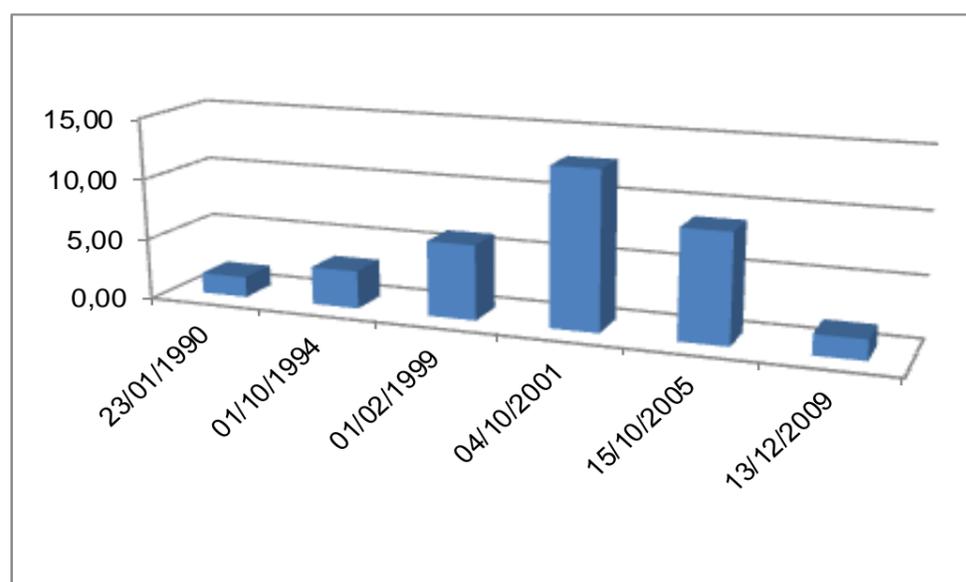
Situado à sul do Parque do Rio Doce,  
sujeito à diferentes usos do solo.

### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	1,69
01/10/1994	3,10
01/02/1999	6,12
04/10/2001	12,87
15/10/2005	8,87
13/12/2009	1,66

<b>Coefficiente de Variação</b>	78,52%
<b>Área Média (Hectares)</b>	5,72
<b>Desvio Padrão</b>	4,49

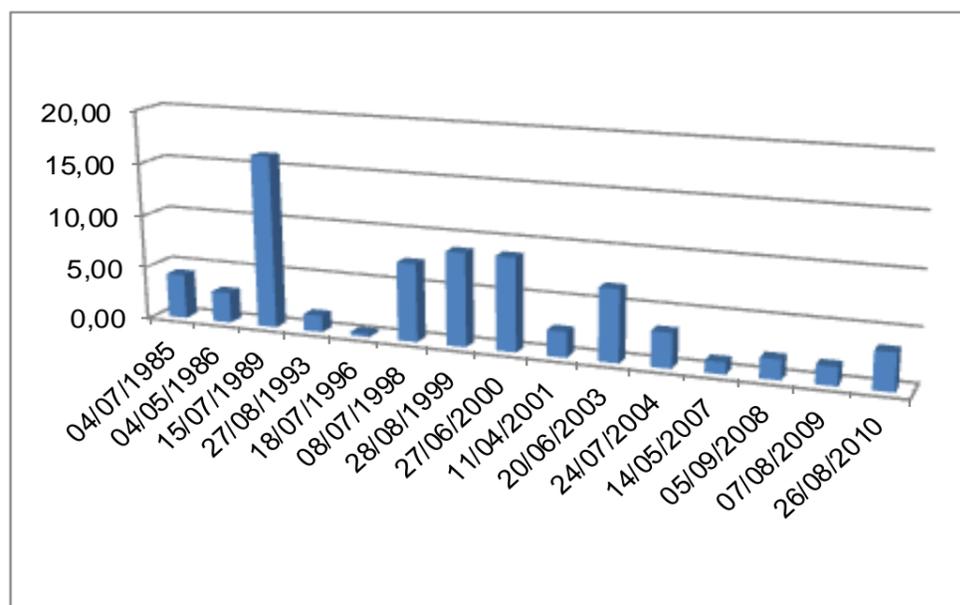


### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	4,21
04/05/1986	2,89
15/07/1989	16,24
27/08/1993	1,57
18/07/1996	0,30
08/07/1998	7,36
28/08/1999	8,78
27/06/2000	8,76
11/04/2001	2,40
20/06/2003	6,75
24/07/2004	3,27
14/05/2007	1,12
05/09/2008	1,87
07/08/2009	1,73
26/08/2010	3,50

<b>Coefficiente de Variação</b>	89,35%
<b>Área Média (Hectares)</b>	4,72
<b>Desvio Padrão</b>	4,21



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	84,40%
<b>Área Média (Hectares)</b>	4,99
<b>Desvio Padrão</b>	4,21

## Lago 09 - Lago da Barra

### Coordenadas UTM - WGS 84

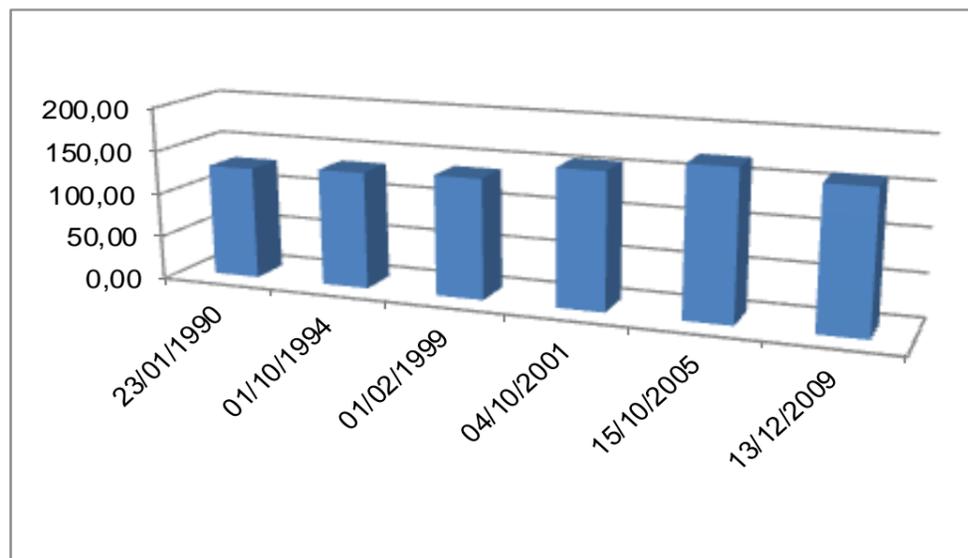
Longitude	Latitude
750229,815820	7808768,73236

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce,  
sujeito à difentes usos do solo.

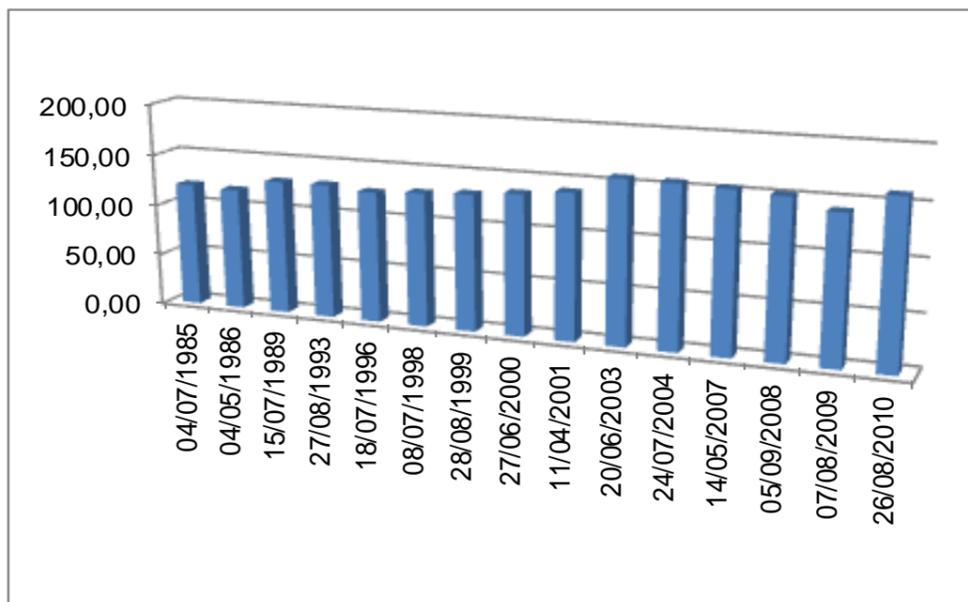
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	128,81
01/10/1994	134,10
01/02/1999	137,59
04/10/2001	156,19
15/10/2005	170,37
13/12/2009	160,11
<b>Coefficiente de Variação</b>	11,25%
<b>Área Média (Hectares)</b>	147,86
<b>Desvio Padrão</b>	16,64



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	120,04
04/05/1986	117,97
15/07/1989	129,78
27/08/1993	130,03
18/07/1996	126,36
08/07/1998	129,39
28/08/1999	131,81
27/06/2000	135,87
11/04/2001	140,72
20/06/2003	156,98
24/07/2004	156,33
14/05/2007	154,70
05/09/2008	151,93
07/08/2009	141,45
26/08/2010	159,50
<b>Coefficiente de Variação</b>	10,09%
<b>Área Média (Hectares)</b>	138,86
<b>Desvio Padrão</b>	14,01



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	10,64%
<b>Área Média (Hectares)</b>	141,31
<b>Desvio Padrão</b>	15,03

## Lago 10 - Água Clara

### Coordenadas UTM - WGS 84

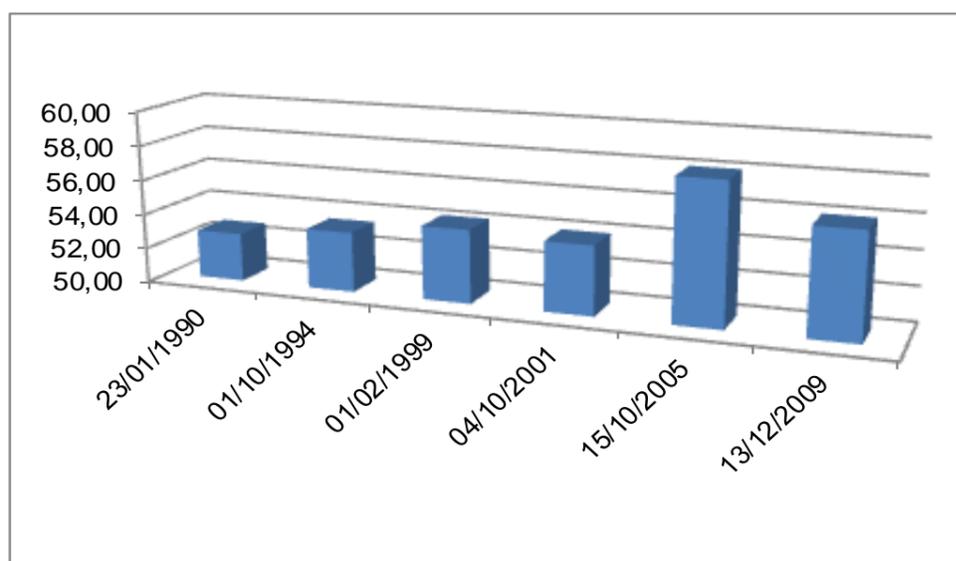
Longitude	Latitude
752081,770756	7806685,28306

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

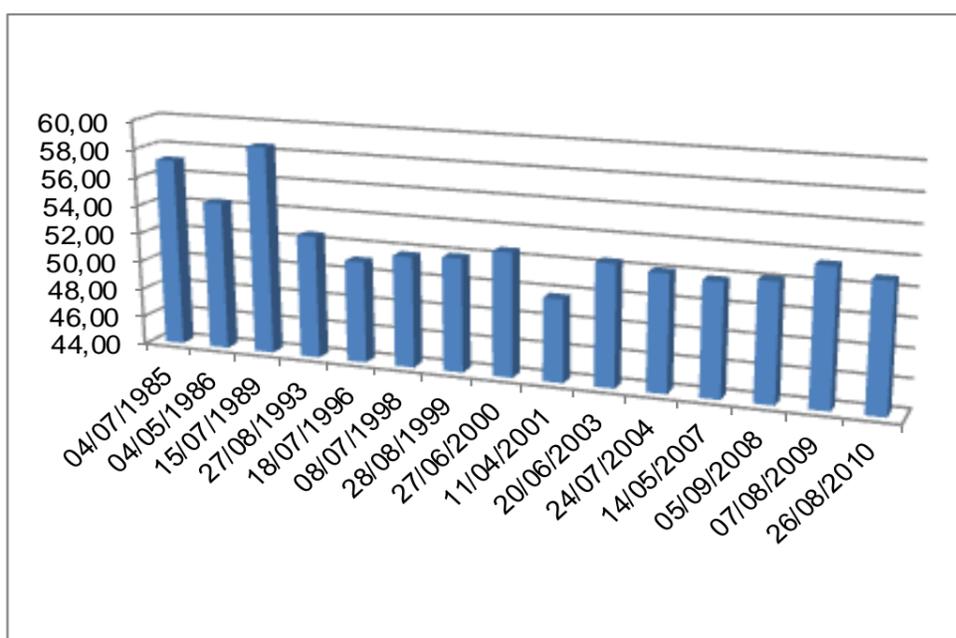
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	52,79
01/10/1994	53,46
01/02/1999	54,23
04/10/2001	53,98
15/10/2005	58,07
13/12/2009	56,03
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,56%
<b>Área Média (Hectares)</b>	54,76
<b>Desvio Padrão</b>	1,95



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	57,15
04/05/1986	54,38
15/07/1989	58,52
27/08/1993	52,58
18/07/1996	51,08
08/07/1998	51,73
28/08/1999	51,91
27/06/2000	52,61
11/04/2001	49,75
20/06/2003	52,45
24/07/2004	52,10
14/05/2007	51,86
05/09/2008	52,18
07/08/2009	53,46
26/08/2010	52,83
<b>Coefficiente de Variação</b>	4,23%
<b>Área Média (Hectares)</b>	52,97
<b>Desvio Padrão</b>	2,24



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	4,26%
<b>Área Média (Hectares)</b>	53,45
<b>Desvio Padrão</b>	2,28

## Lago 11

### Coordenadas UTM - WGS 84

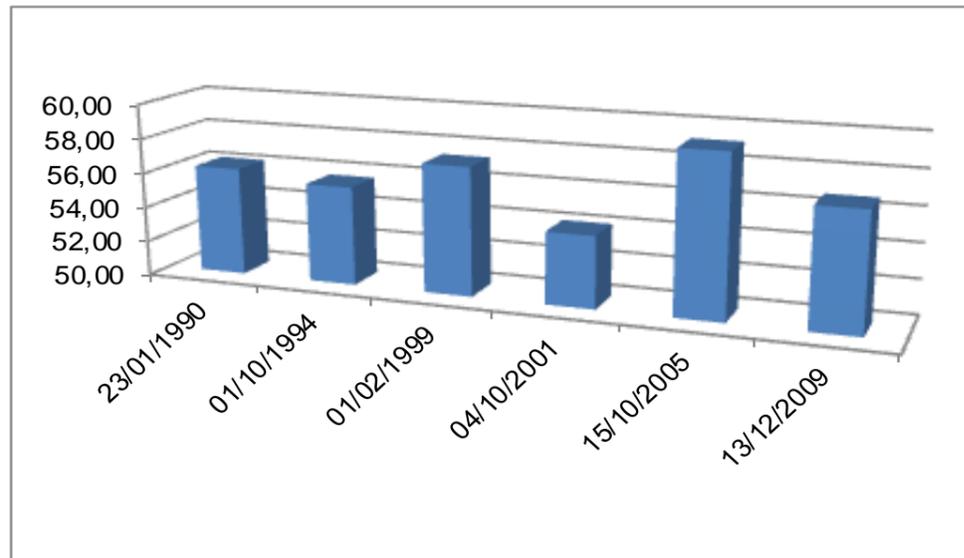
Longitude	Latitude
754099,078812	7814258,45592

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

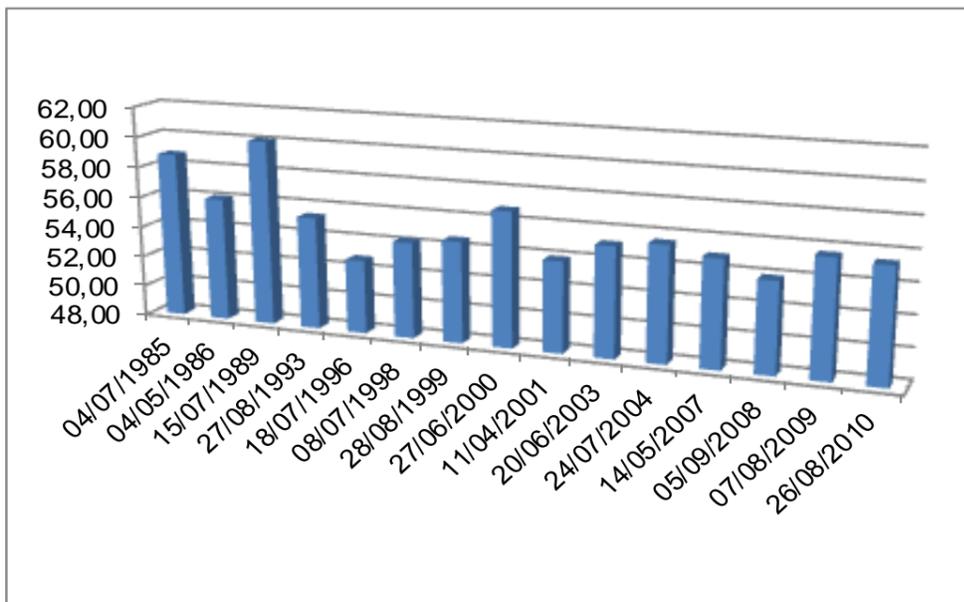
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	56,21
01/10/1994	55,66
01/02/1999	57,35
04/10/2001	54,11
15/10/2005	59,18
13/12/2009	56,72
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,01%
<b>Área Média (Hectares)</b>	56,54
<b>Desvio Padrão</b>	1,70



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	58,82
04/05/1986	56,07
15/07/1989	60,10
27/08/1993	55,35
18/07/1996	52,81
08/07/1998	54,26
28/08/1999	54,61
27/06/2000	56,81
11/04/2001	53,93
20/06/2003	55,17
24/07/2004	55,53
14/05/2007	54,97
05/09/2008	53,91
07/08/2009	55,62
26/08/2010	55,42
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,37%
<b>Área Média (Hectares)</b>	55,56
<b>Desvio Padrão</b>	1,87



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	3,31%
<b>Área Média (Hectares)</b>	55,82
<b>Desvio Padrão</b>	1,84

## Lago 12 - Carioca

### Coordenadas UTM - WGS 84

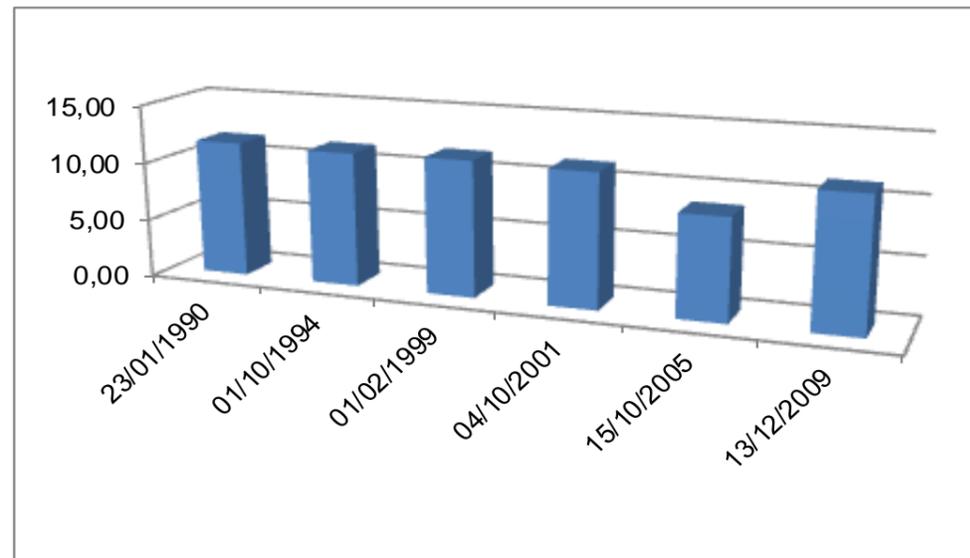
Longitude	Latitude
749469,191471	7813630,11407

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

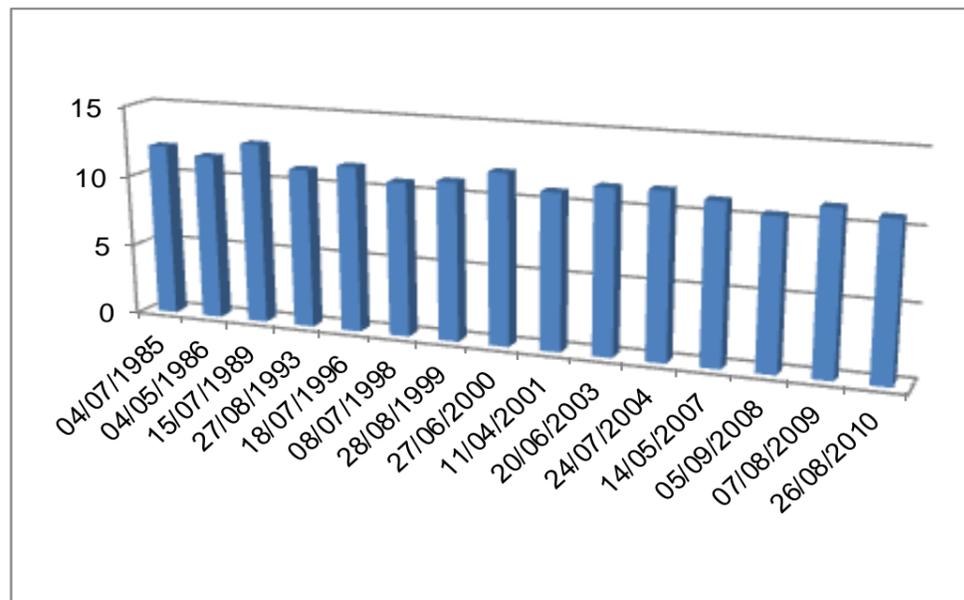
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	11,66
01/10/1994	11,50
01/02/1999	11,63
04/10/2001	11,45
15/10/2005	8,69
13/12/2009	11,36
<b>Coefficiente de Variação</b>	10,51%
<b>Área Média (Hectares)</b>	11,05
<b>Desvio Padrão</b>	1,16



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	12,11
04/05/1986	11,57
15/07/1989	12,69
27/08/1993	11,14
18/07/1996	11,61
08/07/1998	10,76
28/08/1999	11,07
27/06/2000	11,95
11/04/2001	10,89
20/06/2003	11,48
24/07/2004	11,54
14/05/2007	11,12
05/09/2008	10,44
07/08/2009	11,25
26/08/2010	10,85
<b>Coefficiente de Variação</b>	5,11%
<b>Área Média (Hectares)</b>	11,36
<b>Desvio Padrão</b>	0,58



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,83%
<b>Área Média (Hectares)</b>	11,26
<b>Desvio Padrão</b>	0,77

## Lago 13

### Coordenadas UTM - WGS 84

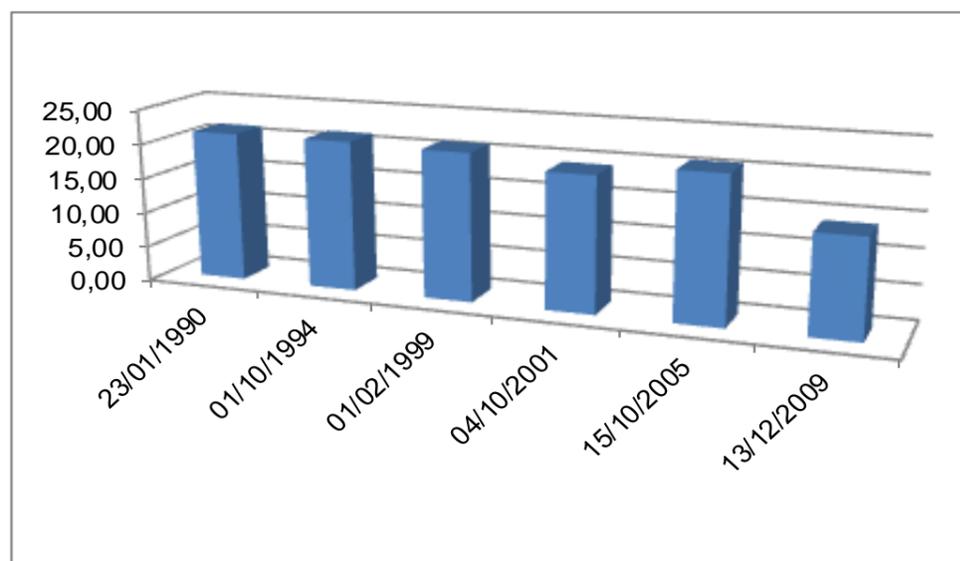
Longitude	Latitude
755157,338775	7814456,87967

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

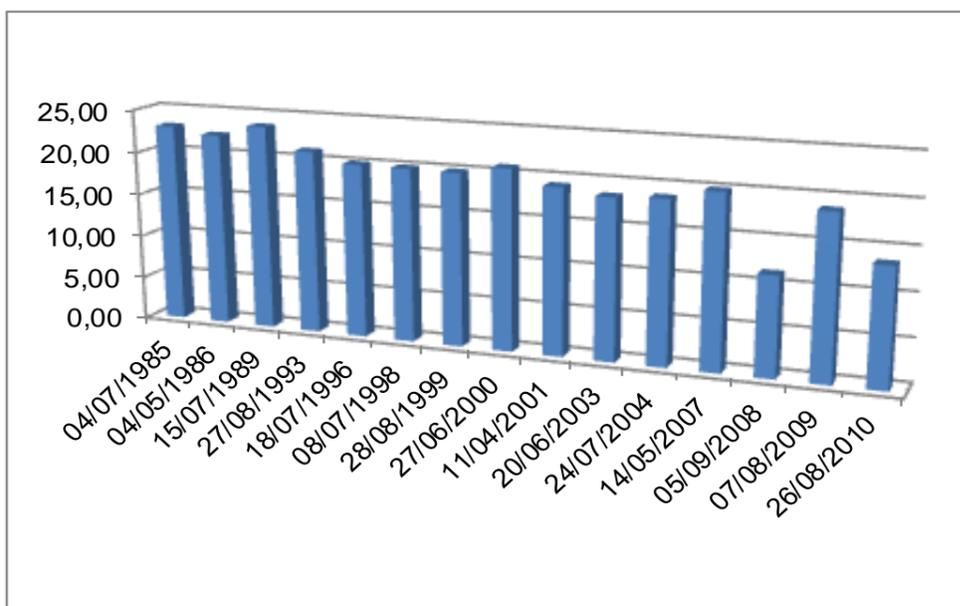
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	21,40
01/10/1994	21,42
01/02/1999	21,08
04/10/2001	19,28
15/10/2005	20,79
13/12/2009	13,99
<b>Coefficiente de Variação</b>	14,69%
<b>Área Média (Hectares)</b>	19,66
<b>Desvio Padrão</b>	2,89



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	23,05
04/05/1986	22,32
15/07/1989	23,67
27/08/1993	21,17
18/07/1996	20,07
08/07/1998	20,00
28/08/1999	19,96
27/06/2000	20,86
11/04/2001	19,21
20/06/2003	18,50
24/07/2004	18,79
14/05/2007	19,98
05/09/2008	11,45
07/08/2009	18,76
26/08/2010	13,55
<b>Coefficiente de Variação</b>	16,62%
<b>Área Média (Hectares)</b>	19,42
<b>Desvio Padrão</b>	3,23



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	15,70%
<b>Área Média (Hectares)</b>	19,48
<b>Desvio Padrão</b>	3,06

## Lago 14

### Coordenadas UTM - WGS 84

Longitude	Latitude
757273,858703	7812472,64223

### Contexto Espacial

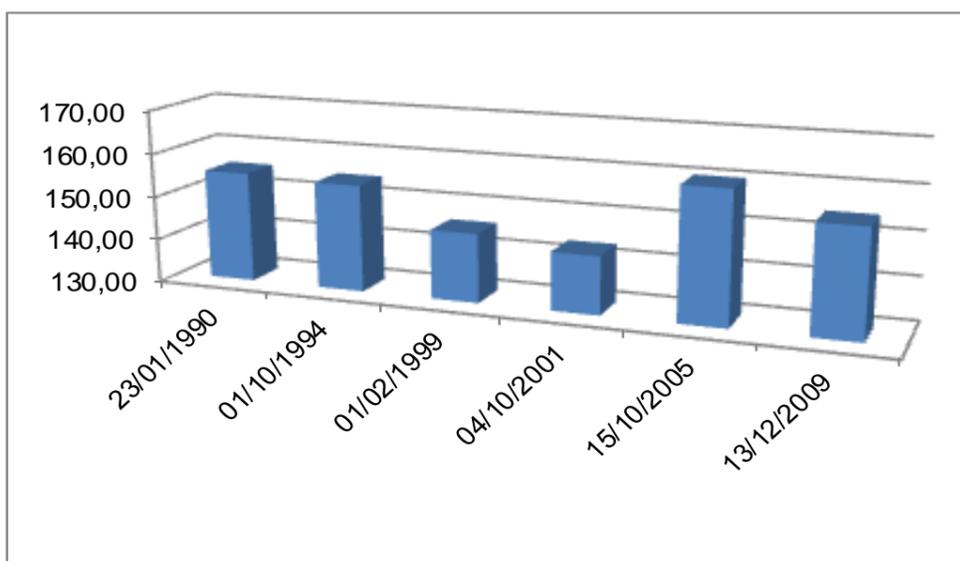
Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	155,32
01/10/1994	154,55
01/02/1999	145,84
04/10/2001	143,32
15/10/2005	160,22
13/12/2009	154,53

<b>Coefficiente de Variação</b>	4,20%
<b>Área Média (Hectares)</b>	152,30
<b>Desvio Padrão</b>	6,39

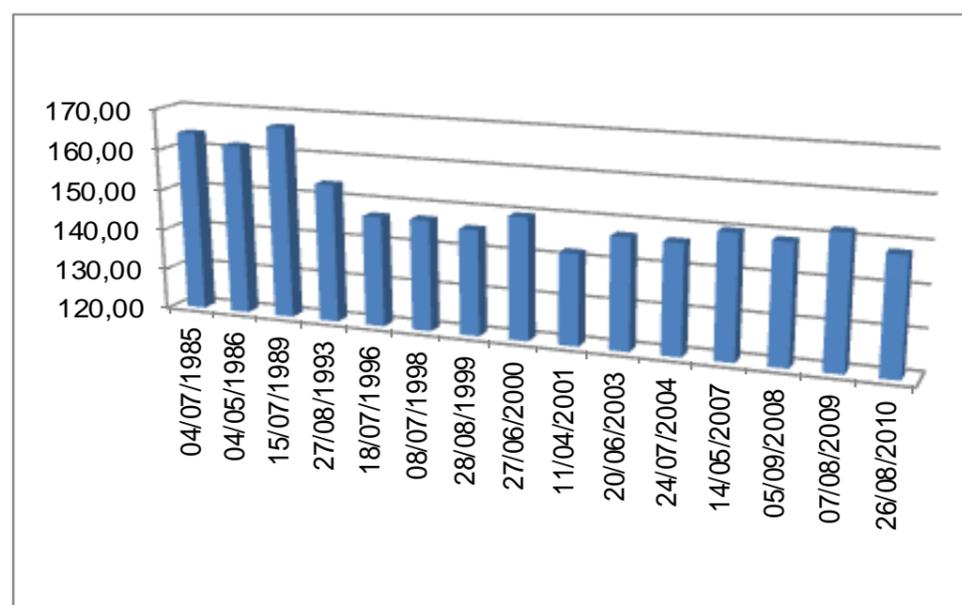


### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	163,99
04/05/1986	161,60
15/07/1989	166,88
27/08/1993	153,74
18/07/1996	146,86
08/07/1998	147,02
28/08/1999	145,67
27/06/2000	149,65
11/04/2001	142,09
20/06/2003	146,99
24/07/2004	146,68
14/05/2007	150,03
05/09/2008	148,93
07/08/2009	152,08
26/08/2010	148,16

<b>Coefficiente de Variação</b>	4,77%
<b>Área Média (Hectares)</b>	151,36
<b>Desvio Padrão</b>	7,22



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	4,50%
<b>Área Média (Hectares)</b>	151,54
<b>Desvio Padrão</b>	6,82

## Lago 15

### Coordenadas UTM - WGS 84

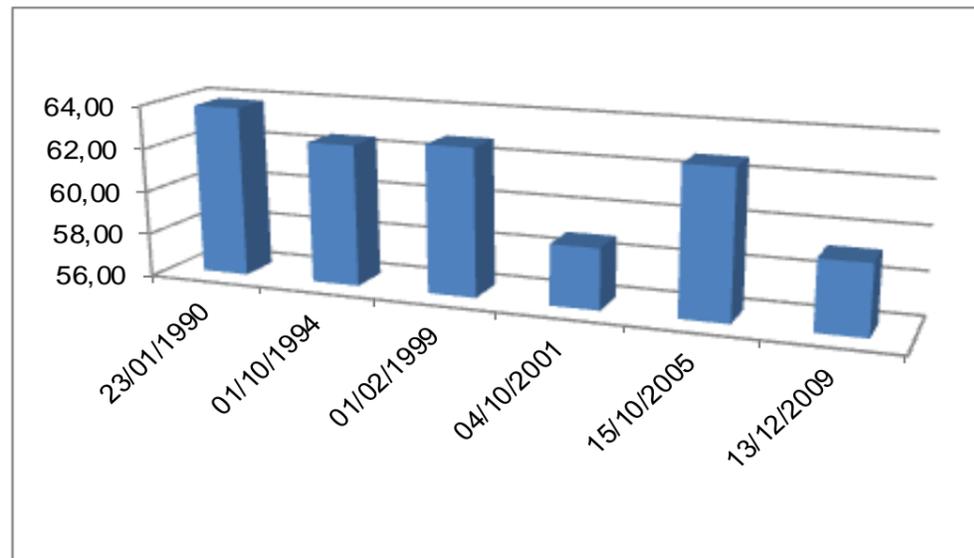
Longitude	Latitude
759225,025511	7815779,70462

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

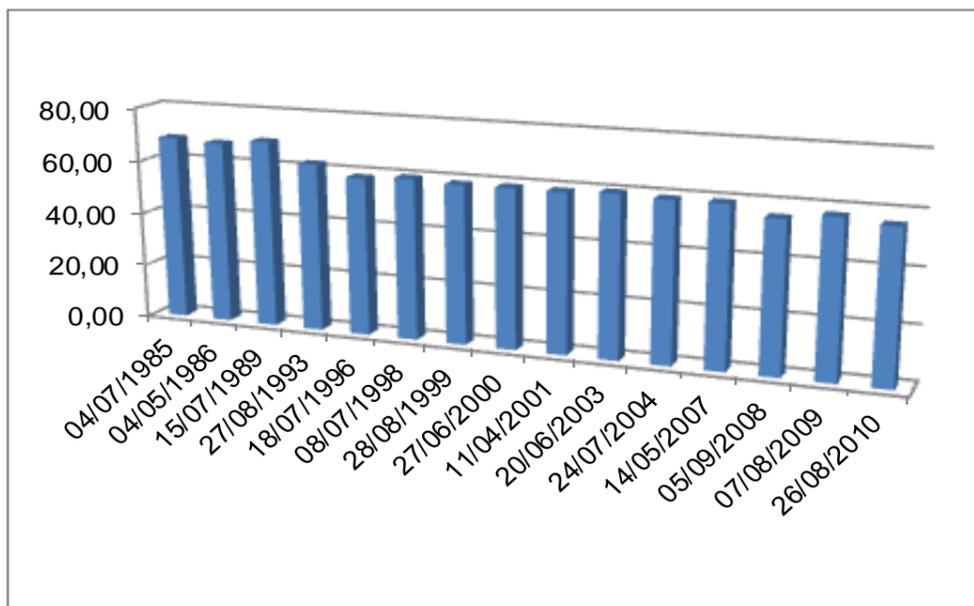
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	63,85
01/10/1994	62,50
01/02/1999	62,78
04/10/2001	58,79
15/10/2005	62,73
13/12/2009	59,20
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,42%
<b>Área Média (Hectares)</b>	61,64
<b>Desvio Padrão</b>	2,11



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	68,60
04/05/1986	67,66
15/07/1989	69,50
27/08/1993	62,37
18/07/1996	58,57
08/07/1998	59,69
28/08/1999	58,79
27/06/2000	59,06
11/04/2001	58,99
20/06/2003	59,89
24/07/2004	59,08
14/05/2007	59,20
05/09/2008	55,44
07/08/2009	57,51
26/08/2010	55,85
<b>Coefficiente de Variação</b>	7,27%
<b>Área Média (Hectares)</b>	60,68
<b>Desvio Padrão</b>	4,41



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,33%
<b>Área Média (Hectares)</b>	60,92
<b>Desvio Padrão</b>	3,85

## Lago 16 - Santa Helena

### Coordenadas UTM - WGS 84

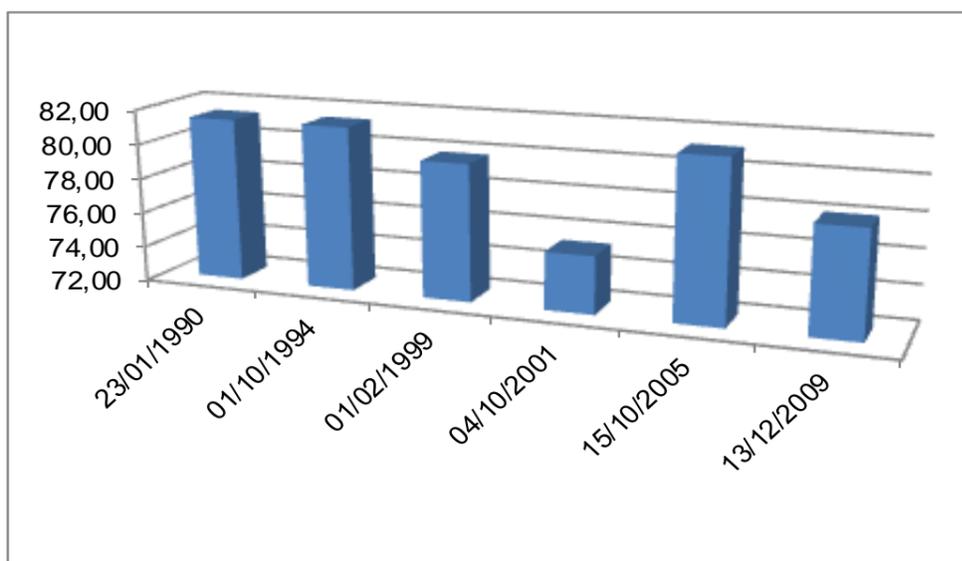
Longitude	Latitude
756777,799345	7809364,00359

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais  
do Parque Estadual do Rio Doce.

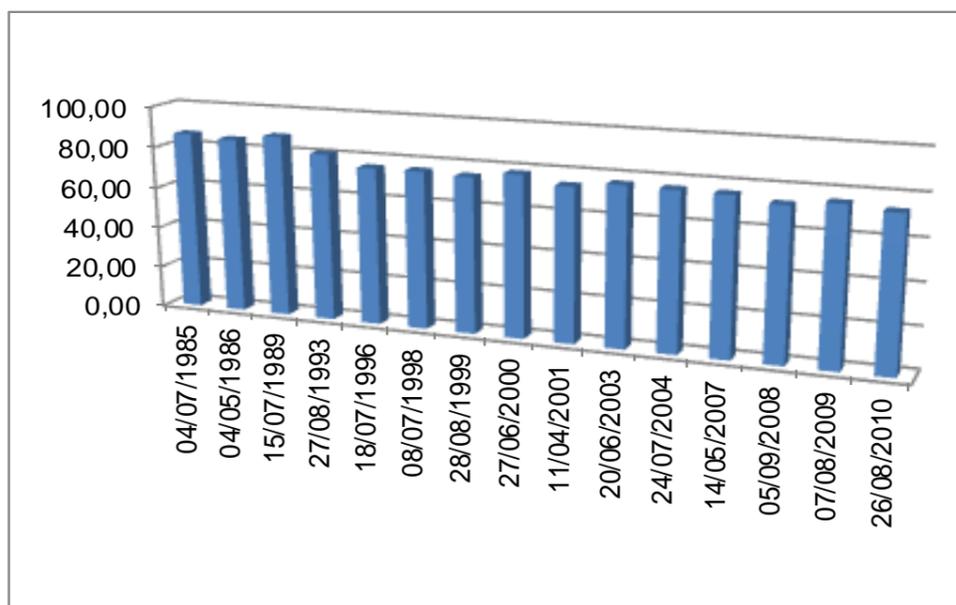
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	81,38
01/10/1994	81,38
01/02/1999	79,81
04/10/2001	75,29
15/10/2005	81,18
13/12/2009	78,05
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,07%
<b>Área Média (Hectares)</b>	79,52
<b>Desvio Padrão</b>	2,44



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	86,47
04/05/1986	85,12
15/07/1989	88,04
27/08/1993	81,09
18/07/1996	76,03
08/07/1998	76,21
28/08/1999	75,29
27/06/2000	78,20
11/04/2001	74,34
20/06/2003	76,77
24/07/2004	76,33
14/05/2007	75,85
05/09/2008	73,12
07/08/2009	75,47
26/08/2010	73,49
<b>Coefficiente de Variação</b>	6,12%
<b>Área Média (Hectares)</b>	78,12
<b>Desvio Padrão</b>	4,78



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	5,36%
<b>Área Média (Hectares)</b>	78,48
<b>Desvio Padrão</b>	4,21

## Lago 17

### Coordenadas UTM - WGS 84

Longitude	Latitude
753007,748224	7806916,77743

### Contexto Espacial

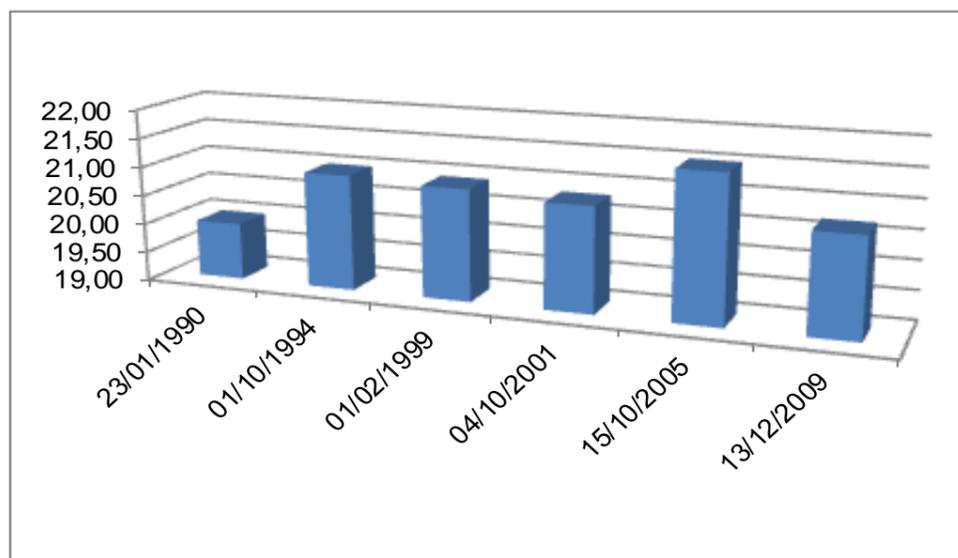
Situado à sul do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	19,98
01/10/1994	20,99
01/02/1999	20,92
04/10/2001	20,81
15/10/2005	21,51
13/12/2009	20,70

<b>Coefficiente de Variação</b>	2,39%
<b>Área Média (Hectares)</b>	20,82
<b>Desvio Padrão</b>	0,50

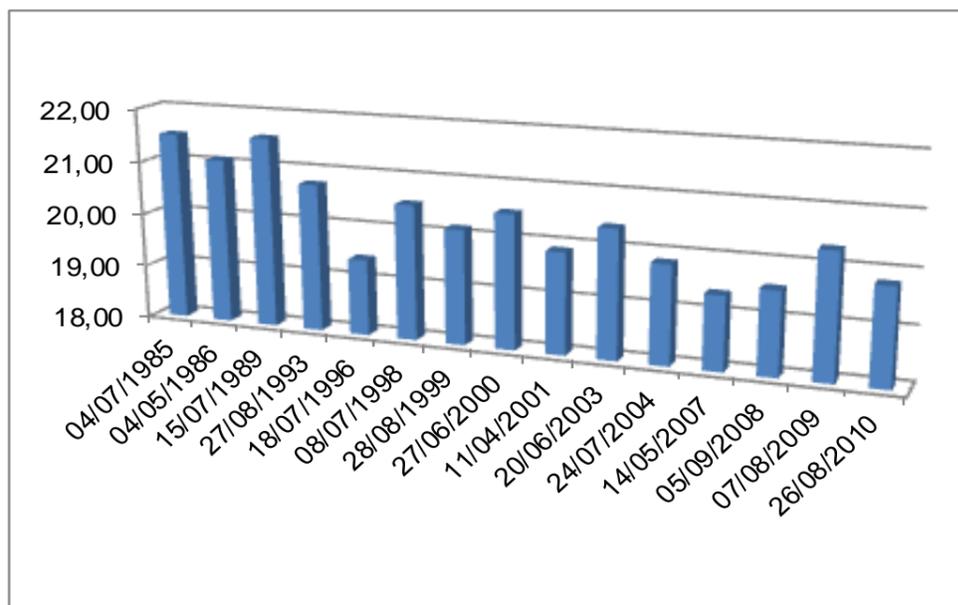


### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	21,51
04/05/1986	21,08
15/07/1989	21,55
27/08/1993	20,75
18/07/1996	19,42
08/07/1998	20,52
28/08/1999	20,14
27/06/2000	20,50
11/04/2001	19,89
20/06/2003	20,39
24/07/2004	19,84
14/05/2007	19,37
05/09/2008	19,55
07/08/2009	20,32
26/08/2010	19,80

<b>Coefficiente de Variação</b>	3,43%
<b>Área Média (Hectares)</b>	20,31
<b>Desvio Padrão</b>	0,70



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	3,27%
<b>Área Média (Hectares)</b>	20,44
<b>Desvio Padrão</b>	0,67

## Lago 18

### Coordenadas UTM - WGS 84

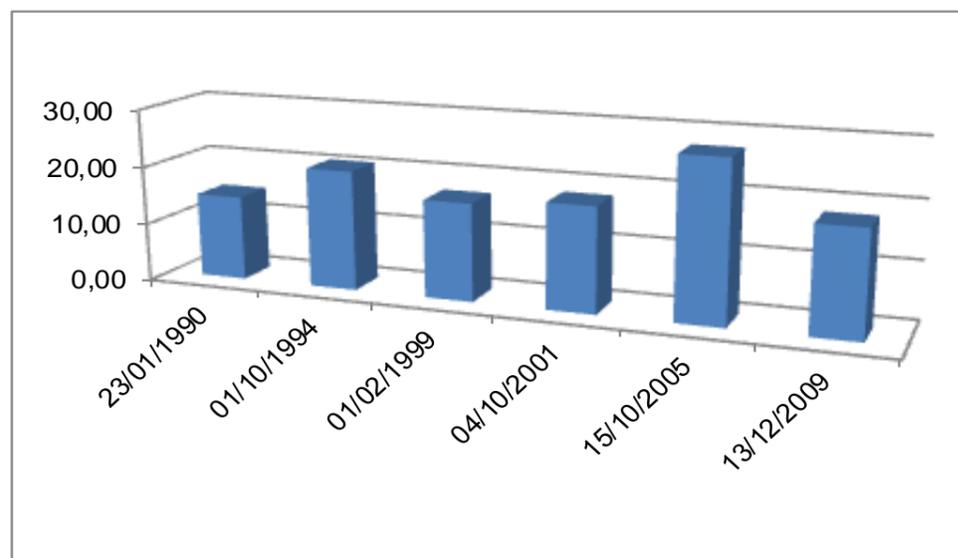
Longitude	Latitude
761606,110429	7830859,90910

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

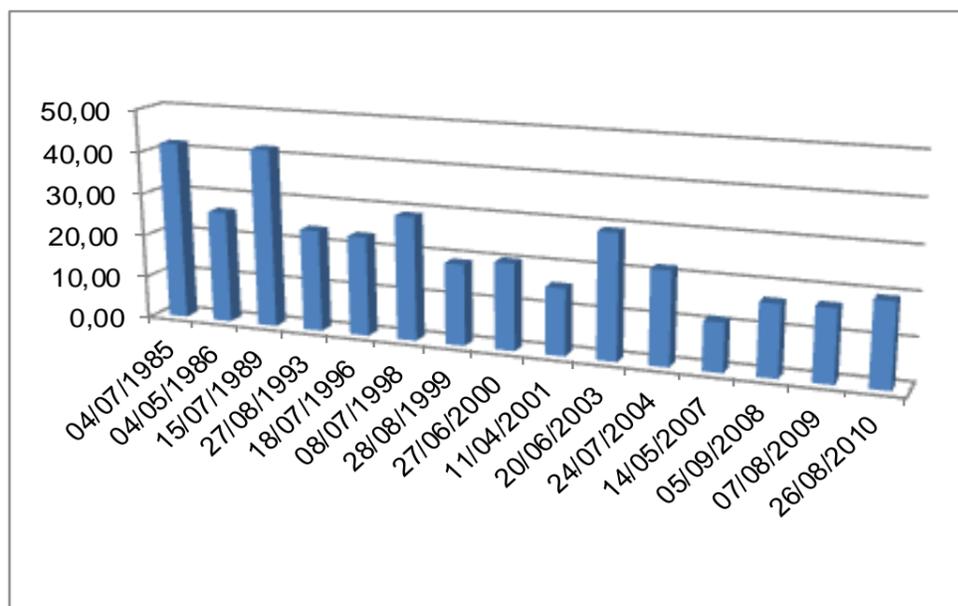
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	14,54
01/10/1994	20,61
01/02/1999	16,81
04/10/2001	18,06
15/10/2005	27,42
13/12/2009	18,13
<b>Coefficiente de Variação</b>	23,15%
<b>Área Média (Hectares)</b>	19,26
<b>Desvio Padrão</b>	4,46



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	41,84
04/05/1986	26,32
15/07/1989	41,98
27/08/1993	23,83
18/07/1996	23,28
08/07/1998	28,95
28/08/1999	18,98
27/06/2000	20,25
11/04/2001	15,64
20/06/2003	29,18
24/07/2004	21,83
14/05/2007	11,36
05/09/2008	16,63
07/08/2009	16,86
26/08/2010	19,44
<b>Coefficiente de Variação</b>	37,27%
<b>Área Média (Hectares)</b>	23,76
<b>Desvio Padrão</b>	8,85



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	35,73%
<b>Área Média (Hectares)</b>	22,44
<b>Desvio Padrão</b>	8,02

## Lago 19

### Coordenadas UTM - WGS 84

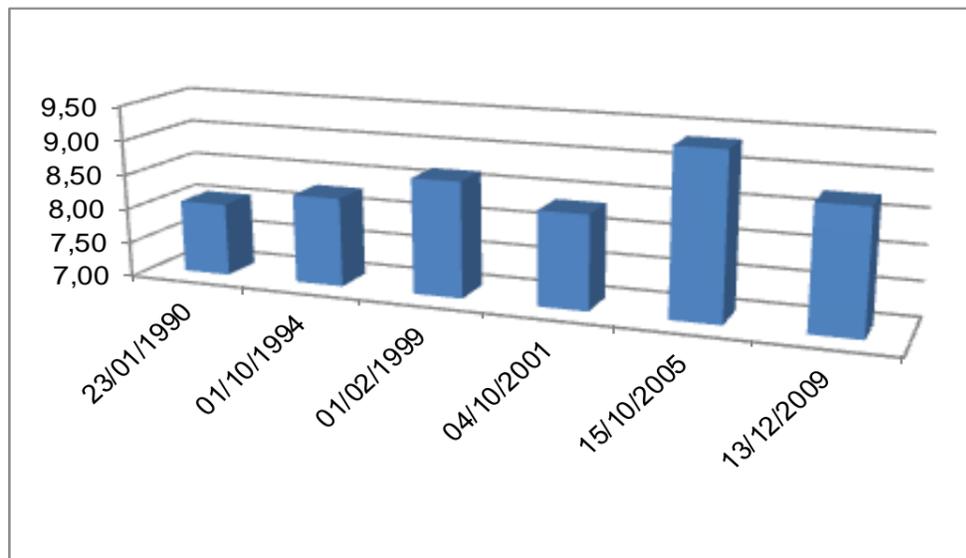
Longitude	Latitude
759588,802373	7823485,15998

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

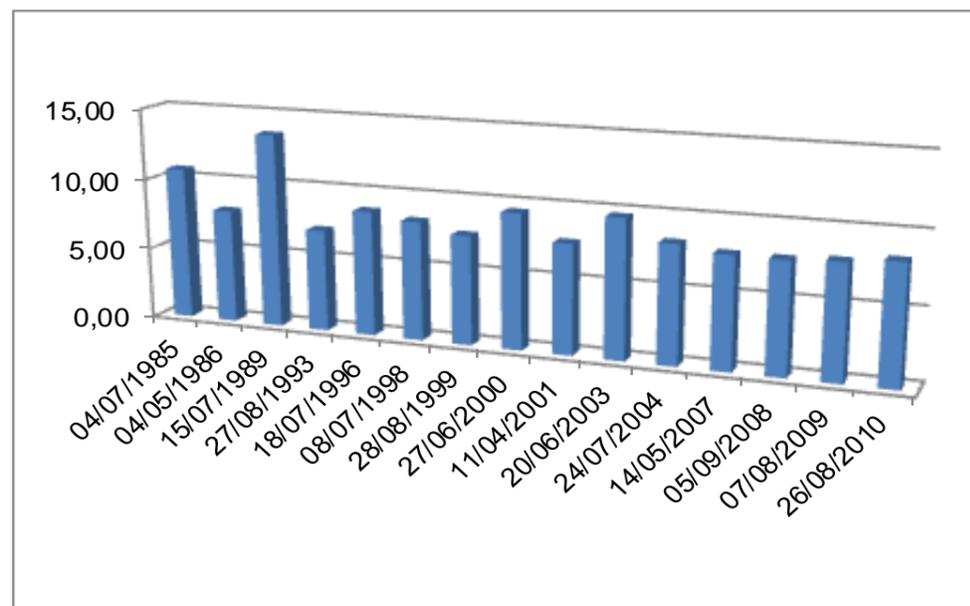
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	8,05
01/10/1994	8,28
01/02/1999	8,66
04/10/2001	8,35
15/10/2005	9,35
13/12/2009	8,75
<b>Coefficiente de Variação</b>	5,35%
<b>Área Média (Hectares)</b>	8,57
<b>Desvio Padrão</b>	0,46



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	10,68
04/05/1986	7,94
15/07/1989	13,56
27/08/1993	7,11
18/07/1996	8,71
08/07/1998	8,29
28/08/1999	7,61
27/06/2000	9,45
11/04/2001	7,67
20/06/2003	9,69
24/07/2004	8,25
14/05/2007	7,82
05/09/2008	7,79
07/08/2009	7,98
26/08/2010	8,30
<b>Coefficiente de Variação</b>	18,66%
<b>Área Média (Hectares)</b>	8,72
<b>Desvio Padrão</b>	1,63



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	16,01%
<b>Área Média (Hectares)</b>	8,67
<b>Desvio Padrão</b>	1,39

## Lago 20

### Coordenadas UTM - WGS 84

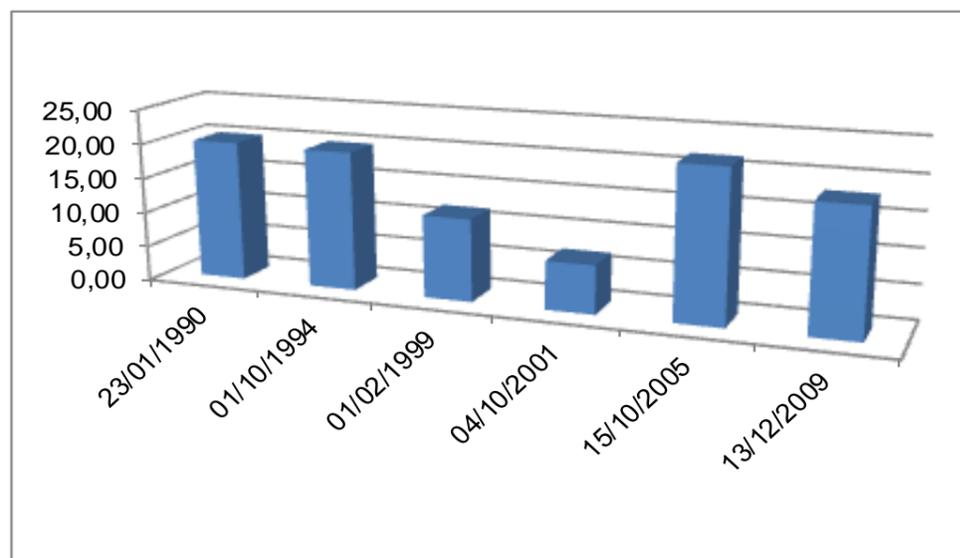
Longitude	Latitude
752379,406371	7815647,42213

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

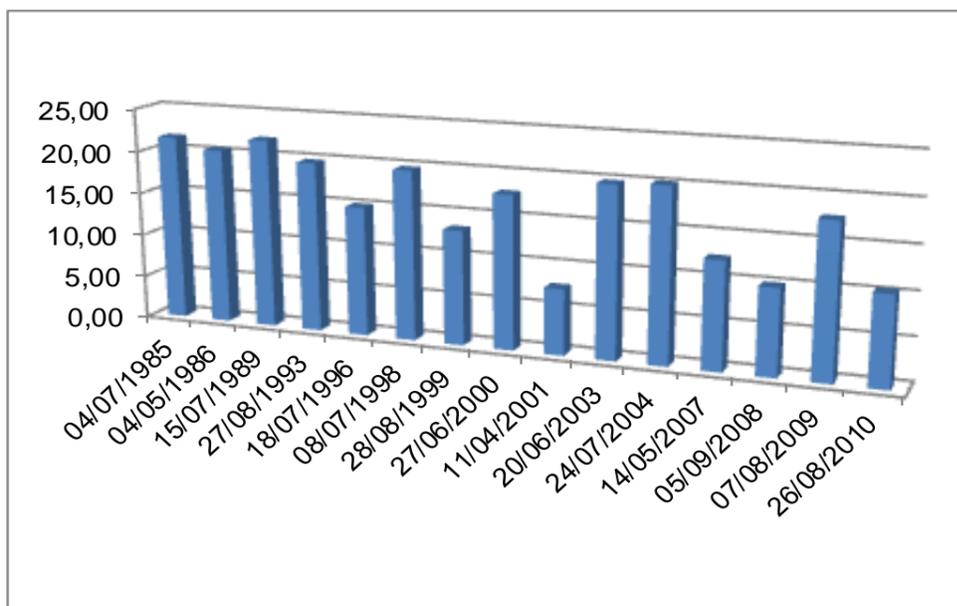
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	20,07
01/10/1994	19,87
01/02/1999	11,79
04/10/2001	6,93
15/10/2005	21,67
13/12/2009	17,98
<b>Coefficiente de Variação</b>	35,24%
<b>Área Média (Hectares)</b>	16,39
<b>Desvio Padrão</b>	5,77



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	21,60
04/05/1986	20,41
15/07/1989	21,98
27/08/1993	19,73
18/07/1996	15,01
08/07/1998	19,71
28/08/1999	13,30
27/06/2000	17,81
11/04/2001	7,65
20/06/2003	19,82
24/07/2004	20,12
14/05/2007	12,46
05/09/2008	9,98
07/08/2009	17,73
26/08/2010	10,42
<b>Coefficiente de Variação</b>	28,31%
<b>Área Média (Hectares)</b>	16,52
<b>Desvio Padrão</b>	4,68



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	29,45%
<b>Área Média (Hectares)</b>	16,45
<b>Desvio Padrão</b>	4,85

## Lago 21 - Dom Helvécio

### Coordenadas UTM - WGS 84

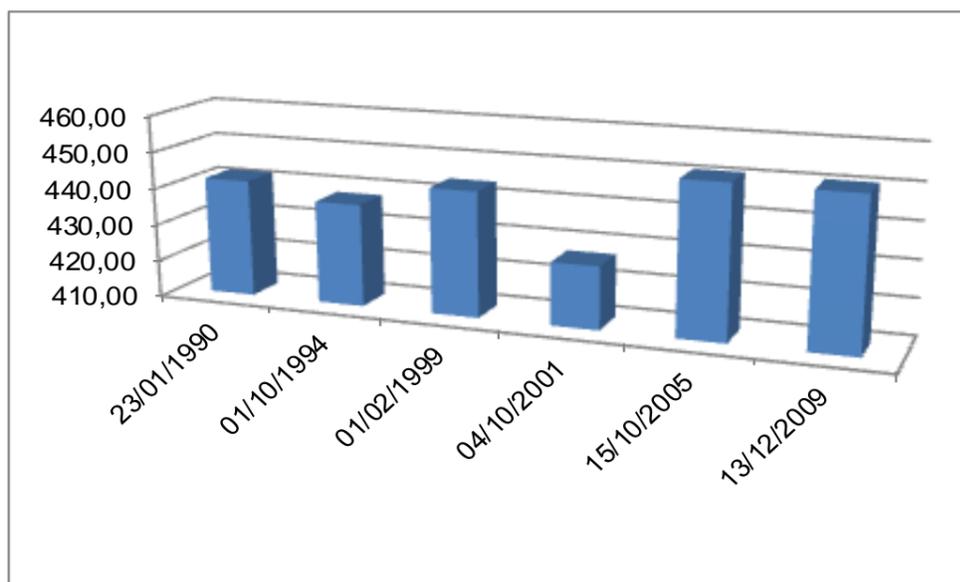
Longitude	Latitude
752214,053251	7811282,09978

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

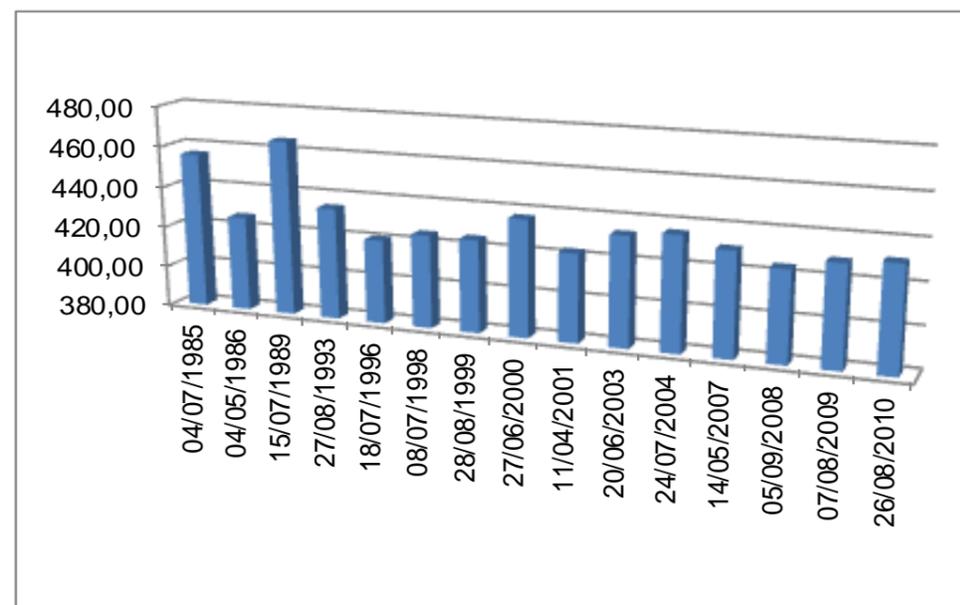
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	441,92
01/10/1994	437,85
01/02/1999	443,99
04/10/2001	427,01
15/10/2005	451,13
13/12/2009	450,83
<b>Coefficiente de Variação</b>	2,04%
<b>Área Média (Hectares)</b>	442,12
<b>Desvio Padrão</b>	9,02



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	455,99
04/05/1986	426,31
15/07/1989	465,57
27/08/1993	434,43
18/07/1996	420,91
08/07/1998	425,36
28/08/1999	425,18
27/06/2000	437,04
11/04/2001	422,93
20/06/2003	433,35
24/07/2004	435,74
14/05/2007	430,67
05/09/2008	424,33
07/08/2009	429,25
26/08/2010	431,24
<b>Coefficiente de Variação</b>	2,84%
<b>Área Média (Hectares)</b>	433,22
<b>Desvio Padrão</b>	12,32



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	2,75%
<b>Área Média (Hectares)</b>	435,59
<b>Desvio Padrão</b>	11,98

## Lago 22

### Coordenadas UTM - WGS 84

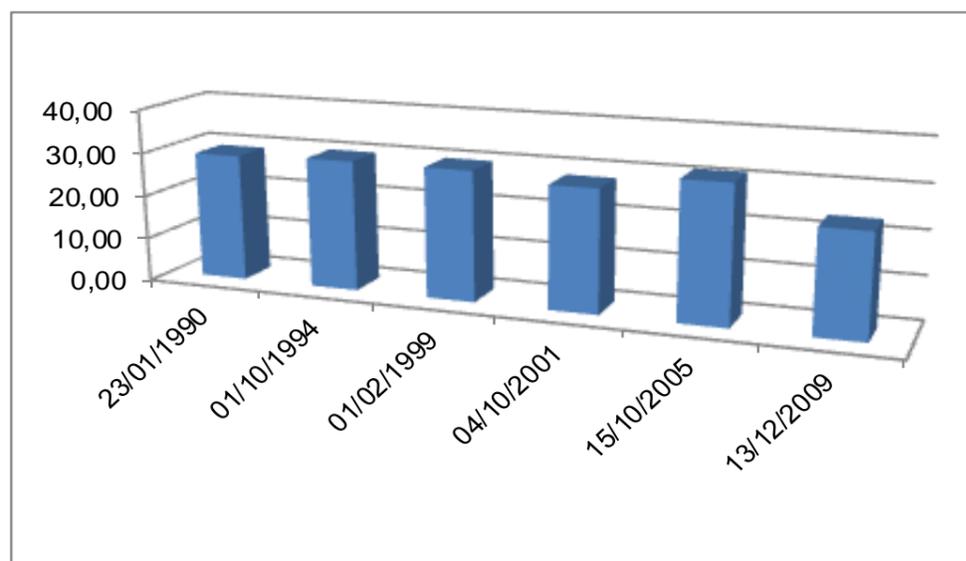
Longitude	Latitude
756910,081840	7819285,19075

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

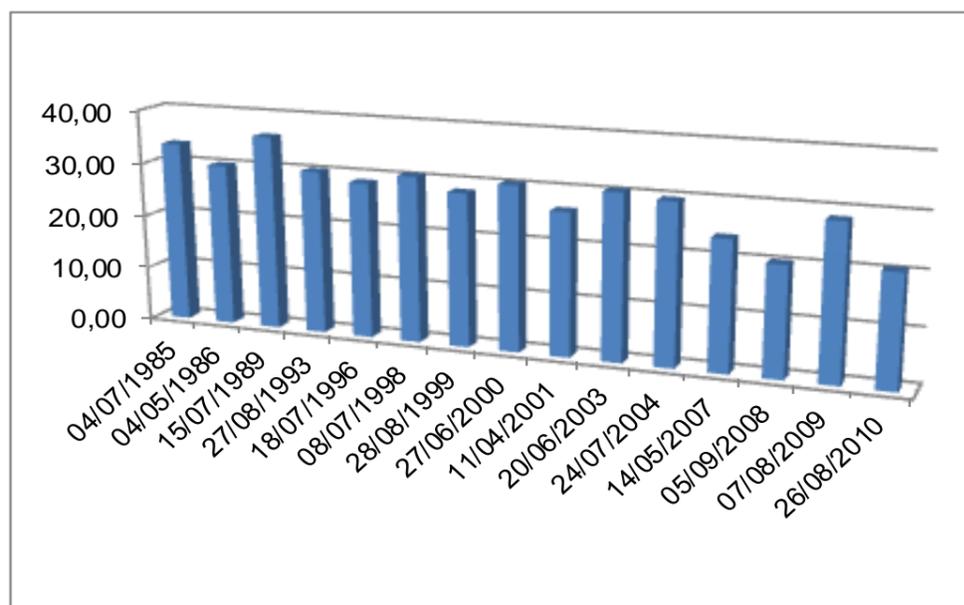
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	29,12
01/10/1994	29,84
01/02/1999	29,79
04/10/2001	27,97
15/10/2005	31,32
13/12/2009	23,49
<b>Coefficiente de Variação</b>	9,53%
<b>Área Média (Hectares)</b>	28,59
<b>Desvio Padrão</b>	2,73



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	33,58
04/05/1986	30,04
15/07/1989	36,04
27/08/1993	30,24
18/07/1996	28,75
08/07/1998	30,67
28/08/1999	28,33
27/06/2000	30,45
11/04/2001	26,39
20/06/2003	30,55
24/07/2004	29,68
14/05/2007	23,91
05/09/2008	20,25
07/08/2009	28,49
26/08/2010	20,67
<b>Coefficiente de Variação</b>	15,02%
<b>Área Média (Hectares)</b>	28,54
<b>Desvio Padrão</b>	4,29



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	13,42%
<b>Área Média (Hectares)</b>	28,52
<b>Desvio Padrão</b>	3,83

## Lago 23 - Bonita

### Coordenadas UTM - WGS 84

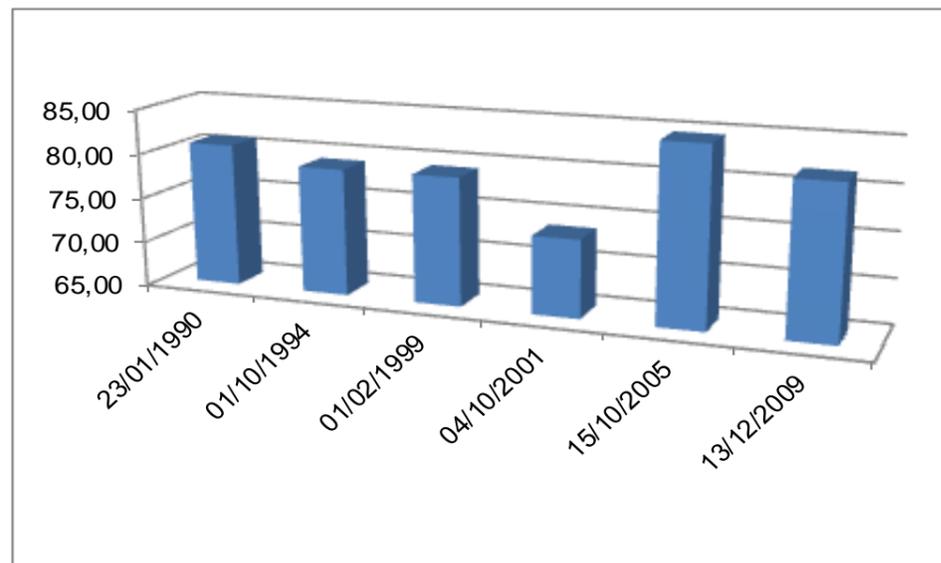
Longitude	Latitude
752908,536353	7812373,43036

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

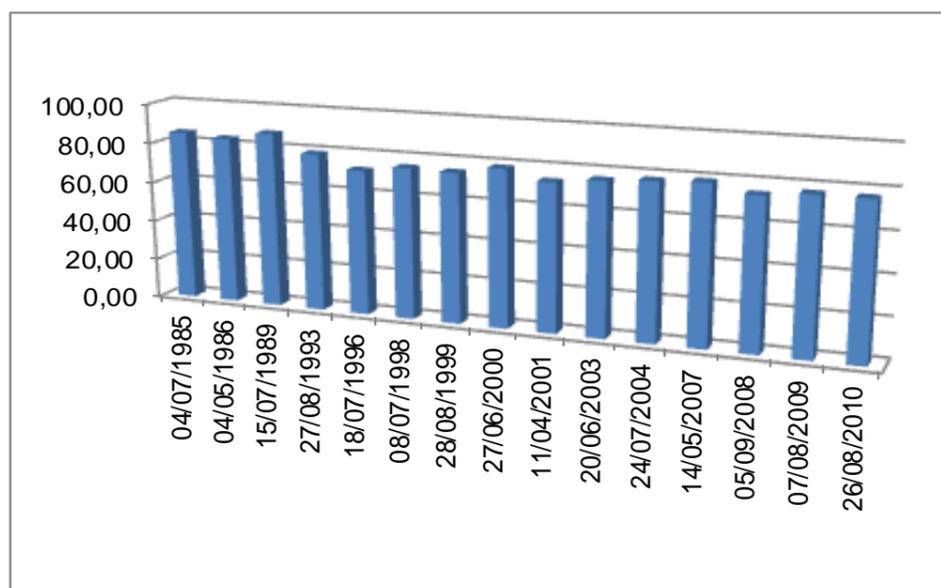
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	80,91
01/10/1994	79,11
01/02/1999	79,22
04/10/2001	73,62
15/10/2005	84,62
13/12/2009	81,72
<b>Coefficiente de Variação</b>	4,59%
<b>Área Média (Hectares)</b>	79,87
<b>Desvio Padrão</b>	3,66



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	85,29
04/05/1986	83,63
15/07/1989	87,75
27/08/1993	79,02
18/07/1996	72,52
08/07/1998	75,51
28/08/1999	74,90
27/06/2000	78,64
11/04/2001	73,87
20/06/2003	76,32
24/07/2004	77,92
14/05/2007	79,00
05/09/2008	74,90
07/08/2009	77,11
26/08/2010	77,04
<b>Coefficiente de Variação</b>	5,49%
<b>Área Média (Hectares)</b>	78,23
<b>Desvio Padrão</b>	4,30



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	5,22%
<b>Área Média (Hectares)</b>	78,65
<b>Desvio Padrão</b>	4,11

## Lago 24 - Patos

### Coordenadas UTM - WGS 84

Longitude	Latitude
758662,824905	7808702,59111

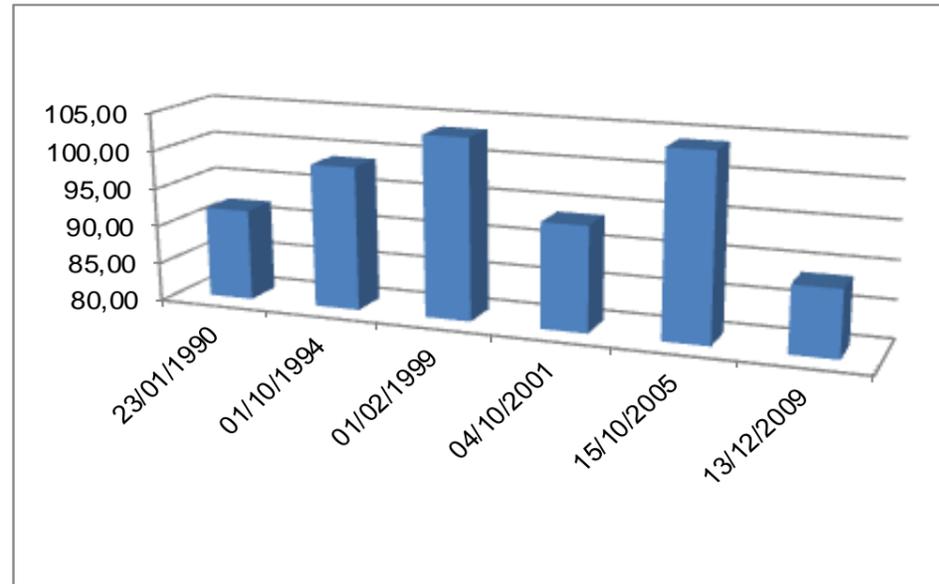
### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	91,95
01/10/1994	98,80
01/02/1999	103,64
04/10/2001	93,74
15/10/2005	104,06
13/12/2009	88,69

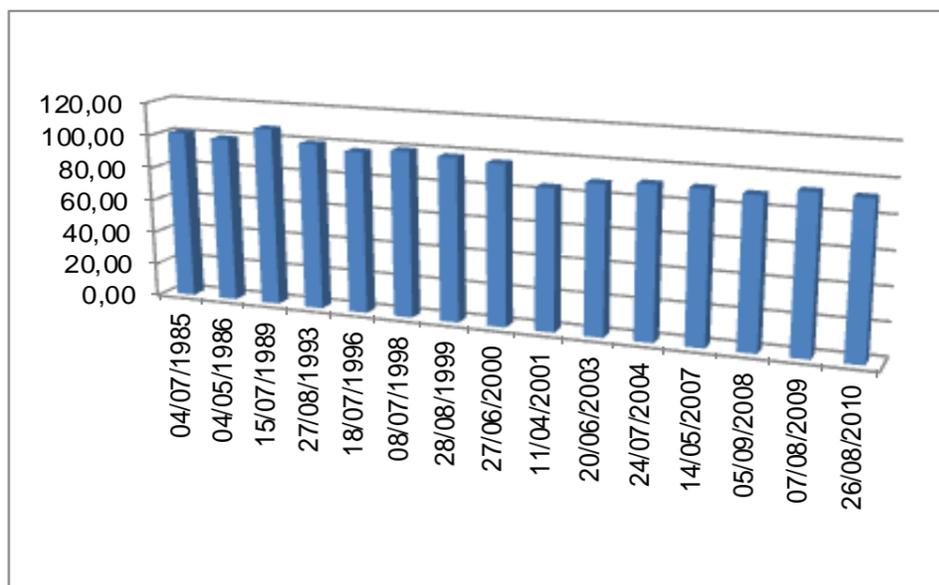
<b>Coefficiente de Variação</b>	6,57%
<b>Área Média (Hectares)</b>	96,81
<b>Desvio Padrão</b>	6,36



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	101,32
04/05/1986	99,43
15/07/1989	107,30
27/08/1993	100,04
18/07/1996	97,34
08/07/1998	99,75
28/08/1999	97,95
27/06/2000	96,43
11/04/2001	84,62
20/06/2003	89,18
24/07/2004	90,94
14/05/2007	90,64
05/09/2008	89,31
07/08/2009	93,20
26/08/2010	92,12

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,24%
<b>Área Média (Hectares)</b>	95,30
<b>Desvio Padrão</b>	5,94



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,19%
<b>Área Média (Hectares)</b>	95,68
<b>Desvio Padrão</b>	5,92

## Lago 25 - Anibal

### Coordenadas UTM - WGS 84

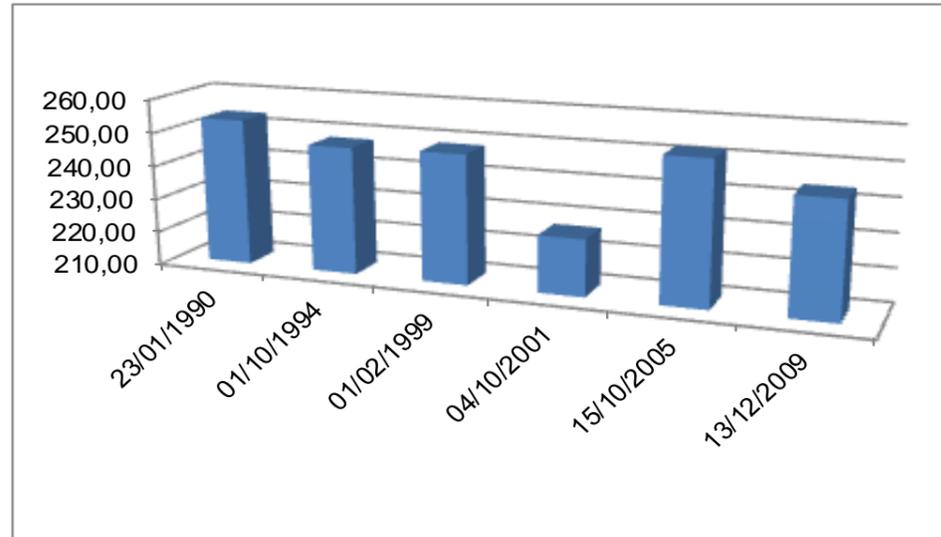
Longitude	Latitude
759588,802373	7812902,56034

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

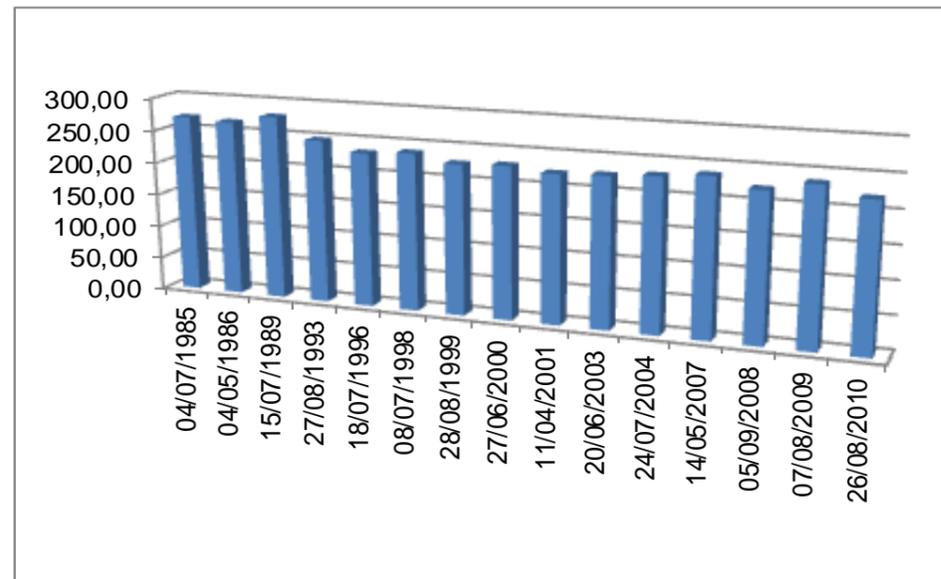
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	253,66
01/10/1994	247,77
01/02/1999	248,37
04/10/2001	226,85
15/10/2005	252,21
13/12/2009	243,99
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,97%
<b>Área Média (Hectares)</b>	245,48
<b>Desvio Padrão</b>	9,75



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	270,17
04/05/1986	266,74
15/07/1989	279,20
27/08/1993	248,17
18/07/1996	233,66
08/07/1998	238,77
28/08/1999	227,52
27/06/2000	230,40
11/04/2001	223,76
20/06/2003	226,63
24/07/2004	231,39
14/05/2007	237,35
05/09/2008	222,91
07/08/2009	236,52
26/08/2010	221,17
<b>Coefficiente de Variação</b>	7,65%
<b>Área Média (Hectares)</b>	239,62
<b>Desvio Padrão</b>	18,32



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,74%
<b>Área Média (Hectares)</b>	241,17
<b>Desvio Padrão</b>	16,27

## Lago 26

### Coordenadas UTM - WGS 84

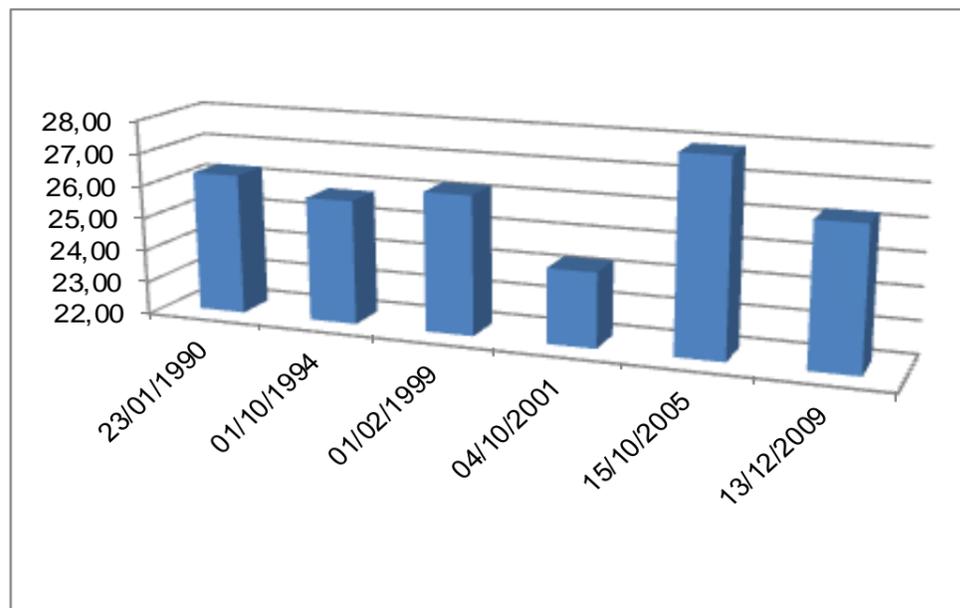
Longitude	Latitude
752974,677600	7813563,97282

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

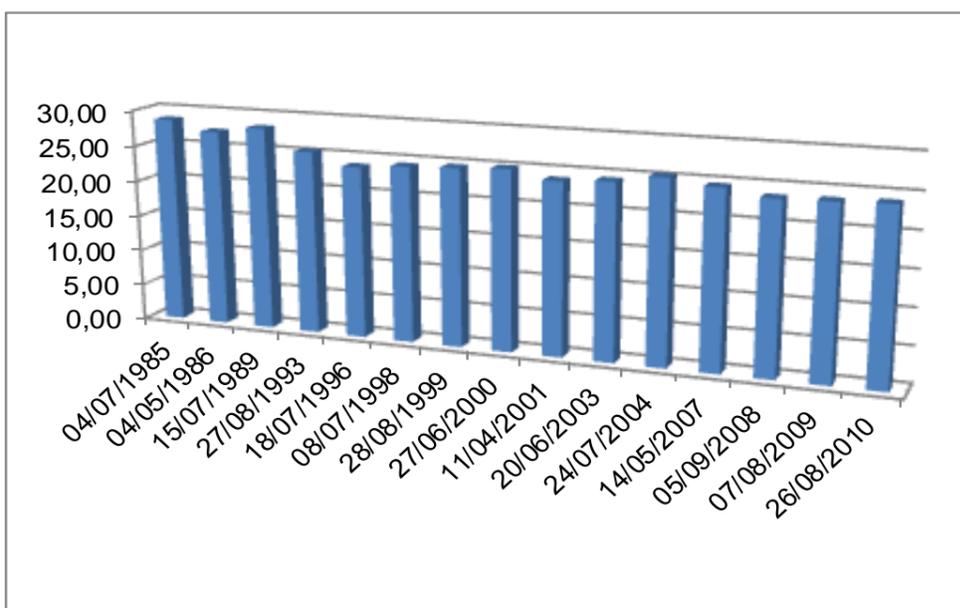
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	26,30
01/10/1994	25,79
01/02/1999	26,24
04/10/2001	24,28
15/10/2005	27,90
13/12/2009	26,30
<b>Coefficiente de Variação</b>	4,44%
<b>Área Média (Hectares)</b>	26,14
<b>Desvio Padrão</b>	1,16



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	28,66
04/05/1986	27,36
15/07/1989	28,26
27/08/1993	25,45
18/07/1996	23,83
08/07/1998	24,37
28/08/1999	24,68
27/06/2000	25,02
11/04/2001	23,92
20/06/2003	24,35
24/07/2004	25,38
14/05/2007	24,59
05/09/2008	23,67
07/08/2009	23,81
26/08/2010	24,05
<b>Coefficiente de Variação</b>	6,48%
<b>Área Média (Hectares)</b>	25,16
<b>Desvio Padrão</b>	1,63



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,09%
<b>Área Média (Hectares)</b>	25,43
<b>Desvio Padrão</b>	1,55

## Lago 27

### Coordenadas UTM - WGS 84

Longitude	Latitude
754760,491289	7815184,43339

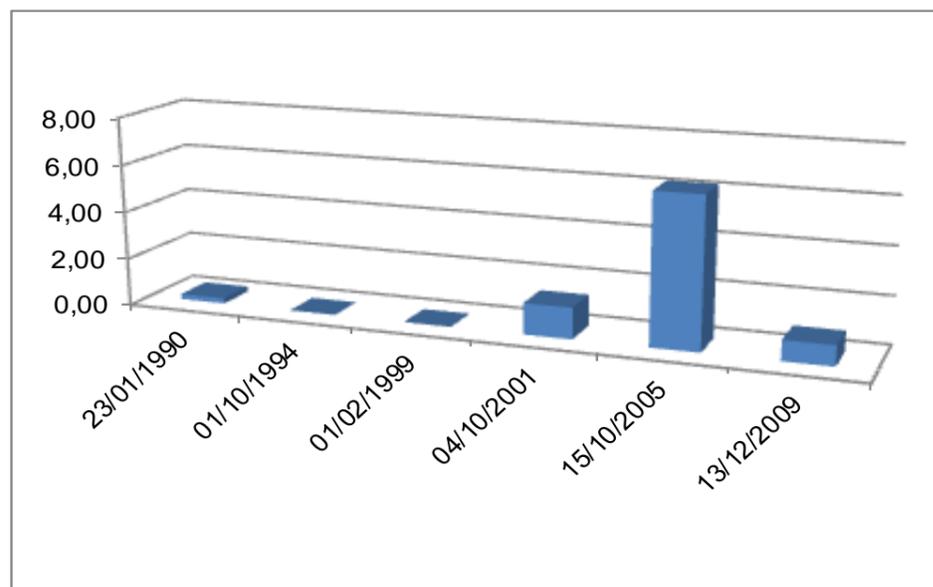
### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	0,22
01/10/1994	0,00
01/02/1999	0,00
04/10/2001	1,31
15/10/2005	6,25
13/12/2009	0,85

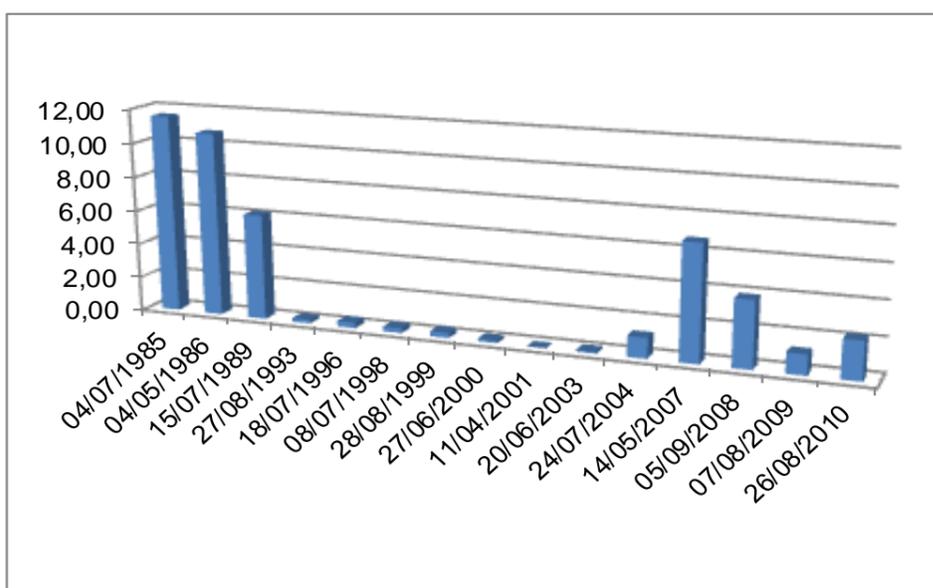
<b>Coefficiente de Variação</b>	167,83%
<b>Área Média (Hectares)</b>	1,44
<b>Desvio Padrão</b>	2,41



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	11,55
04/05/1986	10,73
15/07/1989	6,15
27/08/1993	0,22
18/07/1996	0,33
08/07/1998	0,28
28/08/1999	0,30
27/06/2000	0,15
11/04/2001	0,00
20/06/2003	0,11
24/07/2004	1,20
14/05/2007	6,70
05/09/2008	3,86
07/08/2009	1,19
26/08/2010	2,23

<b>Coefficiente de Variação</b>	131,94%
<b>Área Média (Hectares)</b>	3,00
<b>Desvio Padrão</b>	3,96



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	140,89%
<b>Área Média (Hectares)</b>	2,55
<b>Desvio Padrão</b>	3,60

## Lago 28

### Coordenadas UTM - WGS 84

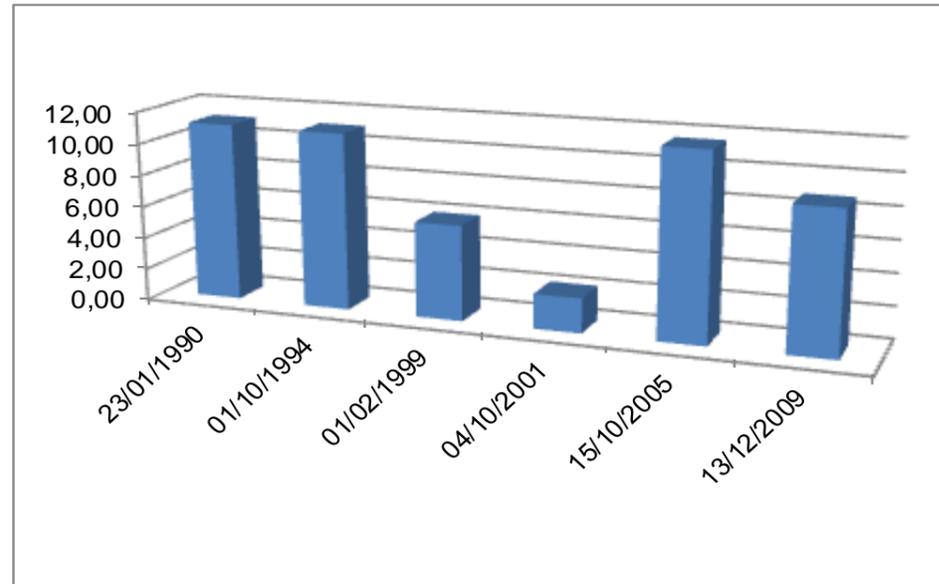
Longitude	Latitude
753933,725692	7815945,05774

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

### Estação Hidrológica Úmida

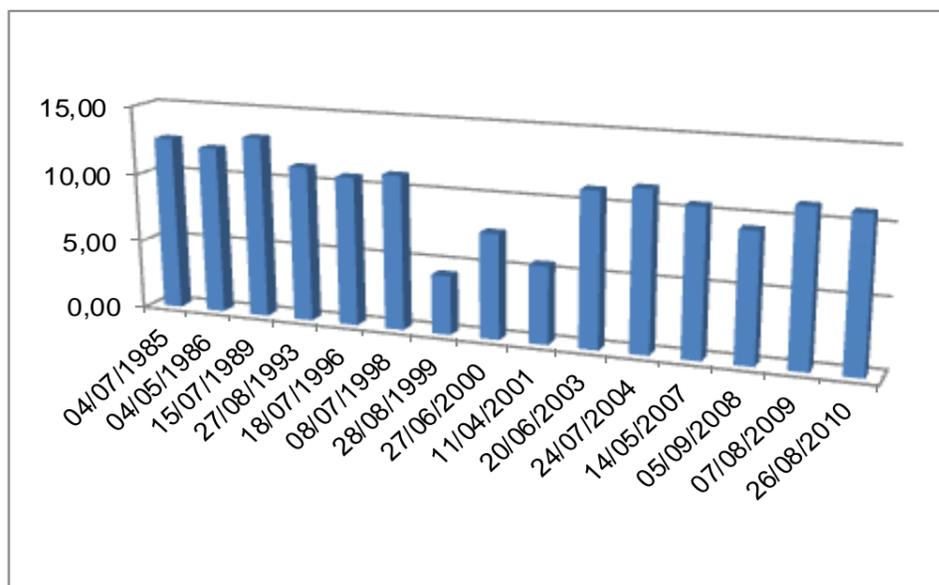
Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	11,16
01/10/1994	11,07
01/02/1999	5,96
04/10/2001	2,17
15/10/2005	11,61
13/12/2009	8,82



<b>Coefficiente de Variação</b>	44,19%
<b>Área Média (Hectares)</b>	8,47
<b>Desvio Padrão</b>	3,74

### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	12,61
04/05/1986	12,11
15/07/1989	13,10
27/08/1993	11,21
18/07/1996	10,74
08/07/1998	11,12
28/08/1999	4,26
27/06/2000	7,58
11/04/2001	5,61
20/06/2003	11,12
24/07/2004	11,50
14/05/2007	10,58
05/09/2008	9,25
07/08/2009	11,12
26/08/2010	10,94



<b>Coefficiente de Variação</b>	24,63%
<b>Área Média (Hectares)</b>	10,19
<b>Desvio Padrão</b>	2,51

### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	30,13%
<b>Área Média (Hectares)</b>	9,68
<b>Desvio Padrão</b>	2,92

## Lago 29

### Coordenadas UTM - WGS 84

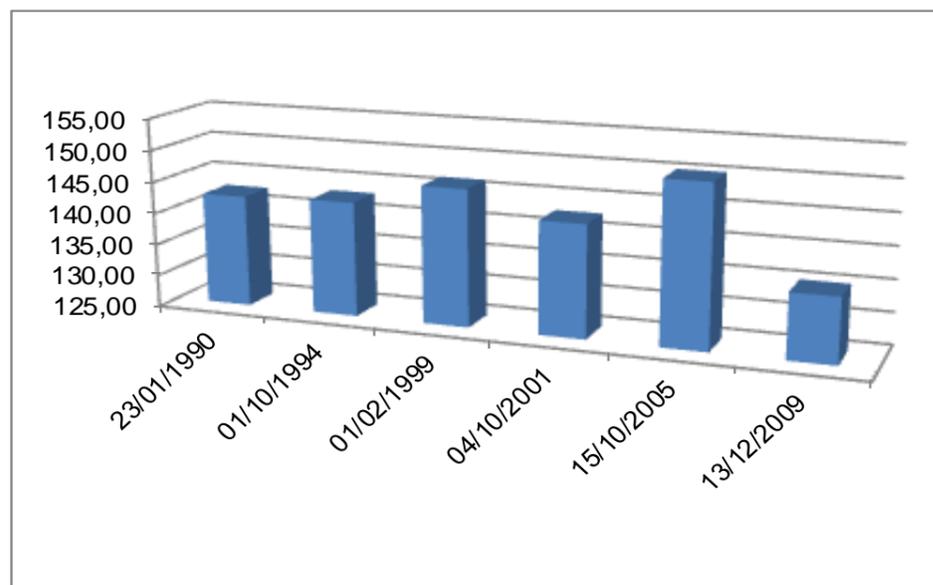
Longitude	Latitude
754595,138170	7818326,14266

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

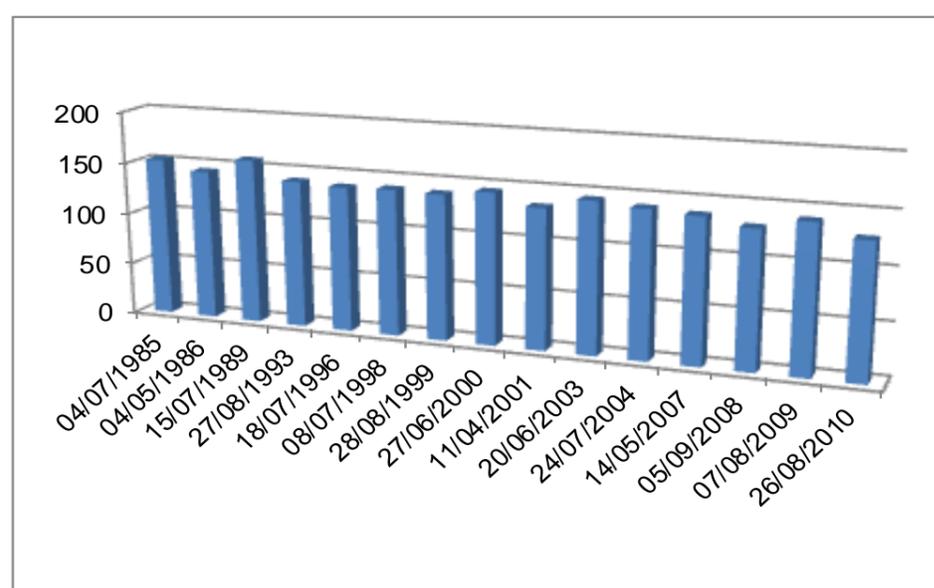
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	142,58
01/10/1994	143,03
01/02/1999	146,50
04/10/2001	142,65
15/10/2005	150,23
13/12/2009	135,18
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,49%
<b>Área Média (Hectares)</b>	143,36
<b>Desvio Padrão</b>	5,00



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	152,67
04/05/1986	143,93
15/07/1989	158,22
27/08/1993	141,05
18/07/1996	138,76
08/07/1998	140,26
28/08/1999	139,27
27/06/2000	144,82
11/04/2001	134,1
20/06/2003	144,31
24/07/2004	140,38
14/05/2007	137,67
05/09/2008	130,49
07/08/2009	140,08
26/08/2010	127,84
<b>Coefficiente de Variação</b>	5,43%
<b>Área Média (Hectares)</b>	140,92
<b>Desvio Padrão</b>	7,65



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	4,92%
<b>Área Média (Hectares)</b>	141,52
<b>Desvio Padrão</b>	6,96

## Lago 30

### Coordenadas UTM - WGS 84

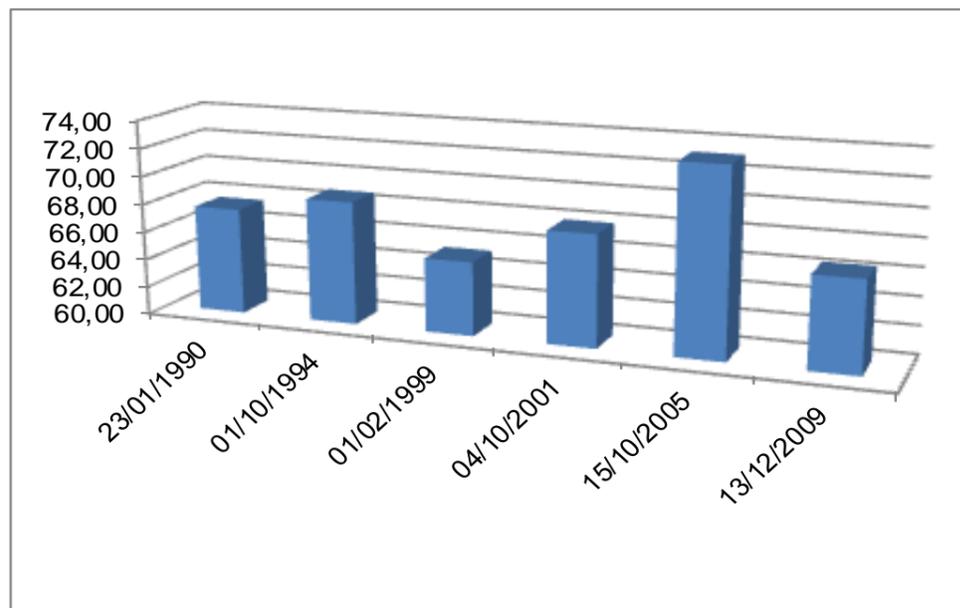
Longitude	Latitude
757902,200556	7832381,15780

### Contexto Espacial

Situado dentro dos limites territoriais do Parque Estadual do Rio Doce.

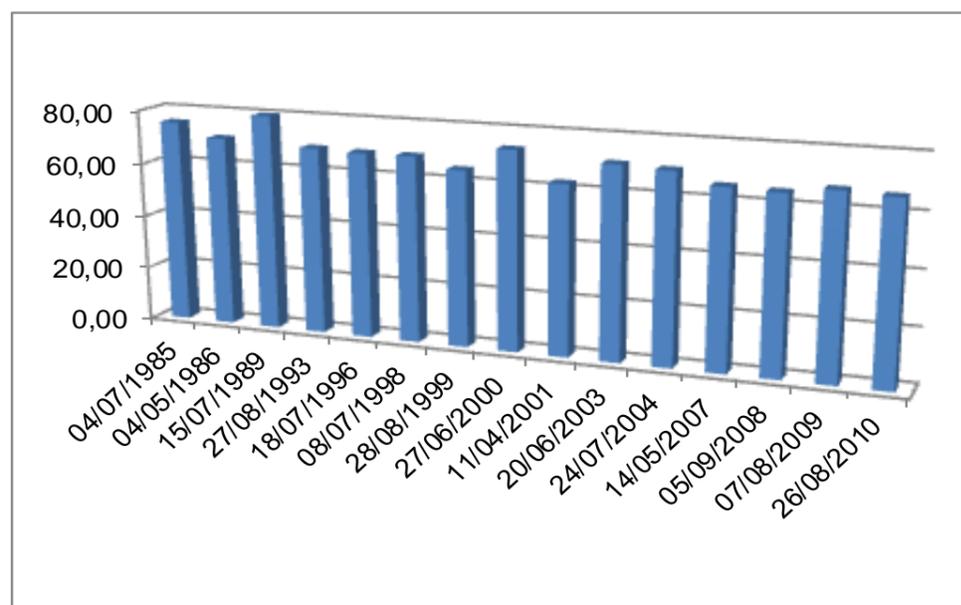
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	67,57
01/10/1994	68,76
01/02/1999	65,25
04/10/2001	67,93
15/10/2005	73,19
13/12/2009	66,46
<b>Coefficiente de Variação</b>	4,01%
<b>Área Média (Hectares)</b>	68,19
<b>Desvio Padrão</b>	2,74



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	75,46
04/05/1986	70,49
15/07/1989	79,94
27/08/1993	69,16
18/07/1996	68,63
08/07/1998	68,71
28/08/1999	65,00
27/06/2000	73,54
11/04/2001	62,75
20/06/2003	70,85
24/07/2004	70,00
14/05/2007	65,71
05/09/2008	65,14
07/08/2009	67,31
26/08/2010	66,33
<b>Coefficiente de Variação</b>	6,44%
<b>Área Média (Hectares)</b>	69,27
<b>Desvio Padrão</b>	4,46



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	5,84%
<b>Área Média (Hectares)</b>	68,89
<b>Desvio Padrão</b>	4,02

## Lago 31 - Silvana

### Coordenadas UTM - WGS 84

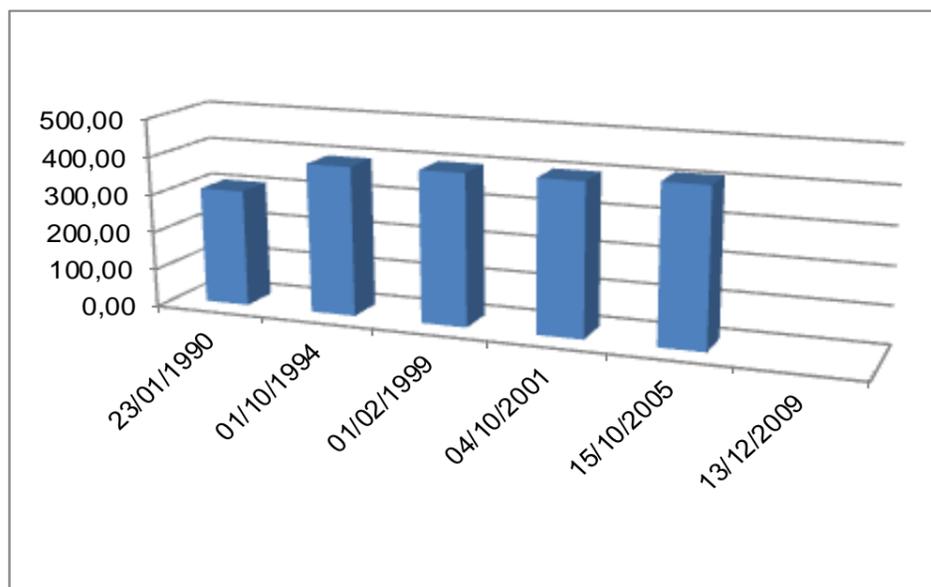
Longitude	Latitude
770402,896377	7842699,19245

### Contexto Espacial

Situado à leste do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

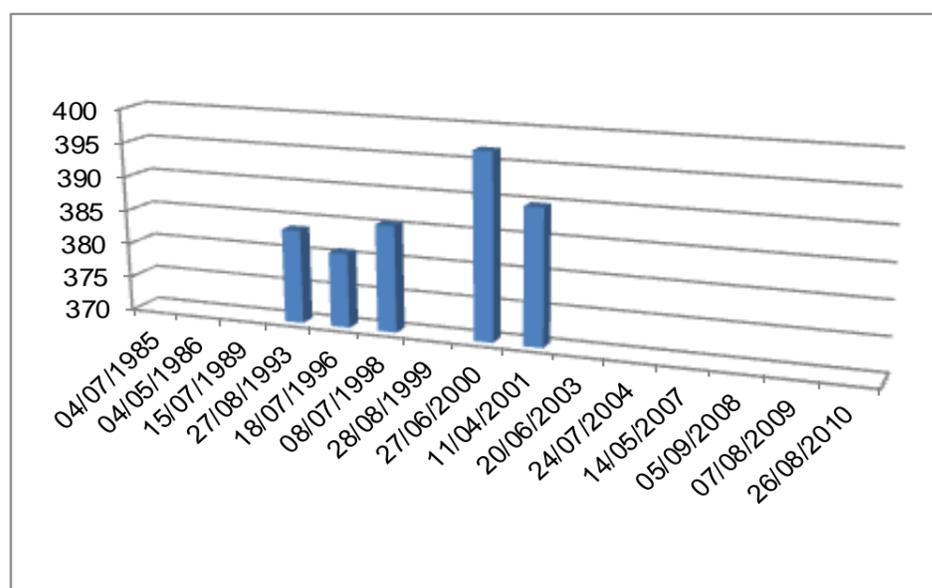
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	307,50
01/10/1994	393,37
01/02/1999	398,95
04/10/2001	400,60
15/10/2005	412,78
13/12/2009	
<b>Coefficiente de Variação</b>	11,13%
<b>Área Média (Hectares)</b>	382,64
<b>Desvio Padrão</b>	42,60



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	
04/05/1986	
15/07/1989	
27/08/1993	383,67
18/07/1996	380,88
08/07/1998	385,49
28/08/1999	
27/06/2000	396,99
11/04/2001	389,79
20/06/2003	
24/07/2004	
14/05/2007	
05/09/2008	
07/08/2009	
26/08/2010	
<b>Coefficiente de Variação</b>	1,62%
<b>Área Média (Hectares)</b>	387,36
<b>Desvio Padrão</b>	6,28



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	7,92%
<b>Área Média (Hectares)</b>	3,84
<b>Desvio Padrão</b>	0,30

## Lago 32

### Coordenadas UTM - WGS 84

Longitude	Latitude
771871,974104	7828538,82767

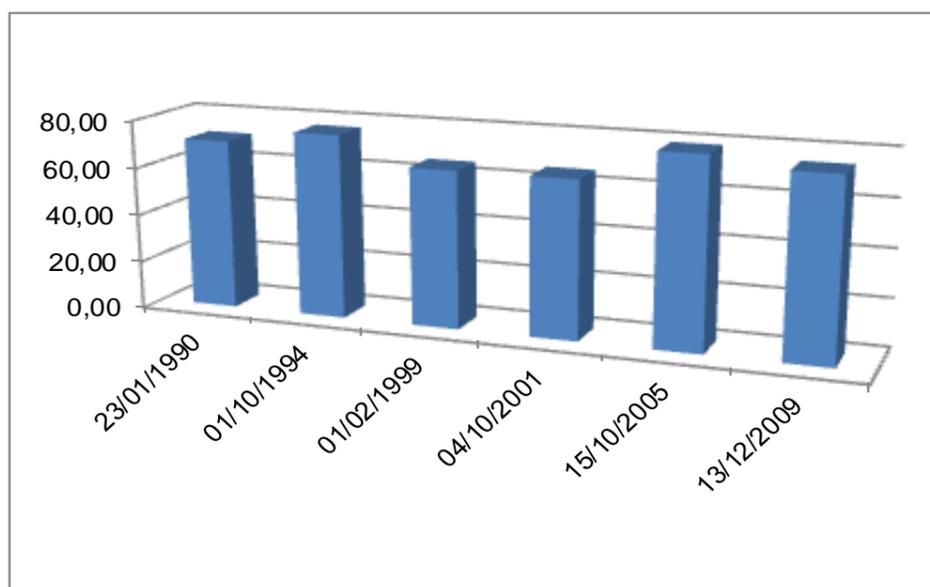
### Contexto Espacial

Situado à leste do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	71,08
01/10/1994	76,77
01/02/1999	65,59
04/10/2001	65,68
15/10/2005	78,86
13/12/2009	74,70

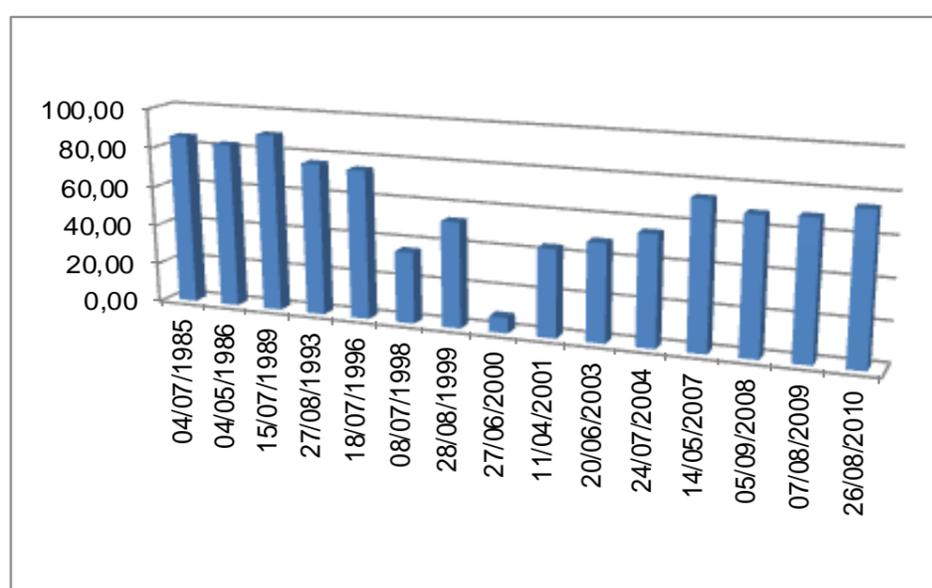
<b>Coefficiente de Variação</b>	7,82%
<b>Área Média (Hectares)</b>	72,11
<b>Desvio Padrão</b>	5,64



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	85,61
04/05/1986	82,88
15/07/1989	89,37
27/08/1993	76,53
18/07/1996	75,01
08/07/1998	36,06
28/08/1999	53,11
27/06/2000	7,83
11/04/2001	44,11
20/06/2003	48,99
24/07/2004	55,33
14/05/2007	73,55
05/09/2008	68,26
07/08/2009	68,81
26/08/2010	74,52

<b>Coefficiente de Variação</b>	34,94%
<b>Área Média (Hectares)</b>	62,66
<b>Desvio Padrão</b>	21,90



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	29,11%
<b>Área Média (Hectares)</b>	65,31
<b>Desvio Padrão</b>	19,01

## Lago 33

### Coordenadas UTM - WGS 84

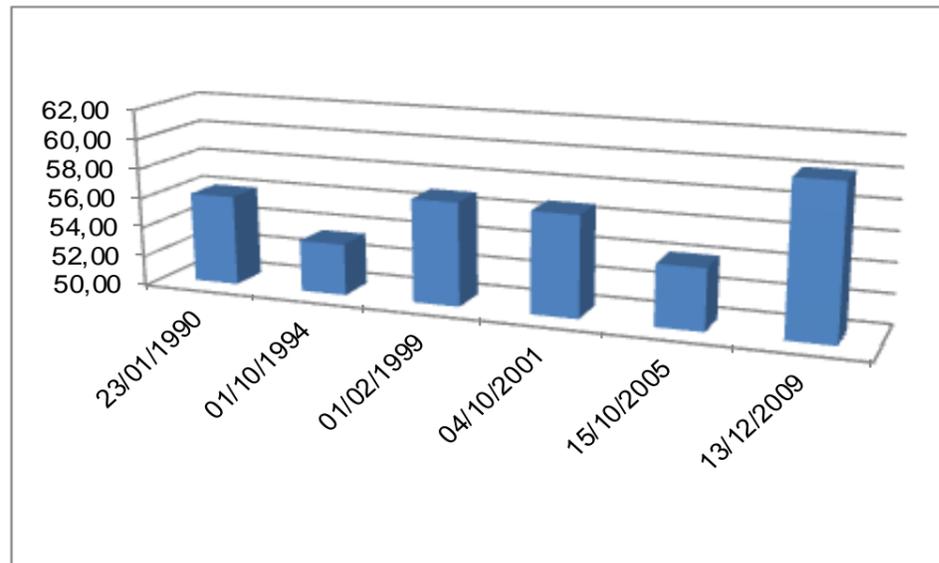
Longitude	Latitude
754516,882598	7794983,98446

### Contexto Espacial

Situado à sul do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

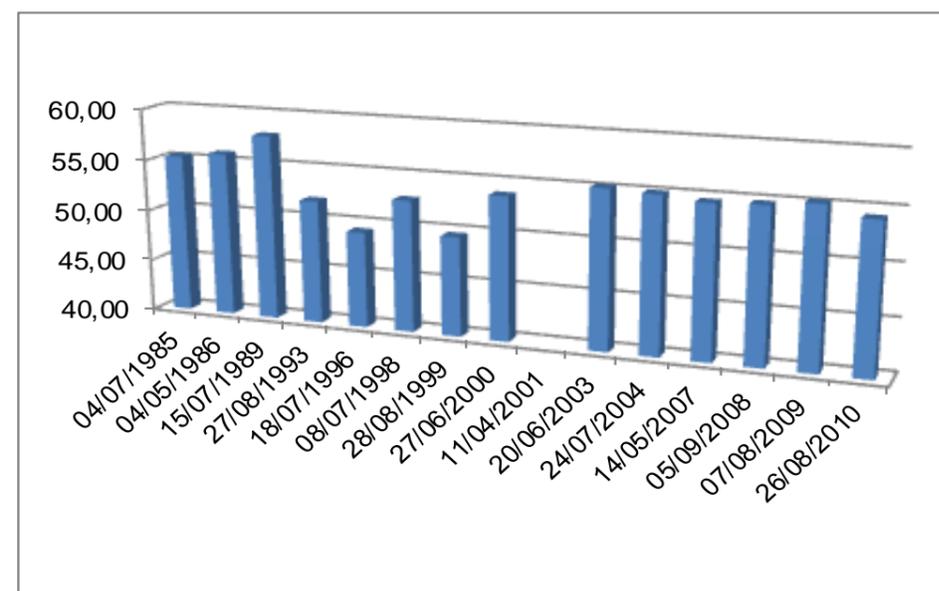
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	56,05
01/10/1994	53,46
01/02/1999	56,93
04/10/2001	56,77
15/10/2005	54,09
13/12/2009	60,10
<b>Coefficiente de Variação</b>	4,21%
<b>Área Média (Hectares)</b>	56,23
<b>Desvio Padrão</b>	2,37



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	55,33
04/05/1986	55,85
15/07/1989	57,92
27/08/1993	51,94
18/07/1996	49,26
08/07/1998	52,72
28/08/1999	49,61
27/06/2000	53,84
11/04/2001	
20/06/2003	55,26
24/07/2004	55,04
14/05/2007	54,61
05/09/2008	54,79
07/08/2009	55,28
26/08/2010	54,27
<b>Coefficiente de Variação</b>	4,41%
<b>Área Média (Hectares)</b>	53,98
<b>Desvio Padrão</b>	2,38



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	4,78%
<b>Área Média (Hectares)</b>	54,58
<b>Desvio Padrão</b>	2,61

## Lago 34

### Coordenadas UTM - WGS 84

Longitude	Latitude
766730,659540	7815542,77841

### Contexto Espacial

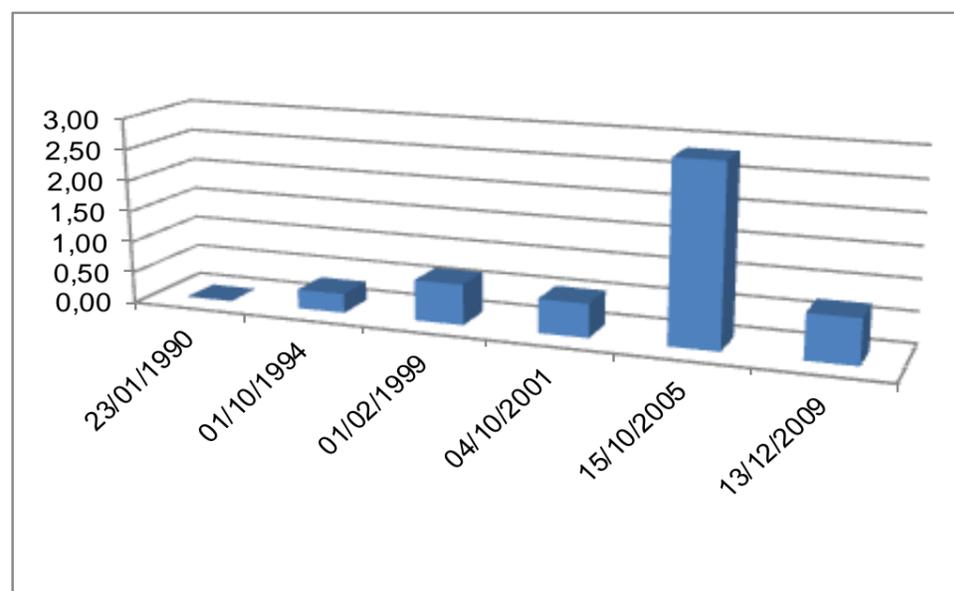
Situado à leste do Parque do Rio Doce,  
sujeito à diferentes usos do solo.

### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	0,00
01/10/1994	0,31
01/02/1999	0,65
04/10/2001	0,54
15/10/2005	2,85
13/12/2009	0,72

<b>Coefficiente de Variação</b>	120,30%
<b>Área Média (Hectares)</b>	0,85
<b>Desvio Padrão</b>	1,02

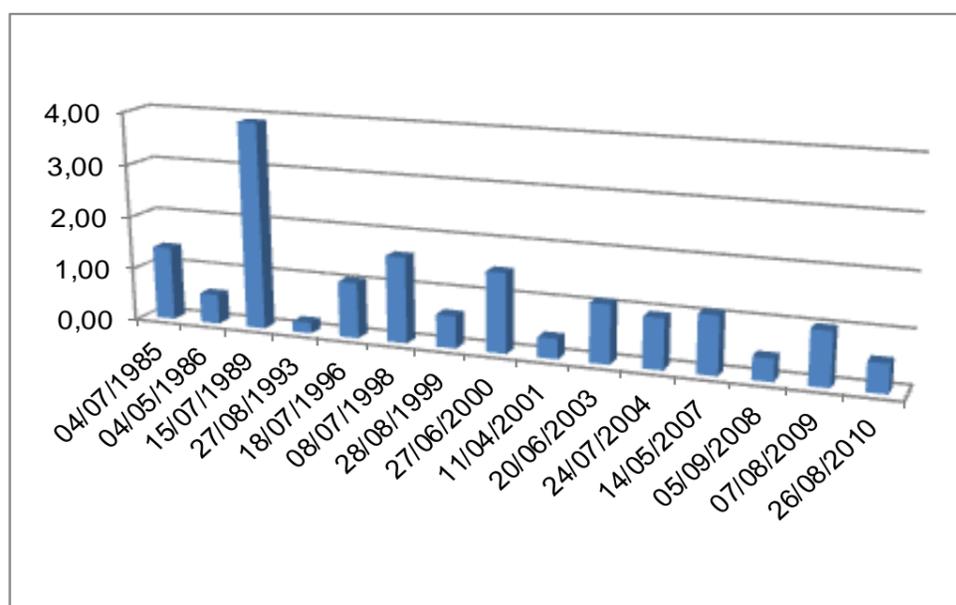


### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	1,39
04/05/1986	0,56
15/07/1989	3,90
27/08/1993	0,20
18/07/1996	1,05
08/07/1998	1,62
28/08/1999	0,61
27/06/2000	1,50
11/04/2001	0,38
20/06/2003	1,10
24/07/2004	0,95
14/05/2007	1,09
05/09/2008	0,42
07/08/2009	1,01
26/08/2010	0,54

<b>Coefficiente de Variação</b>	81,55%
<b>Área Média (Hectares)</b>	1,09
<b>Desvio Padrão</b>	0,89



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	89,18%
<b>Área Média (Hectares)</b>	1,02
<b>Desvio Padrão</b>	0,91

## Lago 35

### Coordenadas UTM - WGS 84

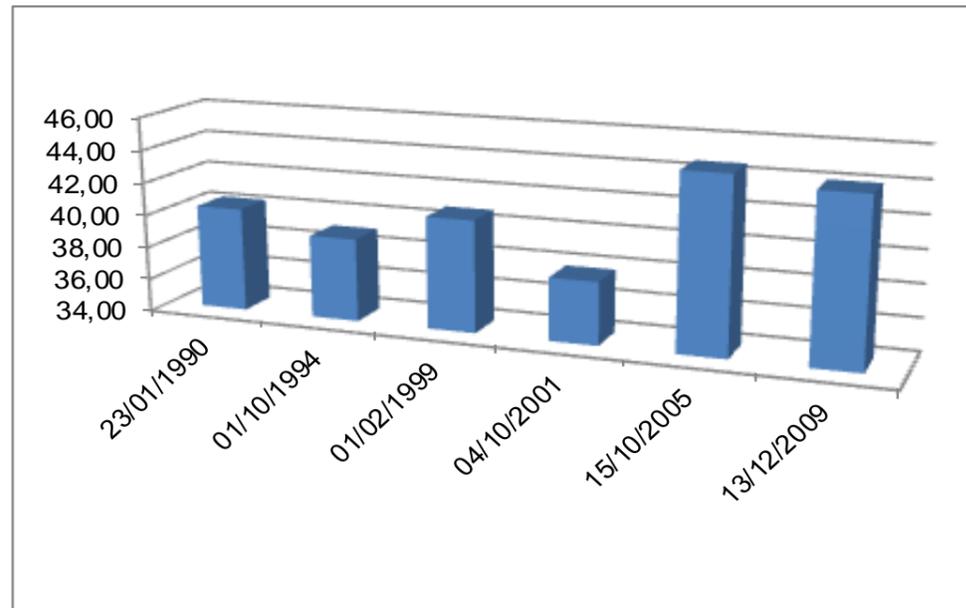
Longitude	Latitude
767218,859576	7814290,98344

### Contexto Espacial

Situado à leste do Parque do Rio Doce,  
sujeito à diferentes usos do solo.

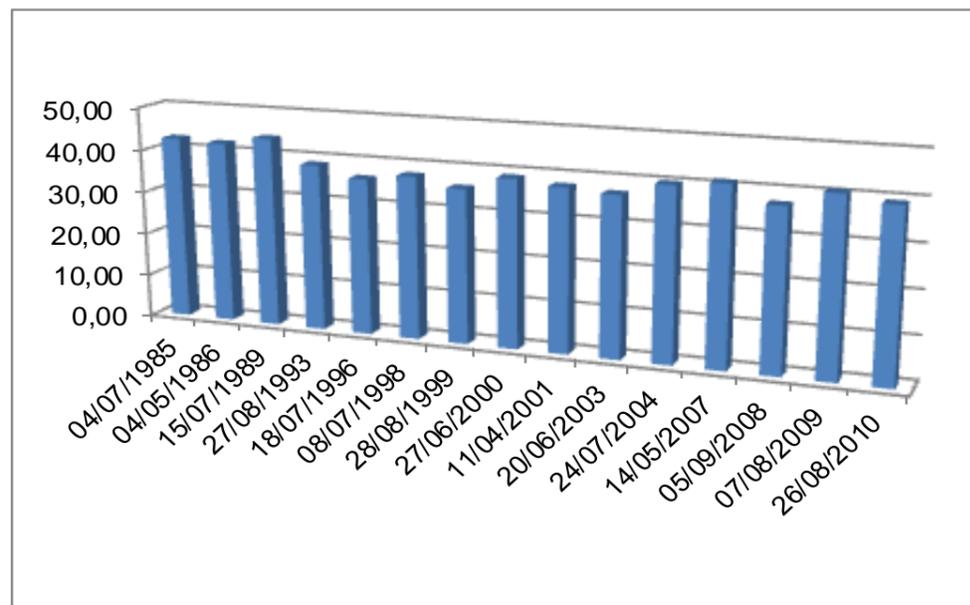
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	40,32
01/10/1994	39,06
01/02/1999	40,82
04/10/2001	37,82
15/10/2005	44,64
13/12/2009	44,06
<b>Coefficiente de Variação</b>	6,61%
<b>Área Média (Hectares)</b>	41,12
<b>Desvio Padrão</b>	2,72



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	42,66
04/05/1986	42,14
15/07/1989	44,05
27/08/1993	38,66
18/07/1996	36,25
08/07/1998	37,75
28/08/1999	35,75
27/06/2000	38,90
11/04/2001	37,80
20/06/2003	37,02
24/07/2004	40,03
14/05/2007	41,20
05/09/2008	37,30
07/08/2009	40,82
26/08/2010	39,28
<b>Coefficiente de Variação</b>	6,26%
<b>Área Média (Hectares)</b>	39,31
<b>Desvio Padrão</b>	2,46



### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,58%
<b>Área Média (Hectares)</b>	39,80
<b>Desvio Padrão</b>	2,62

## Lago 36 - Piau

### Coordenadas UTM - WGS 84

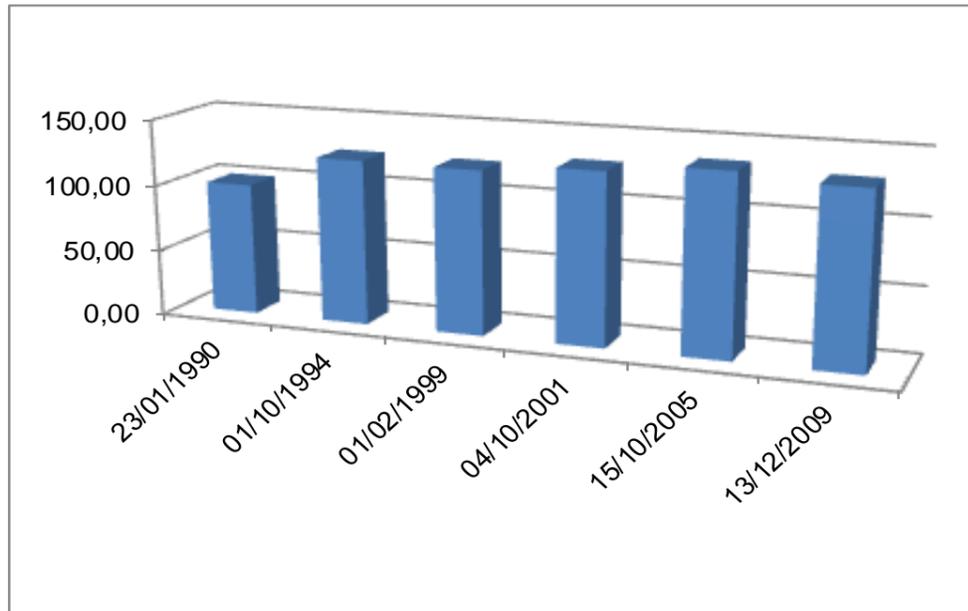
Longitude	Latitude
766361,208692	7841381,44560

### Contexto Espacial

Situado à leste do Parque do Rio Doce, sujeito à diferentes usos do solo.

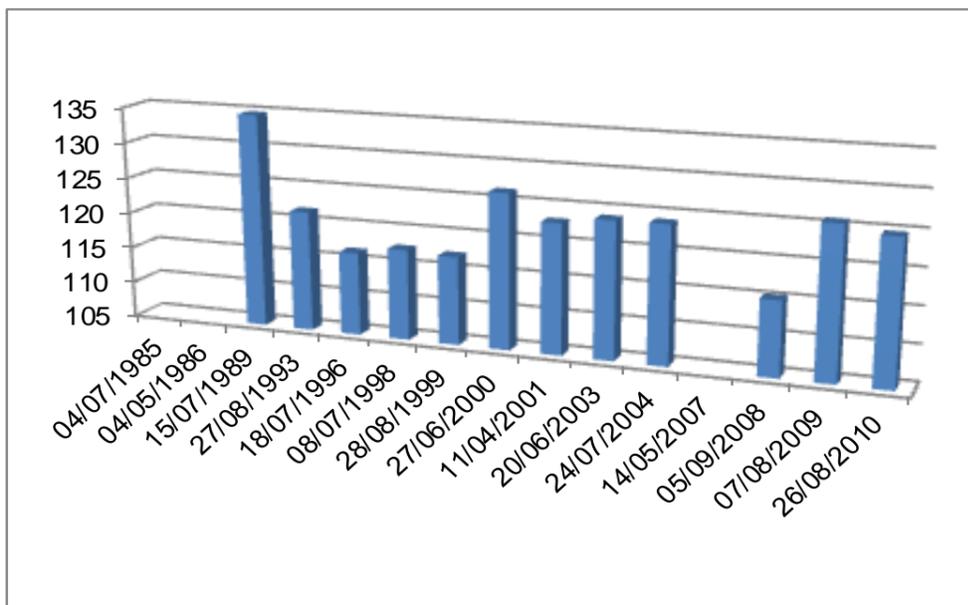
### Estação Hidrológica Úmida

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
23/01/1990	99,83
01/10/1994	124,65
01/02/1999	123,79
04/10/2001	129,58
15/10/2005	135,99
13/12/2009	130,73
<b>Coefficiente de Variação</b>	10,22%
<b>Área Média (Hectares)</b>	124,10
<b>Desvio Padrão</b>	12,69



### Estação Hidrológica Seca

Data da Imagem de Satélite	Área (hectares)
04/07/1985	
04/05/1986	
15/07/1989	134,69
27/08/1993	121,69
18/07/1996	116,53
08/07/1998	117,57
28/08/1999	117,22
27/06/2000	126,47
11/04/2001	123,01
20/06/2003	123,95
24/07/2004	124,02
14/05/2007	
05/09/2008	115,34
07/08/2009	125,82
26/08/2010	124,74
<b>Coefficiente de Variação</b>	4,43%
<b>Área Média (Hectares)</b>	122,59
<b>Desvio Padrão</b>	5,43



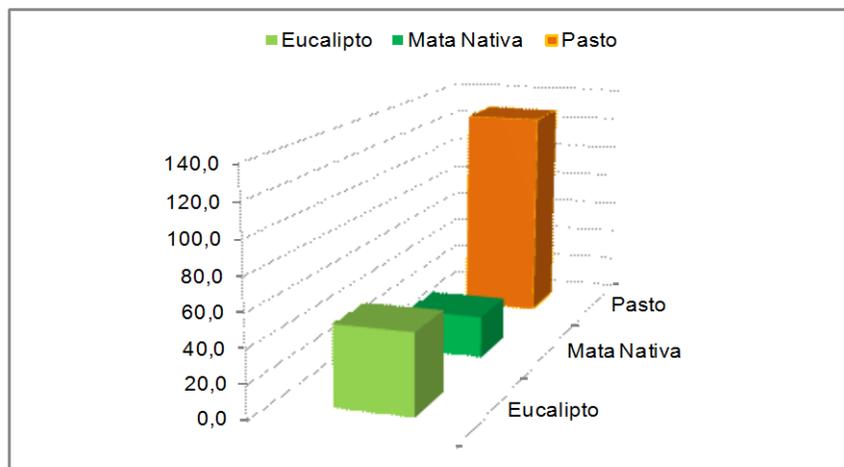
### Dados Agrupados

<b>Coefficiente de Variação</b>	6,65%
<b>Área Média (Hectares)</b>	123,01
<b>Desvio Padrão</b>	8,17

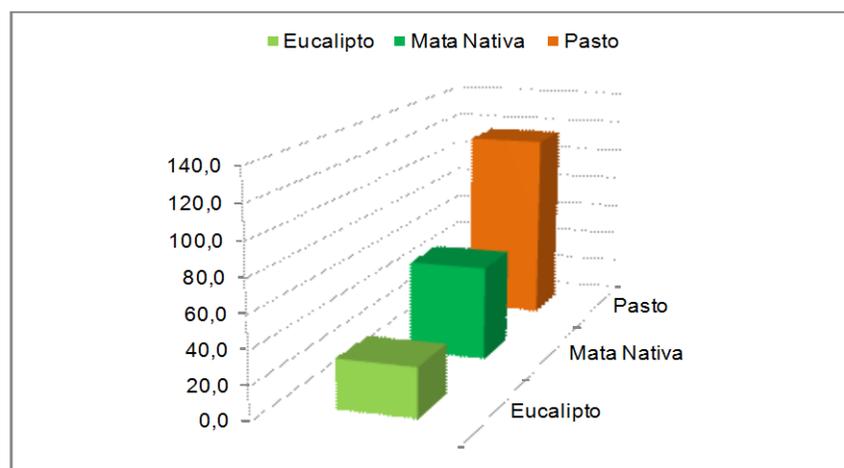
## APÊNDICE B – USOS E COBERTURAS DO SOLO - LAGOS SITUADOS FORA DOS LIMITES TERRITORIAIS DO PARQUE DO RIO DOCE

Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 01

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
<b>Eucalipto</b>	<b>48,22</b>	<b>23,80</b>
<b>Mata Nativa</b>	<b>25,28</b>	<b>12,48</b>
<b>Pasto</b>	<b>129,12</b>	<b>63,73</b>

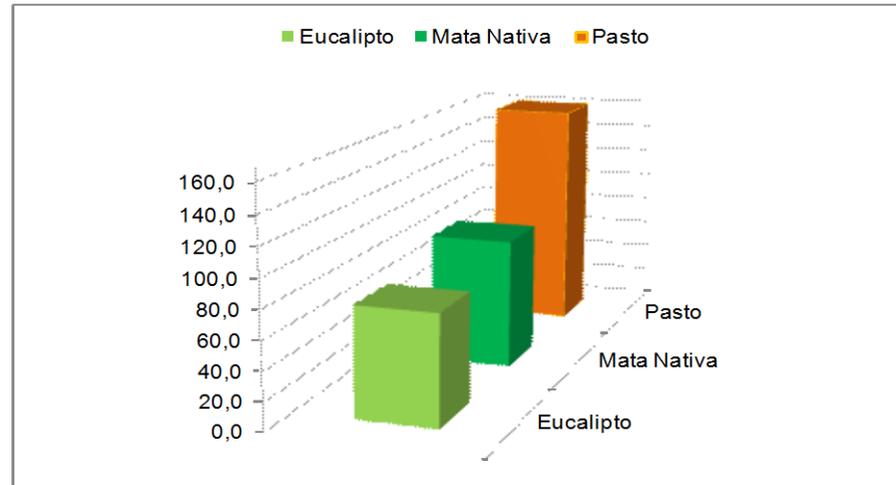


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
<b>Eucalipto</b>	<b>29,50</b>	<b>14,56</b>
<b>Mata Nativa</b>	<b>56,99</b>	<b>28,13</b>
<b>Pasto</b>	<b>116,13</b>	<b>57,31</b>

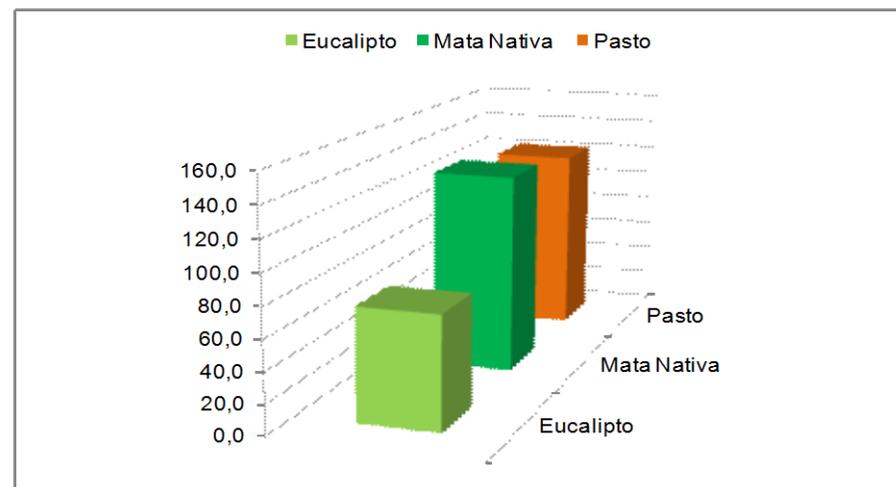


**Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 02**

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	76,49	23,24
Mata Nativa	90,83	27,59
Pasto	161,88	49,17

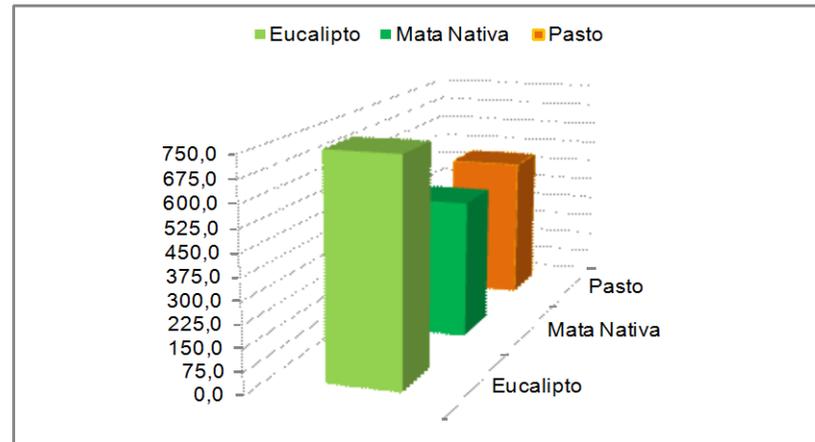


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	73,91	22,45
Mata Nativa	131,94	40,08
Pasto	123,35	37,47

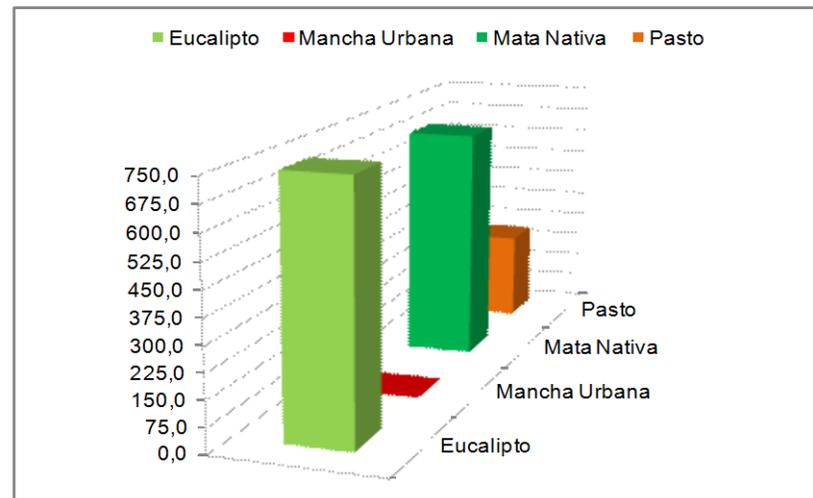


Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 03 - Aguapé

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	746,24	43,54
Mata Nativa	471,76	27,53
Pasto	495,83	28,93

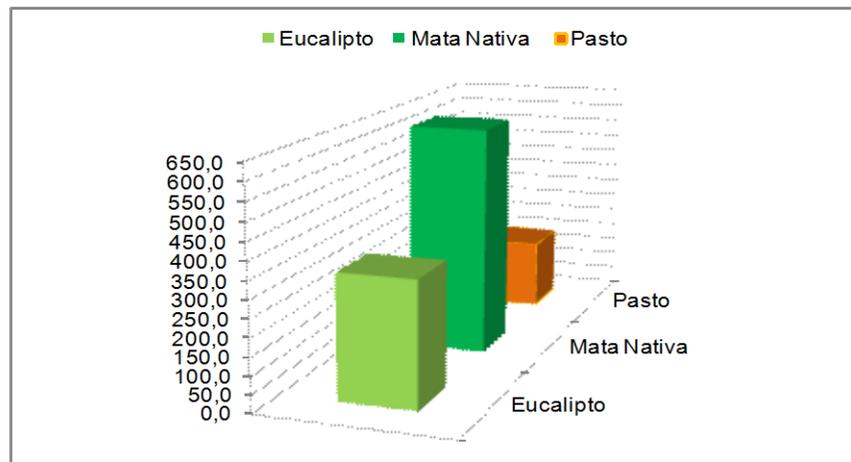


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	748,72	43,69
Mancha Urbana	0,60	0,03
Mata Nativa	697,11	40,68
Pasto	267,40	15,60

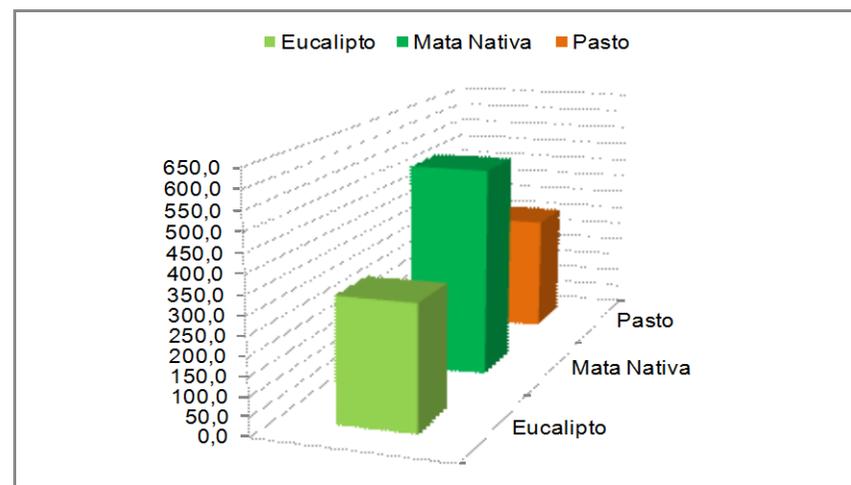


Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 04 - Nova

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	348,65	29,31
Mata Nativa	642,64	54,02
Pasto	198,30	16,67

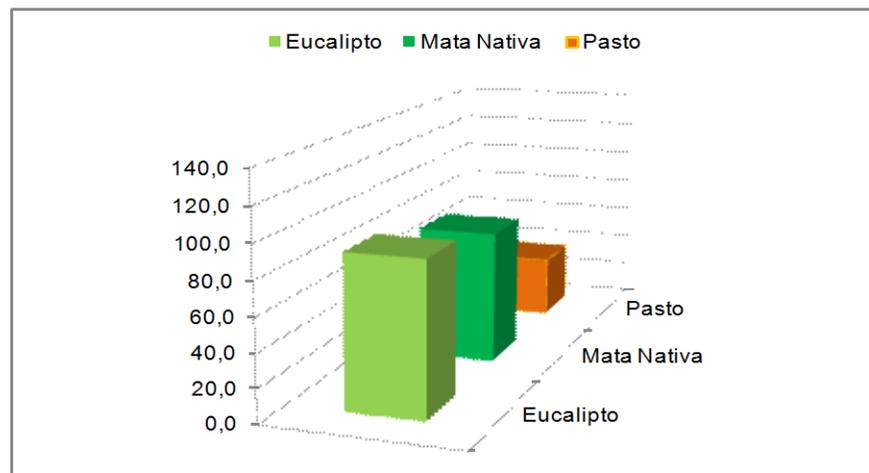


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	325,71	27,38
Mata Nativa	551,95	46,40
Pasto	311,96	26,22

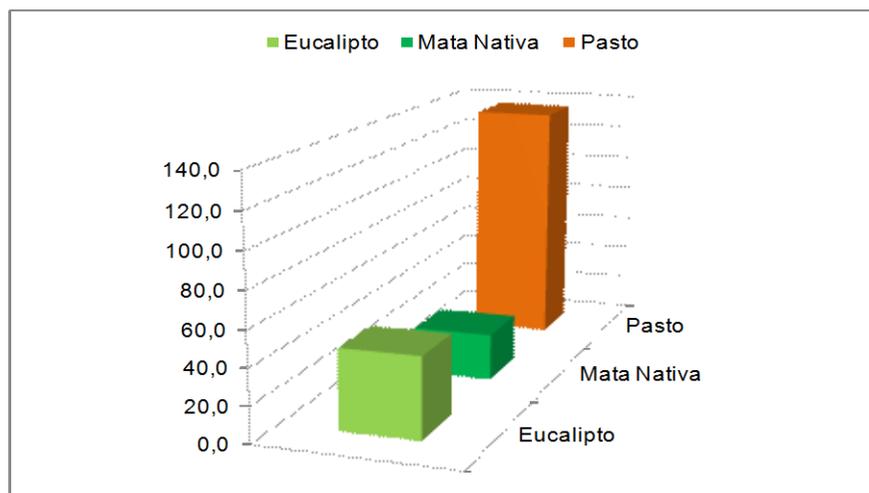


### Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 05

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	90,89	43,80
Mata Nativa	79,53	38,32
Pasto	37,11	17,88

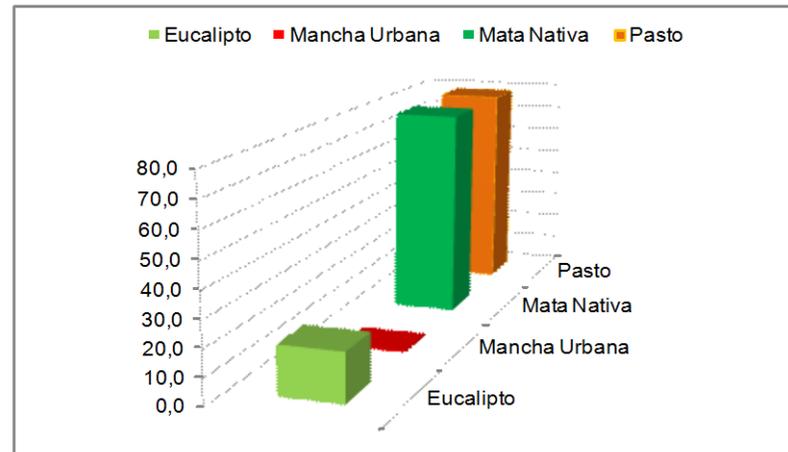


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	45,07	21,72
Mata Nativa	26,24	12,64
Pasto	136,22	65,64

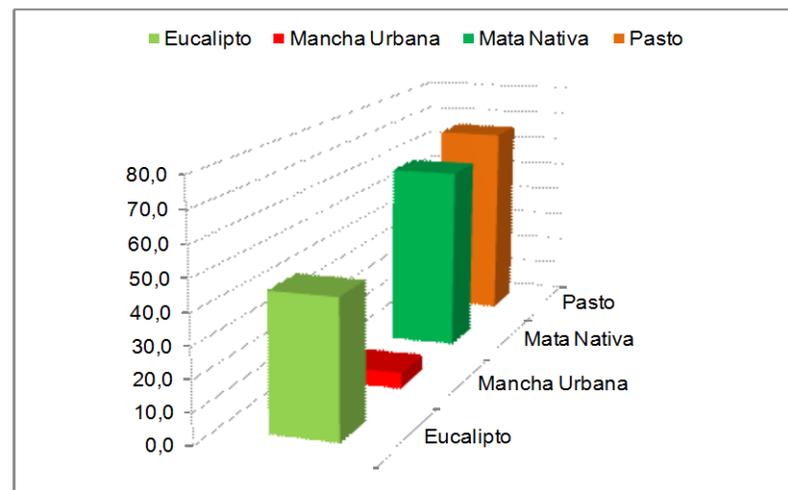


Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 06 - Verde

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	18,53	10,48
Mancha Urbana	0,48	0,27
Mata Nativa	78,90	44,64
Pasto	78,85	44,61

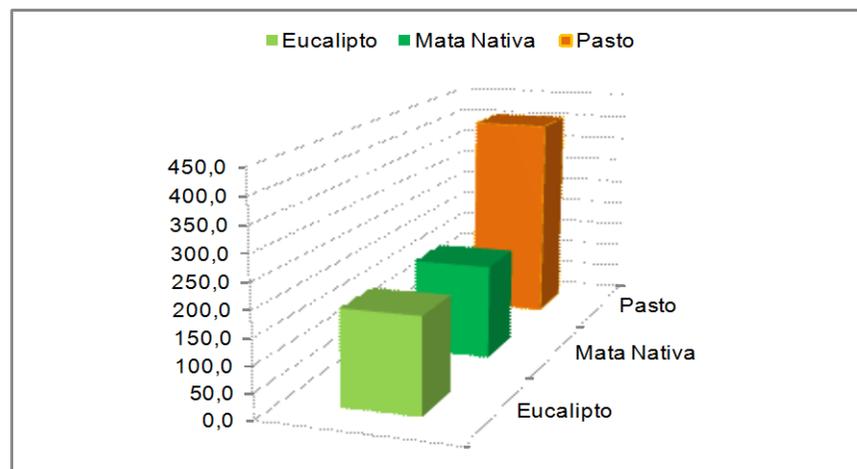


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	44,24	25,03
Mancha Urbana	5,25	2,97
Mata Nativa	61,03	34,53
Pasto	66,25	37,48

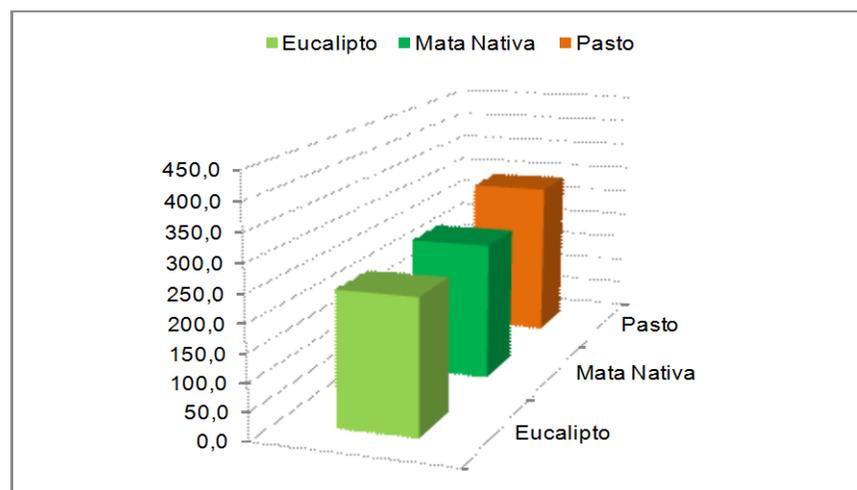


### Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 07 - Jacaré

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	185,88	23,83
Mata Nativa	185,41	23,77
Pasto	408,77	52,40



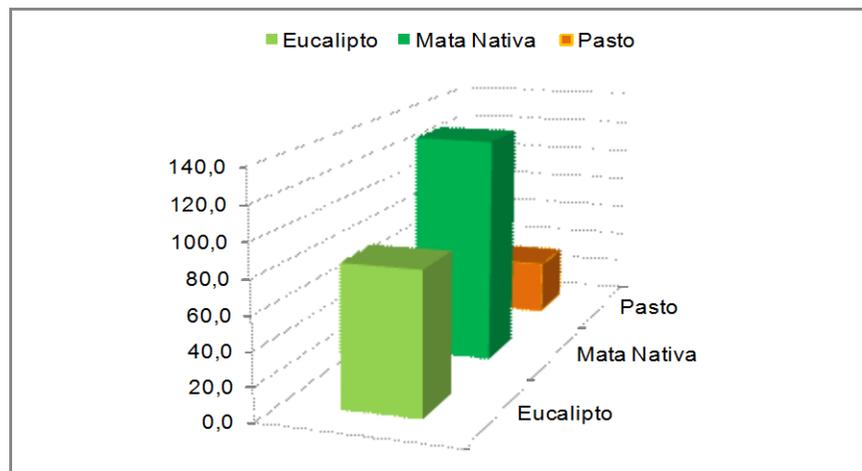
Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	241,05	30,90
Mata Nativa	249,46	31,98
Pasto	289,55	37,12



### Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 08

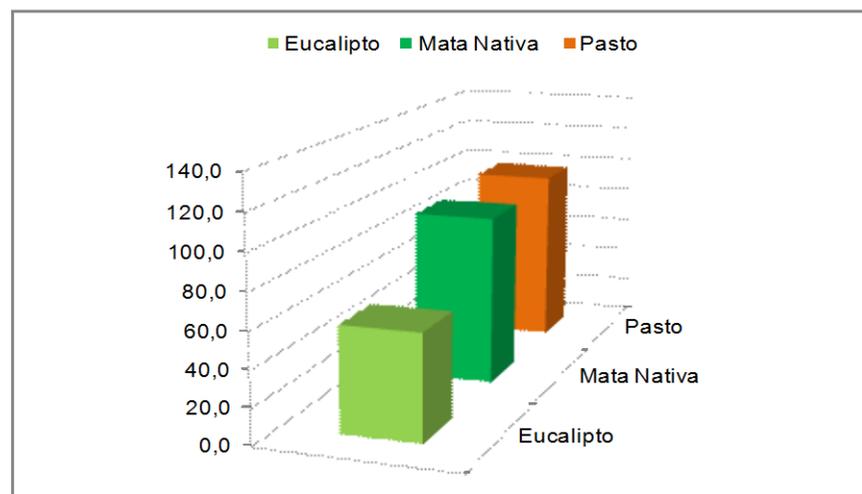
Uso e Cobertura do Solo - 1985

Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	83,86	33,43
Mata Nativa	134,12	53,46
Pasto	32,9	13,11



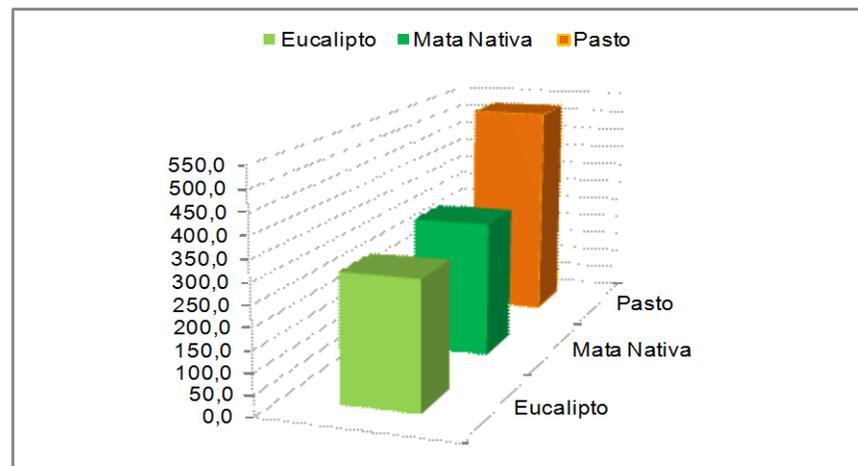
Uso e Cobertura do Solo - 2010

Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	58,45	23,30
Mata Nativa	94,29	37,58
Pasto	98,14	39,12

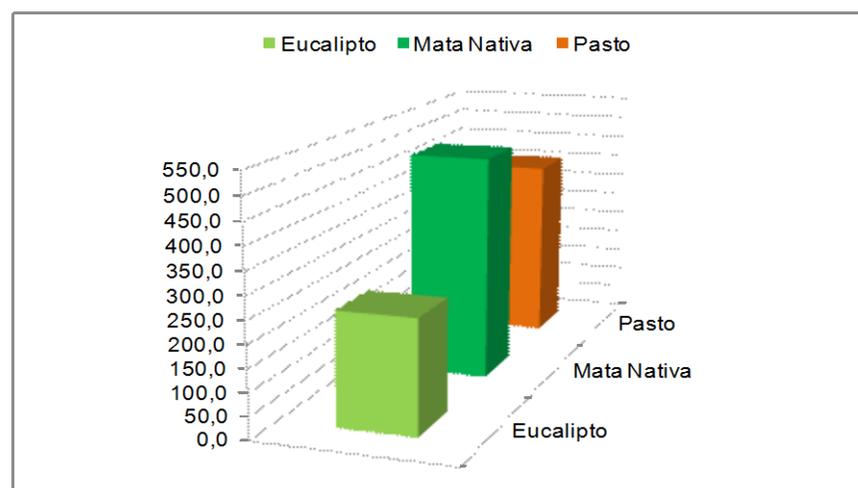


Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 09 - Lago da Barra

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	303,40	26,21
Mata Nativa	326,11	28,17
Pasto	528,06	45,62



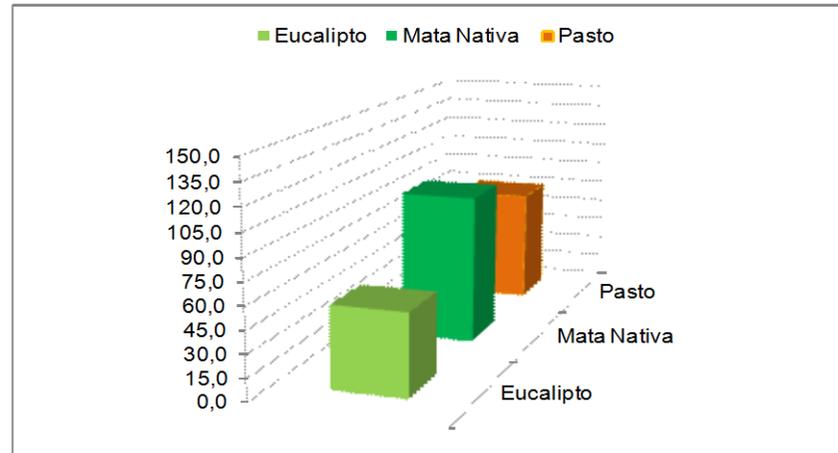
Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	251,18	21,70
Mata Nativa	499,43	43,14
Pasto	406,97	35,16



### Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 10 - Água Clara

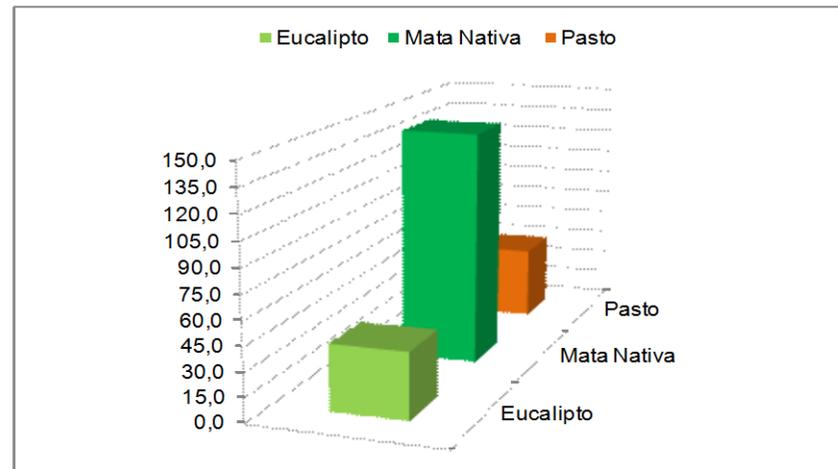
Uso e Cobertura do Solo - 1985

Classe	Área (Hectares)	Área (%)
<b>Eucalipto</b>	<b>55,03</b>	<b>23,78</b>
<b>Mata Nativa</b>	<b>99,65</b>	<b>43,06</b>
<b>Pasto</b>	<b>76,76</b>	<b>33,17</b>



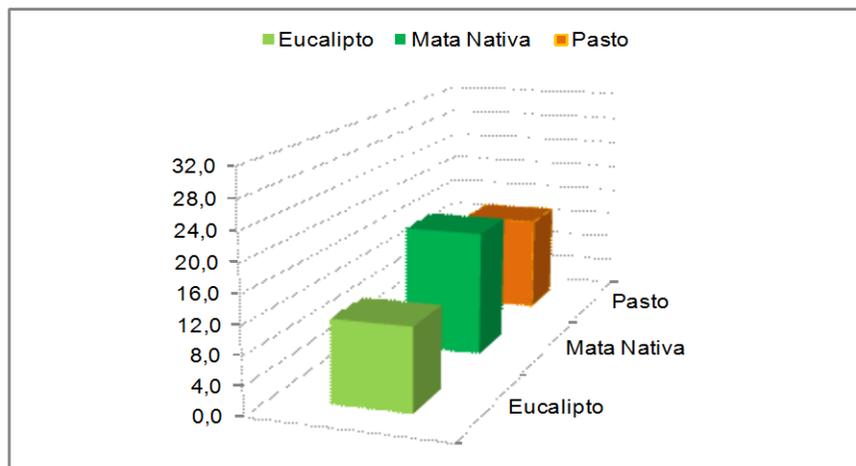
Uso e Cobertura do Solo - 2010

Classe	Área (Hectares)	Área (%)
<b>Eucalipto</b>	<b>40,92</b>	<b>17,68</b>
<b>Mata Nativa</b>	<b>145,23</b>	<b>62,75</b>
<b>Pasto</b>	<b>45,29</b>	<b>19,57</b>

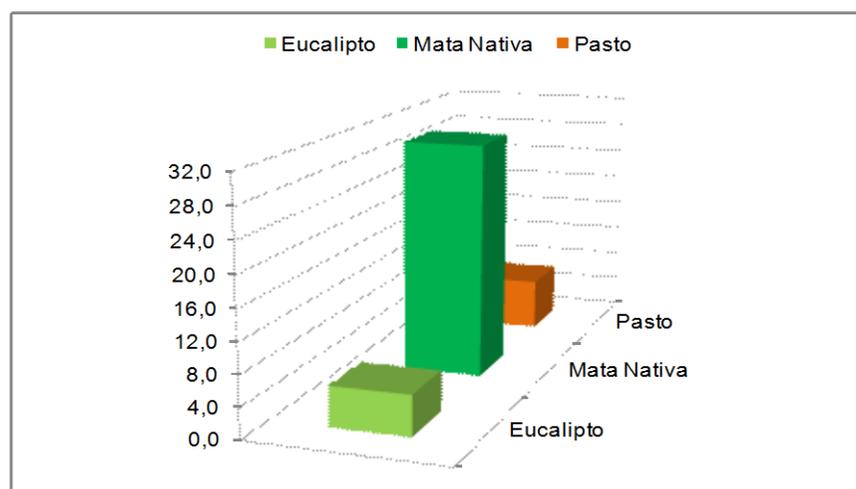


### Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 17

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	11,54	26,89
Mata Nativa	17,61	41,04
Pasto	13,76	32,07

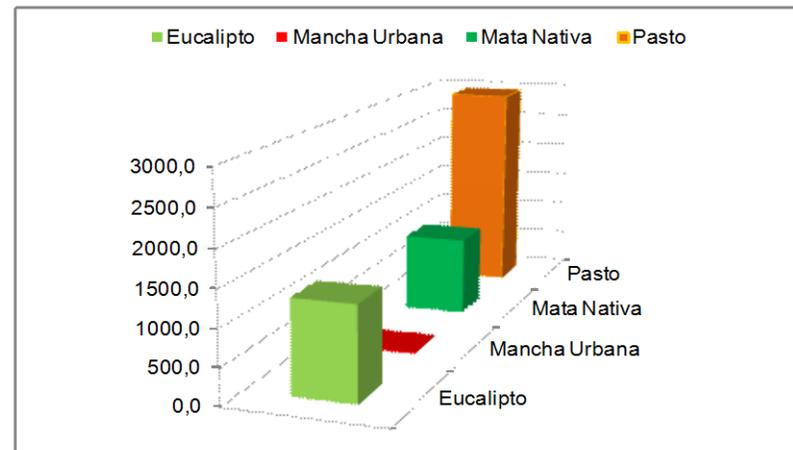


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	5,29	12,32
Mata Nativa	30,83	71,84
Pasto	6,80	15,84

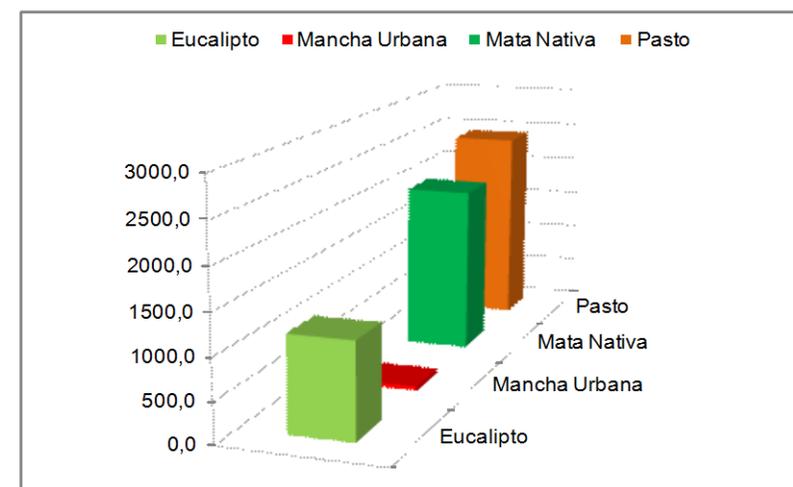


Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 31 - Silvana

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	1291,34	23,99
Mancha Urbana	20,42	0,38
Mata Nativa	1105,34	20,54
Pasto	2965,10	55,09

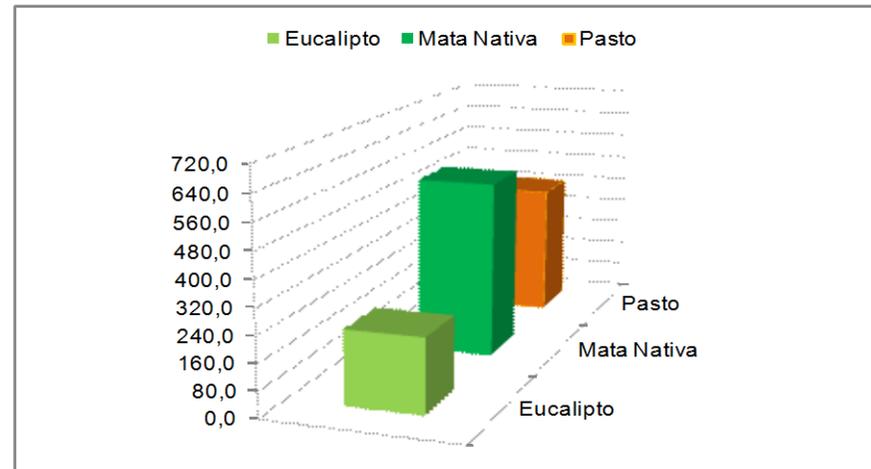


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	1169,25	20,47
Mancha Urbana	48,76	0,85
Mata Nativa	2055,73	36,00
Pasto	2437,10	42,68

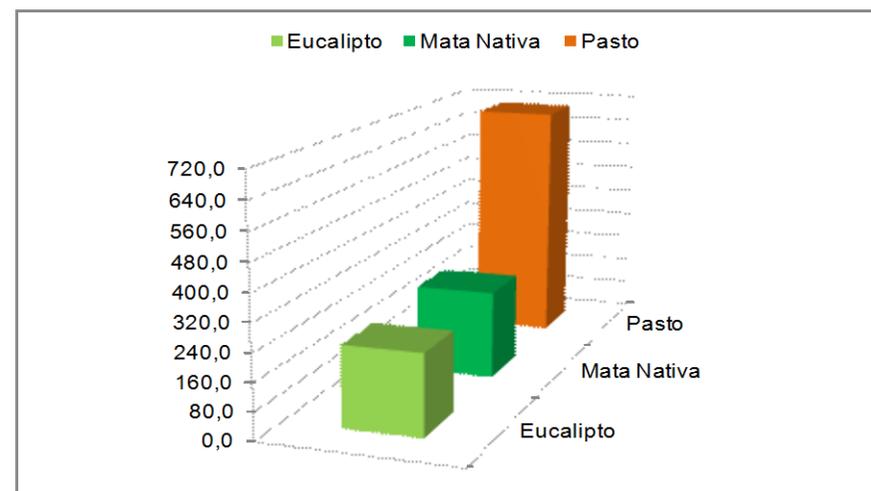


### Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 32

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	229,79	19,27
Mata Nativa	549,41	46,07
Pasto	413,36	34,66

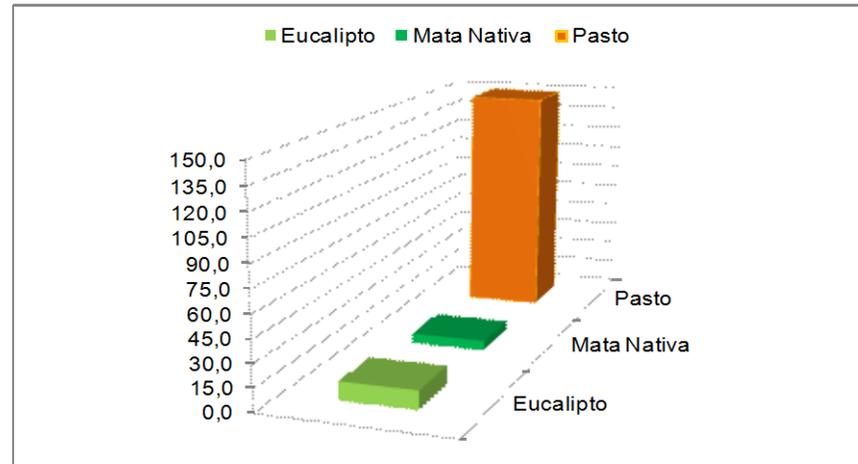


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	234,76	19,69
Mata Nativa	256,18	21,48
Pasto	701,63	58,83

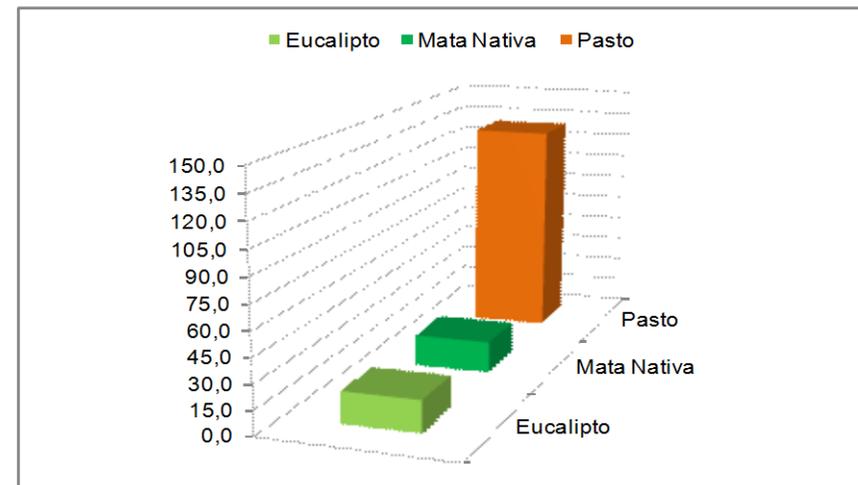


**Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 33**

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	12,28	7,24
Mata Nativa	6,59	3,89
Pasto	150,64	88,87

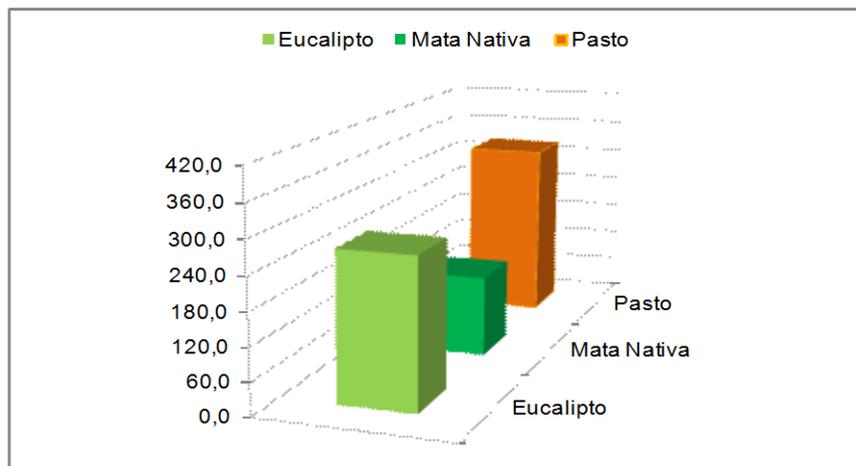


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	19,40	11,44
Mata Nativa	19,32	11,40
Pasto	130,82	77,16

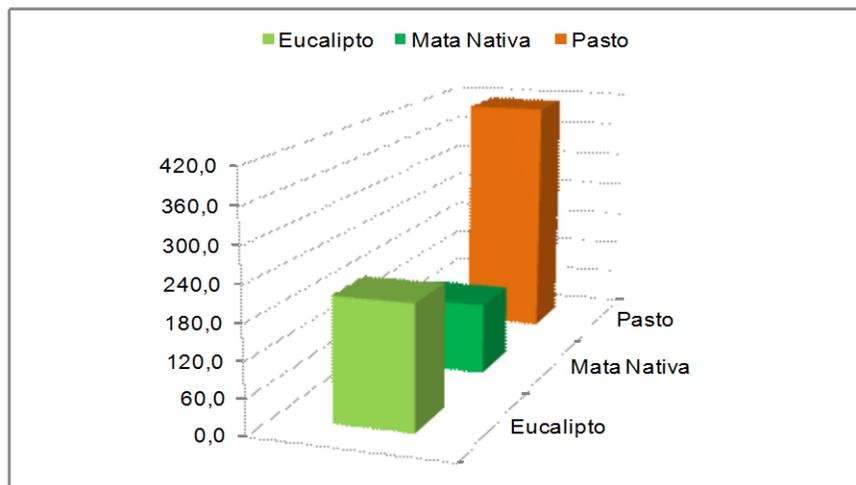


### Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 34

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	271,00	36,37
Mata Nativa	147,87	19,85
Pasto	326,16	43,78

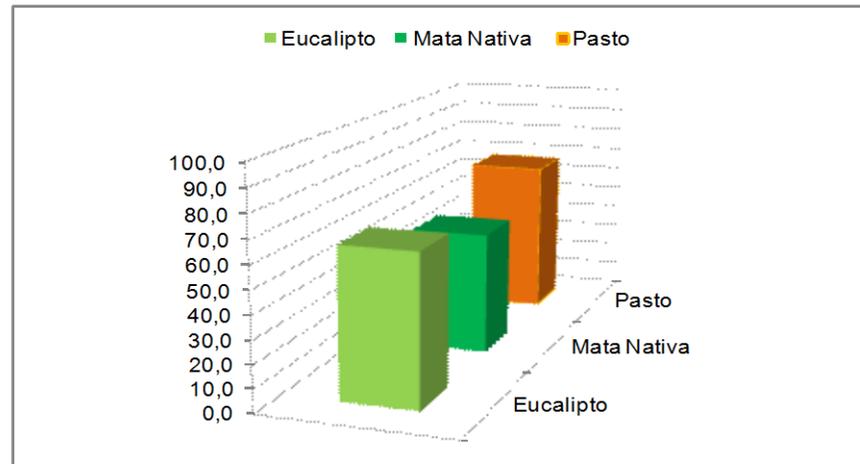


Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	208,92	28,04
Mata Nativa	121,54	16,31
Pasto	414,58	55,65

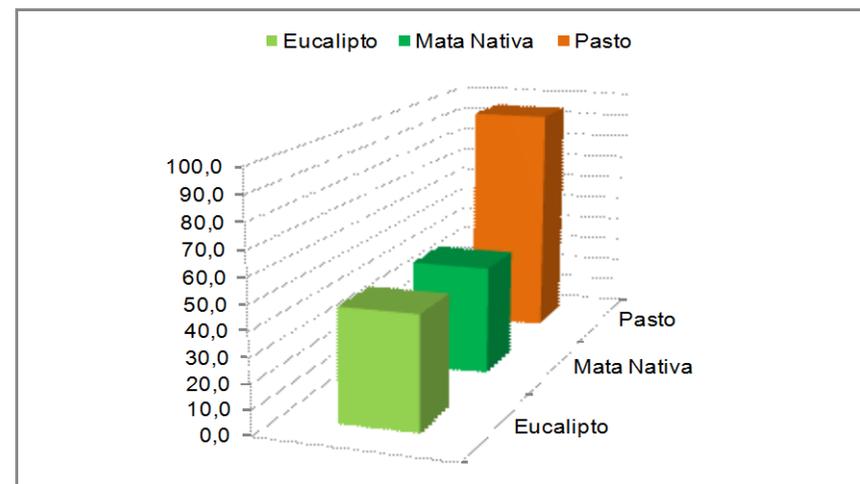


**Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 35**

Uso e Cobertura do Solo - 1985		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	64,70	34,92
Mata Nativa	52,90	28,55
Pasto	67,67	36,53



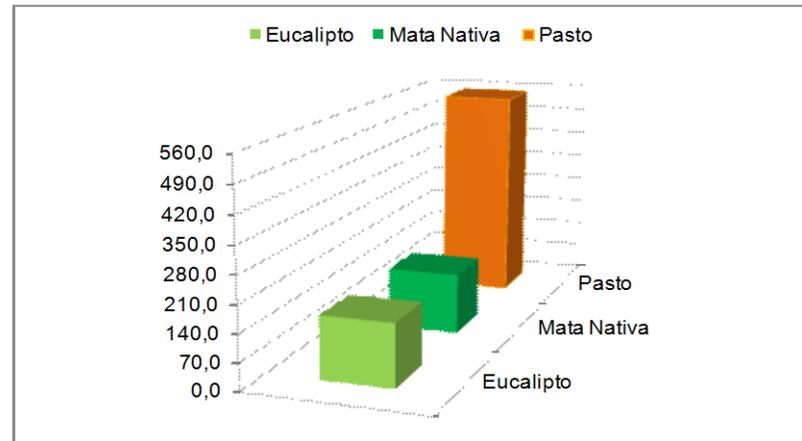
Uso e Cobertura do Solo - 2010		
Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	45,62	24,62
Mata Nativa	44,29	23,91
Pasto	95,36	51,47



Usos e Coberturas do Solo - Área de Estudo - 1985/2010 \_ Lago 36 - Piau

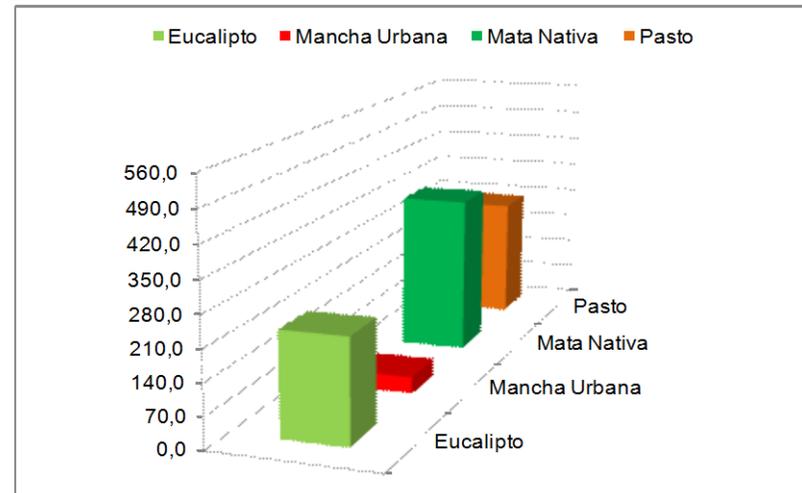
Uso e Cobertura do Solo - 1985

Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	161,28	18,48
Mata Nativa	157,39	18,03
Pasto	554,17	63,49



Uso e Cobertura do Solo - 2010

Classe	Área (Hectares)	Área (%)
Eucalipto	231,88	25,72
Mancha Urbana	36,45	4,04
Mata Nativa	356,83	39,59
Pasto	276,23	30,64



**APÊNDICE C – VALORES DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA EM DIFERENTES MOMENTOS TEMPORAIS PARA TODAS AS BACIAS DE DRENAGEM DOS LAGOS ANALISADOS**

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 01</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	13,84	38,15	1722,38
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	22,05	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	71,15	335,00	508,13	-
27/08/1993	17,24	18,99	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	958,10
08/07/1998	3,13	4,90	41,46	118,83	1262,87
01/02/1999	61,03	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	11,44	1159,39
27/06/2000	0,00	2,45	14,97	50,41	1307,81
11/04/2001	9,16	43,83	117,30	188,86	1009,14
04/10/2001	39,32	60,53	81,29	88,44	1024,47
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	68,91	1319,61
24/07/2004	29,49	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	76,63	91,22	114,87	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	178,05	1329,45
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,76	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	180,74	224,01	446,35	566,93	1677,72
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	16,97	1135,74

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 02</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,44	58,30	1788,97
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,00	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	13,57	15,87	19,21	86,88	1351,14
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	977,46
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	11,44	1122,90
27/06/2000	0,00	2,45	14,97	50,41	1307,81
11/04/2001	10,89	34,74	109,05	177,98	1009,14
04/10/2001	43,39	62,43	81,29	88,44	1025,93
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	68,91	1336,17
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	76,63	87,03	114,87	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	178,05	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	1,39	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	174,73	224,01	426,94	546,70	1673,90
26/08/2010	1,20	1,38	3,88	16,97	1086,74

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 03 - Aguapé</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	17,22	56,06	1770,21
04/05/1986	4,28	25,08	68,89	189,80	886,15
15/07/1989	9,32	22,56	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	69,07	335,00	508,13	-
27/08/1993	14,12	15,87	19,21	86,88	1360,22
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	958,10
08/07/1998	3,13	4,90	42,67	118,83	1262,87
01/02/1999	57,45	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	11,44	1122,90
27/06/2000	0,00	2,45	18,80	50,41	1307,81
11/04/2001	10,89	42,88	116,28	184,46	1011,58
04/10/2001	43,59	66,52	81,29	88,44	1041,01
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	68,91	1336,17
24/07/2004	28,62	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	78,72	100,10	114,87	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	177,80	1317,06
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	1,37	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	180,06	224,01	426,94	546,70	1677,72
26/08/2010	1,20	1,38	3,94	16,97	1096,95

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 04 - Nova</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	21,42	71,77	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,50	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	56,05	335,00	490,39	-
27/08/1993	11,73	12,74	16,70	86,88	1345,93
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1014,29
08/07/1998	3,13	4,90	45,34	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	112,95	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	10,41	1105,42
27/06/2000	0,00	2,69	14,85	50,41	1307,81
11/04/2001	10,89	33,43	101,76	172,71	991,75
04/10/2001	40,38	60,53	76,97	83,29	1024,47
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1336,17
24/07/2004	30,76	31,82	58,75	107,26	1469,56
15/10/2005	1,12	74,63	85,85	113,57	1759,47
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	178,40	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	1,42	25,84	30,53	1488,59
13/12/2009	174,73	224,01	407,53	521,02	1592,16
26/08/2010	1,20	1,38	3,82	13,83	1015,06

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 05</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	25,37	78,45	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,67	192,05	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	470,11	-
27/08/1993	12,27	12,74	15,65	86,88	1318,35
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1014,29
08/07/1998	3,13	4,90	46,98	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	112,95	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1077,00
27/06/2000	0,00	2,80	12,80	50,41	1307,81
11/04/2001	10,89	33,43	94,02	153,81	956,21
04/10/2001	39,32	60,53	75,14	83,29	1018,31
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	54,67	1336,17
24/07/2004	31,29	31,82	68,73	107,26	1469,56
15/10/2005	0,64	64,27	87,03	106,47	1731,28
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,62	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	1,42	25,84	30,53	1470,40
13/12/2009	169,15	224,01	407,53	506,25	1563,61
26/08/2010	1,20	1,38	3,82	12,66	988,97

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 06 - Verde</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	16,92	58,30	1768,57
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,00	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	14,87	15,87	19,21	86,88	1358,46
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1011,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	10,99	1122,90
27/06/2000	0,00	2,45	14,97	50,41	1307,81
11/04/2001	10,80	33,43	109,05	177,98	1009,14
04/10/2001	40,77	60,53	81,29	88,44	1024,47
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	68,91	1336,17
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	76,63	87,03	114,87	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	178,05	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,87	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	174,73	224,01	407,53	546,70	1677,72
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	14,87	1086,74

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 07 - Jacaré</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	16,53	51,06	1768,57
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,00	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	17,24	17,62	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1014,29
08/07/1998	3,13	4,90	43,85	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1147,18
27/06/2000	0,00	2,44	14,97	49,65	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	117,24	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	60,53	79,51	88,44	1024,47
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	68,91	1325,27
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,29	76,63	87,03	102,87	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	178,31	1329,45
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,60	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	180,74	224,01	445,81	566,93	1687,89
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1031,26

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 08</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,12	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	492,07	-
27/08/1993	11,73	12,74	16,70	86,88	1351,14
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1014,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,48	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	112,95	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,40	1122,90
27/06/2000	0,00	2,45	14,73	50,41	1307,81
11/04/2001	10,89	33,43	103,17	177,98	1006,06
04/10/2001	39,32	60,53	75,14	83,29	1024,47
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1336,17
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	72,57	85,98	107,31	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	178,93	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	1,28	25,84	30,53	1489,44
13/12/2009	174,73	224,01	407,53	546,70	1563,61
26/08/2010	1,20	1,38	3,84	12,66	1037,73

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 09 - Lago da Barra</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	17,29	68,37	1775,36
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,00	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	15,29	16,01	19,21	86,88	1391,05
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1014,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1128,35
27/06/2000	0,00	2,45	14,92	49,83	1307,81
11/04/2001	10,84	33,43	109,95	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	60,53	75,29	87,25	1018,15
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	63,23	1335,00
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	75,94	87,03	95,79	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,28	1304,65
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,62	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	177,85	224,01	432,48	559,51	1684,22
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1079,25

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 10 - Água Clara</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,00	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	503,69	-
27/08/1993	13,57	18,98	20,26	86,88	1351,14
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1014,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	129,55	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1122,90
27/06/2000	0,00	2,45	14,97	50,41	1307,81
11/04/2001	10,89	33,43	108,39	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	60,53	75,14	83,29	1024,47
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1336,17
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	76,63	87,03	105,11	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	178,90	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,83	25,84	30,53	1489,44
13/12/2009	174,73	224,01	422,05	539,61	1620,66
26/08/2010	1,20	1,38	4,09	12,66	1037,73

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 11**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,57	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,61	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,41	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	506,52	-
27/08/1993	15,41	15,87	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,04	0,17	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	45,41	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1158,58
27/06/2000	0,00	2,06	12,60	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	1002,26
04/10/2001	39,17	53,66	75,14	83,29	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1331,18
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	3,39	64,27	70,31	94,42	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,62	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1536,22
13/12/2009	177,79	224,01	434,97	559,00	1665,31
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1083,44

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 12**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	16,53	58,30	1783,92
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,00	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	17,24	18,99	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1168,26
27/06/2000	0,00	2,06	12,60	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	58,54	75,14	88,44	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1305,54
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	64,27	87,03	94,42	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,62	1329,45
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	32,96	1435,23
13/12/2009	180,74	224,01	446,35	580,82	1734,77
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	8,17	1129,62

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 13**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	502,06	-
27/08/1993	15,41	15,87	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,05	0,17	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	46,98	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1148,56
27/06/2000	0,00	2,06	12,60	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	966,90
04/10/2001	35,58	53,66	75,14	83,29	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1336,17
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,33	64,27	70,31	94,42	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,75	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1489,44
13/12/2009	174,73	224,01	426,94	546,70	1623,43
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1073,37

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 14**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	77,27	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	50,79	335,00	485,11	-
27/08/1993	13,57	13,98	16,70	86,88	1351,14
01/10/1994	0,00	0,00	0,08	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	46,98	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	127,81	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1122,90
27/06/2000	0,00	2,40	12,60	47,34	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	100,26	153,81	956,21
04/10/2001	36,50	53,66	75,14	83,29	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	52,63	1336,17
24/07/2004	31,48	31,82	61,42	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	64,27	70,31	94,42	1731,28
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,64	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,76	25,84	30,53	1483,84
13/12/2009	174,73	224,01	416,63	530,98	1589,76
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1026,27

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 15**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	78,45	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	489,12	
27/08/1993	13,57	15,73	17,64	86,88	1351,14
01/10/1994	0,00	0,13	0,17	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1103,41
08/07/1998	3,13	4,90	46,98	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	8,49	1122,90
27/06/2000	0,00	2,06	9,97	46,43	1318,92
11/04/2001	9,16	33,43	100,80	153,81	956,21
04/10/2001	35,05	53,66	75,14	83,29	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	52,63	1336,17
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,81	64,27	70,31	94,42	1731,28
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	181,18	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,76	25,84	30,53	1489,44
13/12/2009	174,73	224,01	426,94	542,98	1596,41
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,82	1037,73

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 16 - Santa Helena**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	77,73	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	478,52	-
27/08/1993	11,73	12,74	16,70	86,88	1351,14
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	46,98	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	112,95	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1122,90
27/06/2000	0,00	2,45	12,60	50,41	1307,81
11/04/2001	10,39	33,43	99,37	153,81	956,21
04/10/2001	39,32	53,66	75,14	83,29	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	52,63	1336,17
24/07/2004	31,48	31,82	65,35	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	64,27	70,31	94,42	1731,28
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,62	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,76	25,84	30,53	1478,62
13/12/2009	174,73	224,01	407,53	526,48	1569,85
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1001,85

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 17**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,00	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	489,12	-
27/08/1993	13,57	15,87	16,70	86,88	1351,14
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1014,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	132,74	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1122,90
27/06/2000	0,00	2,45	14,58	50,41	1307,81
11/04/2001	10,89	33,43	104,37	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	60,53	75,14	83,29	1024,47
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1336,17
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,14	65,87	87,03	94,42	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	178,05	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,76	25,84	30,53	1489,44
13/12/2009	174,73	224,01	424,25	536,00	1620,66
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1037,73

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 18**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	78,45	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	84,62	335,00	508,13	-
27/08/1993	20,92	21,70	23,31	86,88	1443,19
01/10/1994	0,00	0,27	0,34	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1160,96
08/07/1998	3,13	4,90	44,30	99,73	1262,87
01/02/1999	62,06	157,04	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	6,90	1208,07
27/06/2000	0,00	1,28	9,89	46,43	1307,81
11/04/2001	7,40	29,63	125,23	177,98	1009,14
04/10/2001	33,16	46,79	75,14	88,44	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1305,54
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	6,68	51,91	53,59	73,98	1761,72
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	181,18	1336,11
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,73	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	187,63	224,01	467,19	587,16	1677,72
26/08/2010	1,20	1,38	4,80	16,97	1184,74

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 19**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,49	72,83	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	25,99	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	70,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	18,91	19,09	21,32	86,88	1425,03
01/10/1994	0,00	0,13	0,26	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1174,31
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	106,60	1262,87
01/02/1999	62,06	156,65	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	7,87	1181,52
27/06/2000	0,00	1,67	9,97	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	117,30	177,98	1009,14
04/10/2001	35,05	53,43	75,14	88,44	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1305,54
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	5,17	62,31	70,31	81,47	1761,67
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	181,18	1329,45
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1535,10
13/12/2009	184,85	224,01	461,59	571,13	1668,93
26/08/2010	1,20	1,38	4,48	16,97	1135,74

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 20**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	16,54	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	194,37	869,22
15/07/1989	9,32	24,00	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	17,24	18,15	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,09	0,15	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1168,26
27/06/2000	0,00	2,06	12,60	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	53,66	75,14	83,55	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1305,54
24/07/2004	30,89	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	3,65	64,27	70,31	94,42	1761,67
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,62	1327,11
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	180,84	224,01	446,35	566,93	1677,72
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1086,74

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 21 - Dom Helvécio</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	17,40	62,90	1787,45
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	885,00
15/07/1989	9,32	24,01	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	15,41	16,63	19,21	86,88	1397,08
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1033,04
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1149,09
27/06/2000	0,00	2,29	13,08	46,93	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,89	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	58,70	75,14	85,83	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,81	1324,64
24/07/2004	30,76	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,64	67,66	81,06	94,42	1761,67
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,62	1310,27
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,61	25,84	31,15	1568,39
13/12/2009	178,45	224,01	438,37	565,44	1702,70
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	10,00	1062,04

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 22</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	69,28	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	17,24	18,60	19,68	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,13	0,17	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1126,38
08/07/1998	3,13	4,90	44,43	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	139,66	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1168,26
27/06/2000	0,00	2,05	9,97	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	1008,34
04/10/2001	35,05	53,66	75,14	83,29	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1309,82
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	3,65	64,27	70,31	94,42	1761,67
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	181,18	1329,45
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1489,44
13/12/2009	180,84	224,01	446,35	566,93	1632,77
26/08/2010	1,20	1,38	4,48	16,97	1086,74

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 23 - Bonita</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	17,98	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	192,05	881,55
15/07/1989	9,32	24,22	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	15,41	16,21	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1154,63
27/06/2000	0,00	2,10	12,60	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	53,66	75,14	83,49	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1324,04
24/07/2004	30,77	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	2,96	64,27	70,31	94,42	1761,67
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,62	1304,16
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	178,14	224,01	437,14	564,91	1678,84
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,06	1086,74

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 24 - Patos</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	78,45	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	465,13	-
27/08/1993	11,73	12,74	14,58	86,88	1351,14
01/10/1994	0,00	0,00	0,00	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	46,98	118,83	1262,87
01/02/1999	62,52	112,95	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1116,57
27/06/2000	0,00	2,45	12,60	50,41	1307,81
11/04/2001	10,73	33,43	92,56	153,81	949,39
04/10/2001	38,09	53,66	74,04	78,71	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	52,63	1336,17
24/07/2004	31,48	31,82	68,73	107,26	1462,10
15/10/2005	1,84	64,27	70,31	94,42	1731,28
14/05/2007	0,00	32,66	110,44	179,67	1291,40
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,80	25,84	30,53	1468,71
13/12/2009	170,01	224,01	407,53	512,63	1546,51
26/08/2010	1,20	1,38	3,98	12,58	988,97

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 25 - Anibal</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,62	79,23	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,60	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	47,78	335,00	469,34	-
27/08/1993	11,73	13,01	15,25	86,88	1344,75
01/10/1994	0,00	0,02	0,16	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	46,98	118,83	1262,87
01/02/1999	64,44	119,31	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,10	1113,96
27/06/2000	0,00	2,34	10,15	49,06	1317,17
11/04/2001	9,73	33,43	94,76	152,13	940,58
04/10/2001	35,05	53,66	71,80	80,21	992,11
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	52,13	1336,17
24/07/2004	31,48	31,82	66,57	107,26	1454,29
15/10/2005	0,75	64,27	68,79	94,42	1731,28
14/05/2007	0,00	32,66	111,23	181,11	1285,83
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,76	25,84	30,53	1463,52
13/12/2009	172,24	224,01	409,82	519,11	1544,36
26/08/2010	1,20	1,38	4,13	12,30	990,93

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 26</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	19,63	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,74	194,41	861,77
15/07/1989	9,32	25,32	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	13,57	15,87	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,00	0,04	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,30	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1164,29
27/06/2000	0,00	2,06	12,60	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	1009,14
04/10/2001	39,32	53,66	75,14	83,29	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1335,76
24/07/2004	31,11	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	3,34	64,27	70,31	94,42	1761,67
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,62	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	177,72	224,01	434,62	566,93	1677,72
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1086,74

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 27**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0	0	20,62	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,57	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	13,57	15,87	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,13	0,17	13,14	1310,07
18/07/1996	0	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	46,71	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1168,26
27/06/2000	0,00	2,06	12,60	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	999,16
04/10/2001	35,32	53,66	75,14	83,29	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1336,17
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	3,65	64,27	70,31	94,42	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	180,23	1293,44
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1502,12
13/12/2009	179,61	224,01	435,54	556,60	1645,70
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1086,74

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 28**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	19,73	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,58	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	26,08	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	15,87	16,70	19,21	86,88	1397,90
01/10/1994	0,00	0,13	0,17	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1070,29
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	118,83	1262,87
01/02/1999	62,06	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1168,26
27/06/2000	0,00	2,06	12,60	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	109,05	177,98	1009,14
04/10/2001	36,63	53,66	75,14	83,29	998,67
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1307,50
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	3,65	64,27	70,31	94,42	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	179,89	1319,13
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	180,84	224,01	446,35	566,93	1677,72
26/08/2010	1,20	1,38	4,15	12,66	1086,74

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 29</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	17,79	68,37	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,55	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	24,74	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0,00	61,53	335,00	508,13	-
27/08/1993	17,24	18,95	20,79	86,88	1418,56
01/10/1994	0,00	0,13	0,17	13,14	1310,07
18/07/1996	0,00	3,78	23,18	76,40	1124,04
08/07/1998	3,13	4,90	44,25	116,41	1262,87
01/02/1999	62,06	151,85	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	9,17	1180,21
27/06/2000	0,00	1,88	12,37	46,43	1307,81
11/04/2001	9,16	33,43	114,87	177,98	1009,14
04/10/2001	35,05	53,66	75,14	87,26	979,48
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1305,54
24/07/2004	31,37	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	4,26	64,27	70,31	94,42	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	181,18	1329,45
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,10	25,84	30,53	1555,70
13/12/2009	182,55	224,01	455,89	573,16	1675,80
26/08/2010	1,20	1,38	4,48	15,71	1123,01

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 30</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0	0	20,62	74,34	1804,23
04/05/1986	4,28	25,08	68,52	196,74	860,70
15/07/1989	9,32	25,08	50,39	72,08	1555,57
23/01/1990	0	88,41	335,00	508,13	-
27/08/1993	22,73	22,90	26,75	86,88	1467,52
01/10/1994	0,00	0,27	0,34	13,14	1310,07
18/07/1996	0	3,78	23,18	76,40	1193,66
08/07/1998	3,13	4,90	44,22	100,18	1262,87
01/02/1999	62,06	175,32	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,75	3,96	4,15	6,90	1219,50
27/06/2000	0,00	1,28	9,97	46,43	1307,81
11/04/2001	7,34	23,65	125,55	177,98	1006,21
04/10/2001	35,05	47,07	77,07119	88,44	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	20,53	60,77	1305,54
24/07/2004	31,48	31,82	58,64	107,26	1469,56
15/10/2005	7,22	51,91	59,83	73,98	1763,50
14/05/2007	0,00	32,66	109,08	181,18	1362,96
05/09/2008	23,18	27,21	28,77	37,00	995,84
07/08/2009	0,00	0,47	25,84	30,53	1562,48
13/12/2009	191,47	224,01	483,33	592,94	1677,72
26/08/2010	1,20	1,38	4,80	16,97	1198,24

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 31 - Silvana</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,64	75,07	1815,41
04/05/1986	4,57	26,90	68,52	198,10	856,51
15/07/1989	9,33	27,27	46,85	67,70	1025,05
23/01/1990	0,00	83,07	335,00	505,60	
27/08/1993	17,46	17,80	20,10	45,85	1370,32
01/10/1994	0,00	0,47	0,76	9,56	1302,25
18/07/1996	0,00	4,02	23,67	74,98	1304,17
08/07/1998	3,18	4,92	37,02	75,74	1280,96
01/02/1999	50,20	137,45	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,59	3,38	4,30	5,39	1148,50
27/06/2000	0,00	0,96	7,65	48,01	1283,92
11/04/2001	6,94	39,09	127,90	187,52	1041,55
04/10/2001	26,83	40,77	72,79	89,15	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	23,14	78,18	1310,89
24/07/2004	33,29	28,54	64,41	110,65	1468,40
15/10/2005	5,81	44,87	53,29	73,98	1735,80
14/05/2007	0,00	31,96	112,94	179,39	1322,27
05/09/2008	23,04	27,97	29,42	35,31	1002,14
07/08/2009	0,00	1,22	26,49	31,02	1545,04
13/12/2009	193,81	224,01	461,92	598,38	1661,98
26/08/2010	1,65	1,37	5,30	18,01	1303,75

<b>Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 32</b>					
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,64	91,97	1815,41
04/05/1986	4,57	26,90	68,52	198,10	856,51
15/07/1989	9,33	27,27	46,85	67,70	1025,05
23/01/1990	0,00	71,15	335,00	508,13	-
27/08/1993	15,43	16,59	19,87	45,85	1370,32
01/10/1994	0,00	0,23	0,54	9,56	1302,25
18/07/1996	0,00	4,02	23,67	74,98	1190,14
08/07/1998	3,18	4,92	41,06	97,03	1280,96
01/02/1999	57,00	134,80	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,77	3,81	4,30	8,83	1148,50
27/06/2000	0,00	1,54	7,65	48,01	1303,36
11/04/2001	10,05	36,12	117,07	147,85	989,22
04/10/2001	30,78	46,79	75,14	88,44	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	23,14	65,13	1353,59
24/07/2004	33,01	28,54	64,41	110,65	1468,40
15/10/2005	4,41	55,89	59,12	92,00	1712,29
14/05/2007	0,00	31,96	112,94	179,39	1322,27
05/09/2008	23,04	27,97	29,42	35,31	1002,14
07/08/2009	0,00	0,23	26,49	31,02	1545,04
13/12/2009	182,80	224,01	438,74	566,93	1563,61
26/08/2010	1,83	1,29	4,69	18,01	1146,36

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 33**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	26,12	75,07	1815,41
04/05/1986	4,57	26,90	68,80	184,59	888,71
15/07/1989	9,33	23,00	51,45	67,70	1025,05
23/01/1990	0,00	59,02	335,00	508,13	-
27/08/1993	10,57	11,45	19,87	45,85	1301,99
01/10/1994	0,00	0,07	0,09	9,56	1302,25
18/07/1996	0,00	4,02	23,67	74,98	919,43
08/07/1998	3,18	4,92	45,64	115,40	1280,96
01/02/1999	56,40	112,95	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,77	4,15	4,30	12,16	1083,94
27/06/2000	0,00	2,88	21,24	54,40	1324,78
11/04/2001	13,13	36,12	106,16	187,52	1041,55
04/10/2001	45,73	69,22	87,45	88,44	1077,15
20/06/2003	0,00	0,00	23,14	74,18	1360,62
24/07/2004	30,61	28,54	64,41	110,65	1468,40
15/10/2005	0,64	89,00	103,75	135,32	1763,50
14/05/2007	0,00	31,96	112,94	176,96	1289,23
05/09/2008	23,04	27,97	29,42	35,31	1002,14
07/08/2009	0,00	2,32	26,49	31,02	1545,04
13/12/2009	174,73	224,01	407,53	506,25	1620,66
26/08/2010	1,65	1,29	3,57	18,01	1074,58

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 34**

<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,64	91,97	1790,94
04/05/1986	4,57	26,90	68,52	198,10	856,51
15/07/1989	9,33	27,27	46,85	67,70	1025,05
23/01/1990	0,00	52,24	335,00	481,51	-
27/08/1993	10,57	11,45	13,58	45,85	1301,99
01/10/1994	0,00	0,07	0,27	9,56	1302,25
18/07/1996	0,00	4,02	23,67	74,98	1103,87
08/07/1998	3,18	4,92	45,64	115,40	1280,96
01/02/1999	66,60	121,55	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,77	4,15	4,30	8,83	1083,94
27/06/2000	0,00	2,21	11,18	48,01	1327,57
11/04/2001	10,05	36,12	97,33	147,85	893,91
04/10/2001	35,05	53,66	73,89	82,18	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	23,14	50,62	1360,62
24/07/2004	33,01	28,54	64,41	110,65	1468,40
15/10/2005	2,14	64,27	70,31	94,42	1728,17
14/05/2007	0,00	31,96	112,94	181,96	1289,23
05/09/2008	23,04	27,97	29,42	35,31	1002,14
07/08/2009	0,00	0,23	26,49	31,02	1456,77
13/12/2009	169,72	224,01	408,46	522,64	1547,98
26/08/2010	1,83	1,29	4,15	14,44	976,87

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 35**

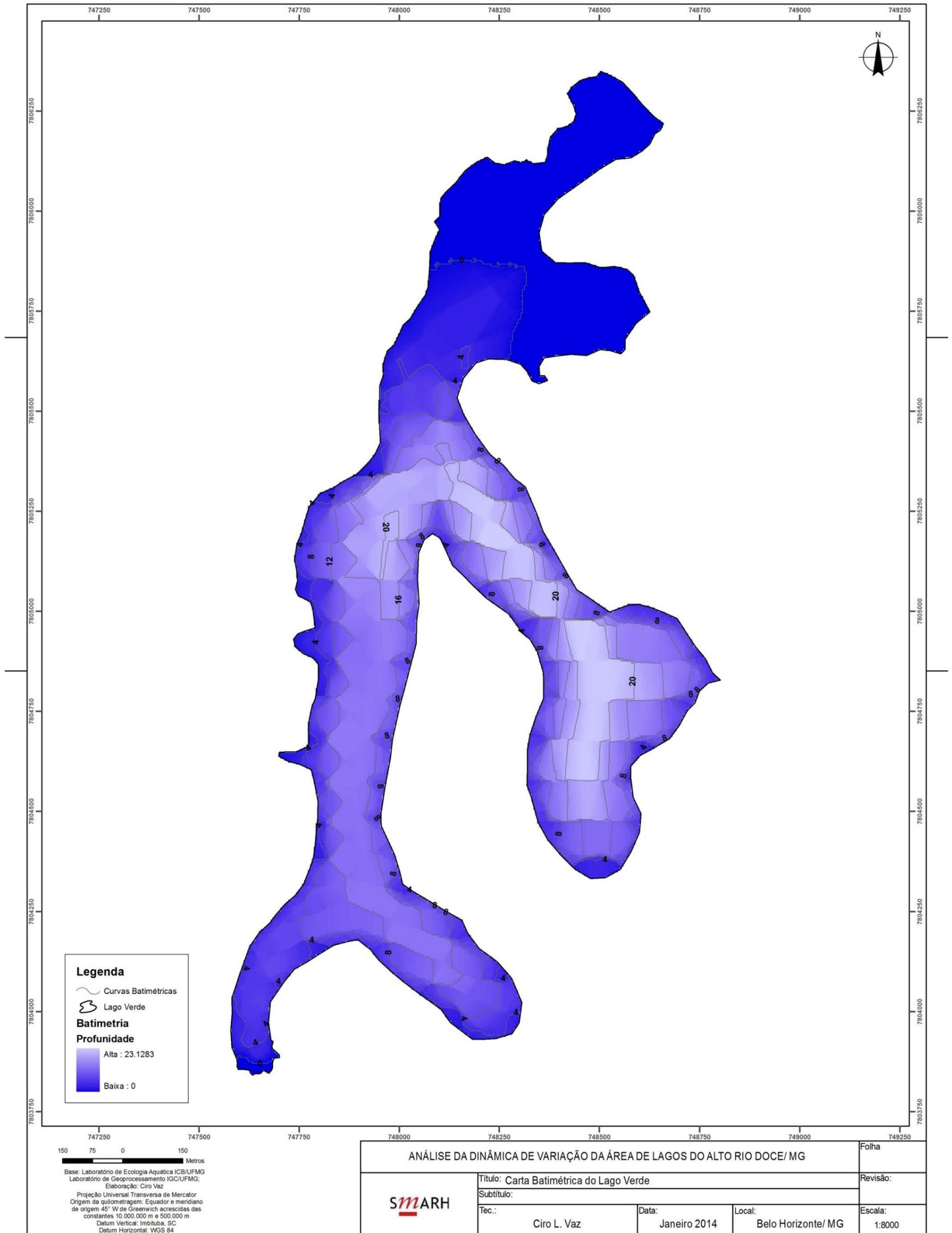
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,64	91,97	1757,84
04/05/1986	4,57	26,90	68,52	198,10	856,51
15/07/1989	9,33	27,27	46,85	67,70	1025,05
23/01/1990	0,00	48,50	335,00	476,75	-
27/08/1993	10,57	11,45	13,58	45,85	1301,99
01/10/1994	0,00	0,07	0,27	9,56	1302,25
18/07/1996	0,00	4,02	23,67	74,98	1103,87
08/07/1998	3,18	4,92	45,64	130,89	1280,96
01/02/1999	67,73	130,56	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,77	4,15	4,30	8,83	1083,94
27/06/2000	0,00	2,21	11,18	48,01	1327,57
11/04/2001	10,05	36,12	85,92	147,85	893,91
04/10/2001	35,05	53,66	75,14	82,48	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	23,14	50,62	1360,62
24/07/2004	33,01	28,54	64,41	110,65	1442,85
15/10/2005	2,14	64,27	70,31	94,42	1704,25
14/05/2007	0,00	31,96	112,94	181,96	1289,23
05/09/2008	23,04	27,97	29,42	35,31	1002,14
07/08/2009	0,00	0,48	26,49	31,02	1415,75
13/12/2009	170,01	224,01	407,53	521,40	1533,97
26/08/2010	1,83	1,29	4,15	14,44	976,87

**Precipitação Acumulada (mm) - Bacia do Lago 36**

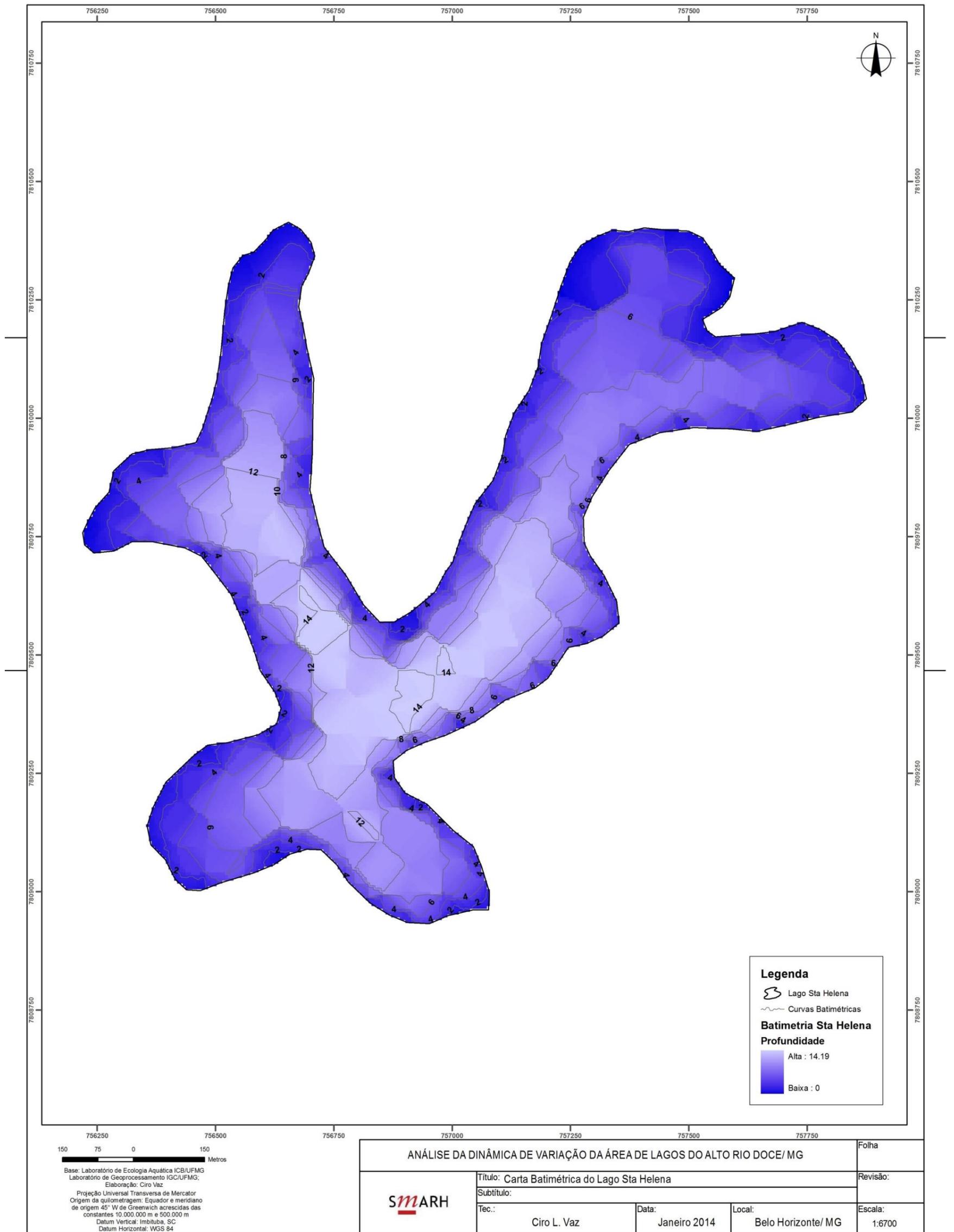
<b>Data da Imagem de Satélite</b>	<b>15 dias</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>360 dias</b>
04/07/1985	0,00	0,00	20,64	75,07	1815,41
04/05/1986	4,57	26,90	68,52	198,10	856,51
15/07/1989	9,33	27,27	46,85	67,70	1025,05
23/01/1990	0,00	104,62	335,00	489,12	-
27/08/1993	20,69	21,99	23,12	45,85	1423,16
01/10/1994	0,00	0,48	0,54	9,56	1302,25
18/07/1996	0,00	4,02	23,67	74,98	1304,17
08/07/1998	3,18	4,92	37,02	75,74	1280,96
01/02/1999	50,73	156,65	393,88	582,22	987,45
28/08/1999	3,59	3,64	4,30	5,39	1185,44
27/06/2000	0,00	0,96	7,65	48,01	1303,36
11/04/2001	6,94	36,12	134,93	187,52	1041,55
04/10/2001	30,75	39,93	76,51	93,59	972,48
20/06/2003	0,00	0,00	23,14	74,18	1273,71
24/07/2004	33,01	28,54	64,41	110,65	1468,40
15/10/2005	8,84	38,92	40,62	94,42	1756,07
14/05/2007	0,00	31,96	112,94	180,39	1358,50
05/09/2008	23,04	27,97	29,42	35,31	1002,14
07/08/2009	0,00	1,22	26,49	31,02	1593,83
13/12/2009	195,01	224,01	483,81	622,86	1693,11
26/08/2010	1,65	1,38	5,30	21,21	1303,75

APÊNDICE D – MAPAS BATIMÉTRICOS: LAGO VERDE, LAGO SANTA HELENA, LAGO SILVANA, LAGO PATOS, LAGO DOM HELVÉCIO, LAGO CARIOCA E LAGO AGUAPÉ

Mapa batimétrico – Lago Verde



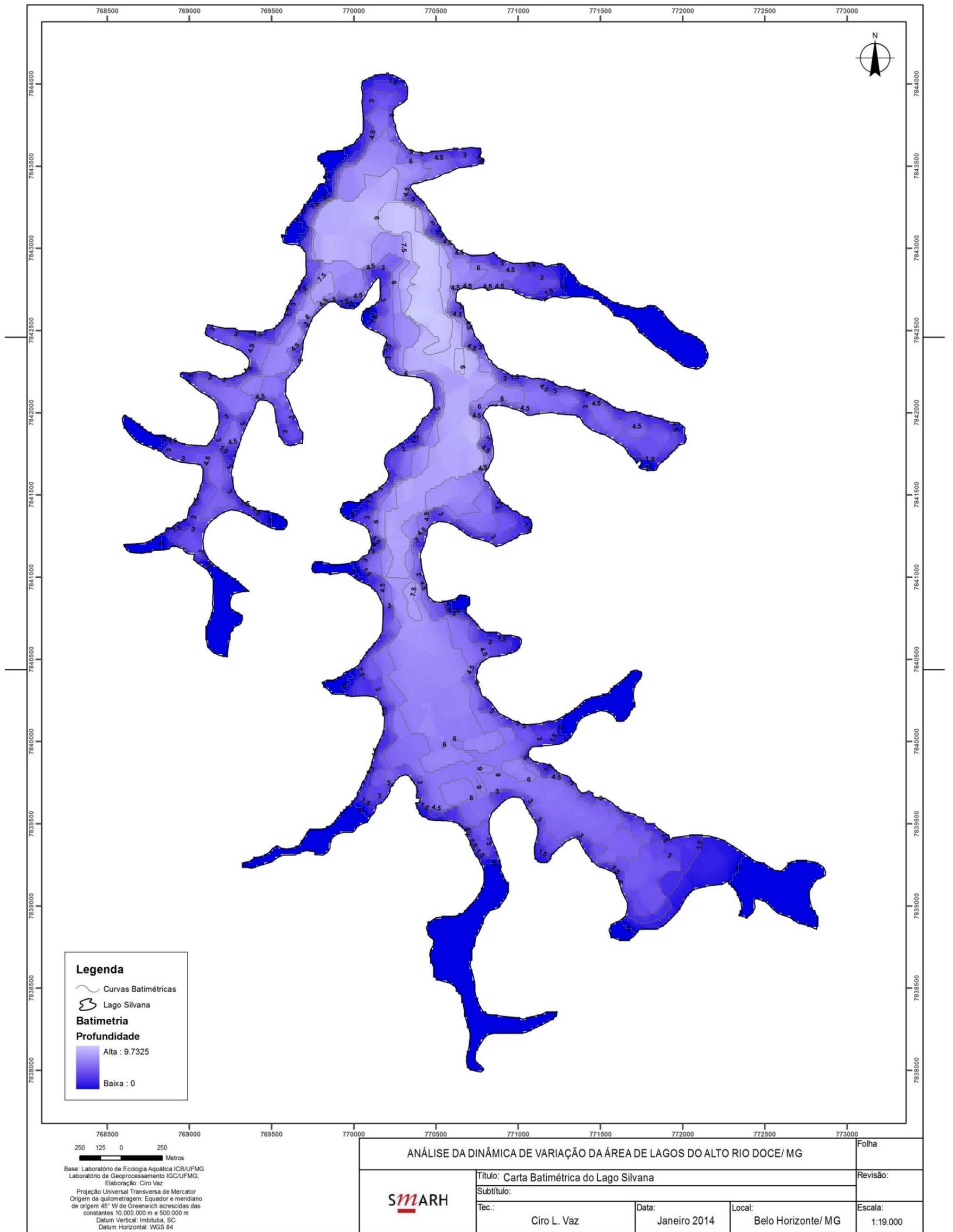
# Mapa batimétrico – Lago Santa Helena



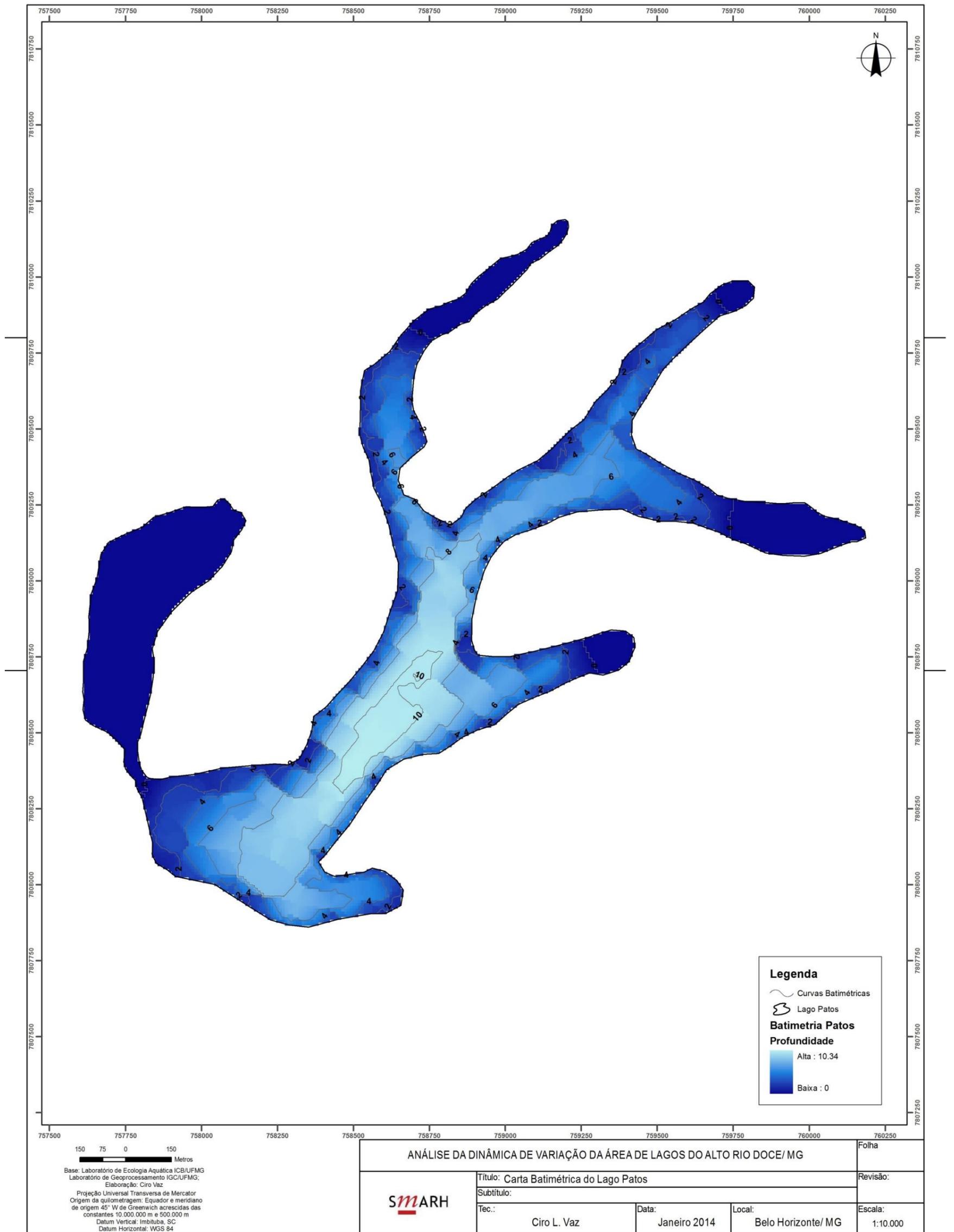
Base: Laboratório de Ecologia Aquática ICB/UFMG  
 Laboratório de Geoprocessamento IGC/UFMG;  
 Elaboração: Ciro Vaz  
 Projeção Universal Transversa de Mercator  
 Origem da quilometragem: Equador e meridiano  
 de origem 45° W de Greenwich acrescidas das  
 constantes 10.000.000 m e 500.000 m  
 Datum Vertical: Imbituba, SC  
 Datum Horizontal: WGS 84

ANÁLISE DA DINÂMICA DE VARIAÇÃO DA ÁREA DE LAGOS DO ALTO RIO DOCE/ MG				Folha
<b>SMARH</b>	Título: Carta Batimétrica do Lago Sta Helena			Revisão:
	Subtítulo:			
Tec.:	Data:	Local:	Escala:	
Ciro L. Vaz	Janeiro 2014	Belo Horizonte/ MG	1:6700	

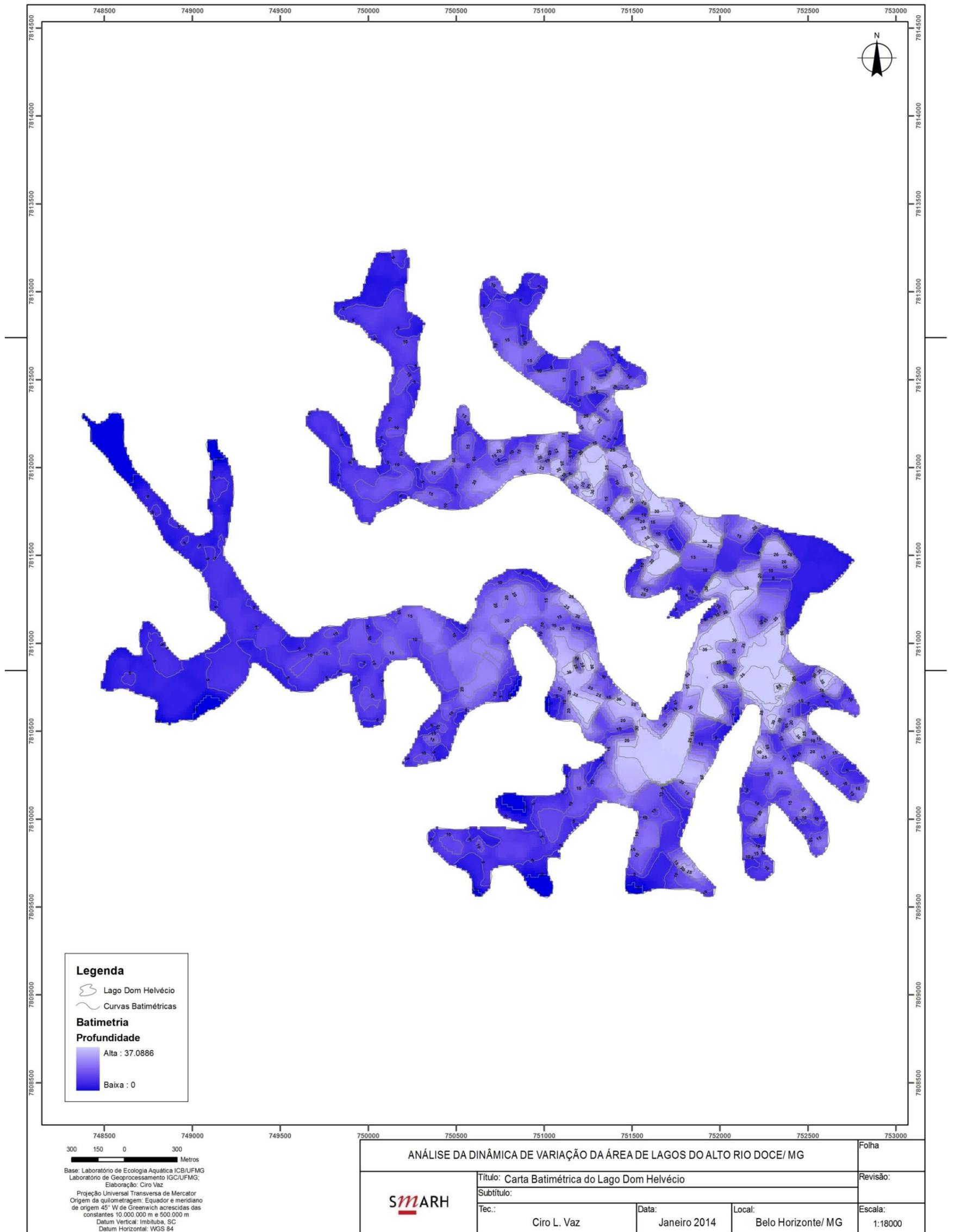
# Mapa batimétrico – Lago Silvana



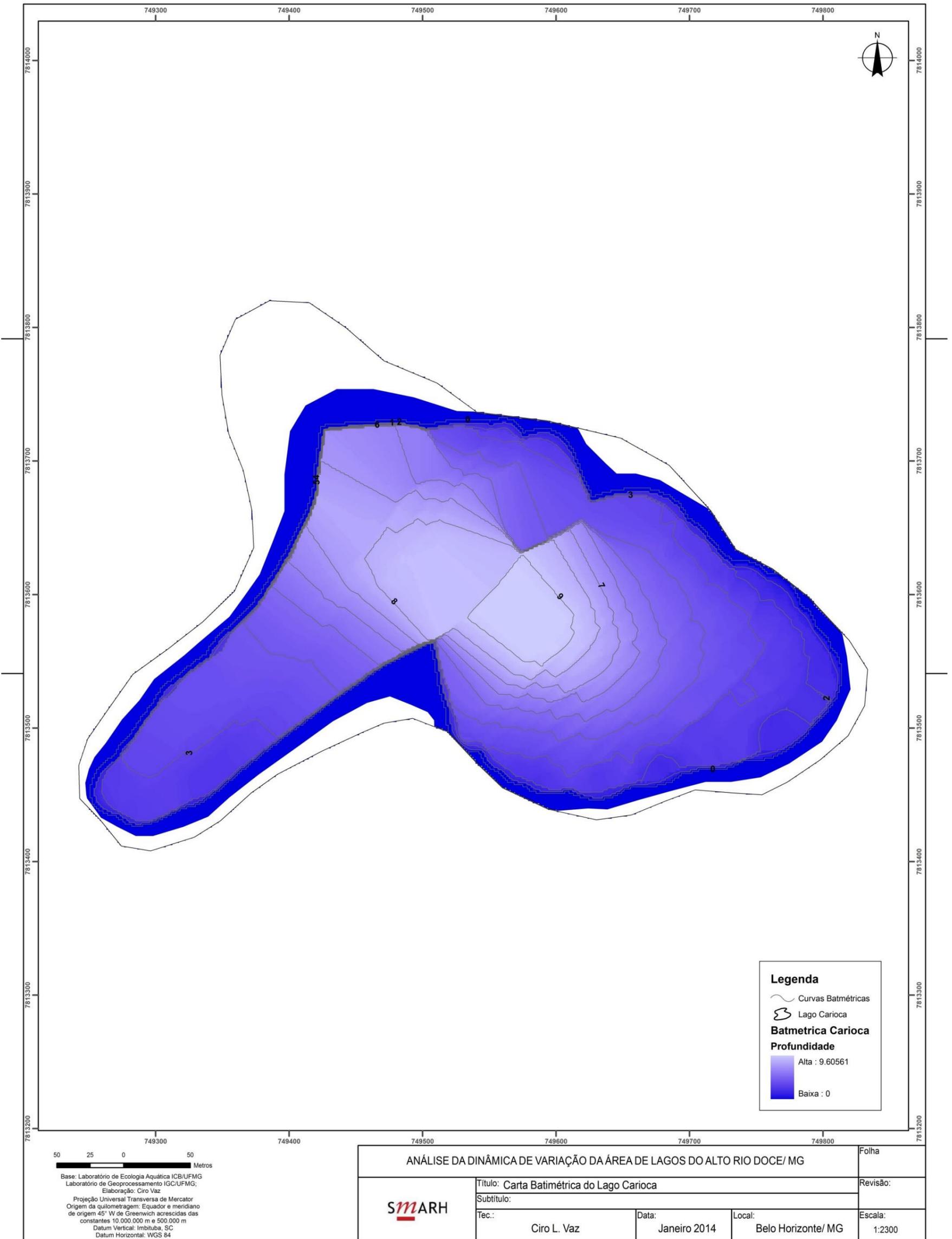
# Mapa batimétrico – Lago Patos



## Mapa batimétrico – Lago Dom Helvécio



# Mapa batimétrico – Lago Carioca



## Mapa batimétrico – Lago Aguapé

