



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS DE TRÊS LAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**VARIABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DA SUB-BACIA
DO RIO MIRANDA-MS**

RAFAEL BARTIMANN DE ALMEIDA

**TRÊS LAGOAS
2015**

RAFAEL BARTIMANN DE ALMEIDA

**VARIABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DA SUB-BACIA
DO RIO MIRANDA-MS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Geografia/CPTL/UFMS – Área de Concentração Análise Geoambiental e Produção do Território, como exigência final para obtenção do Título de Mestre em Geografia, sob orientação do Profº. Dr. Ary Tavares Rezende Filho.

**TRÊS LAGOAS
2015**

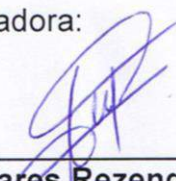
TERMO DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado

RAFAEL BARTIMANN DE ALMEIDA

VARIABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DA SUB-BACIA DO RIO MIRANDA-MS

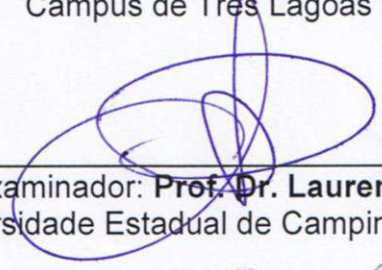
Banca Examinadora:



Orientador: Prof. Dr. **Ary Tavares Rezende Filho**
Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO)
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Câmpus de Três Lagoas (CPTL)



Examinador: Prof. Dr. **Wallace de Oliveira**
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Câmpus de Três Lagoas (CPTL)



Examinador: Prof. Dr. **Laurent Barbiero**
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)



Acadêmico: **Rafael Bartimann de Almeida**

**Aos meus pais (ADEMIR e MARIA),
pelo apoio, carinho e paciência.**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Ary Tavares Rezende Filho, que não mediu esforços na orientação deste trabalho e contribuiu de forma imensurável para a consolidação do meu conhecimento até o momento, o meu sincero MUITO OBRIGADO! Sem dúvidas, a convivência, a oportunidade de conhecer pessoas novas, a sua paciência, os puxões de orelha e a sinceridade nas conversas foram de contribuição em minha vida acadêmica, profissional e pessoal.

Ao Professor Dr. Laurent Barbiero (IRD; LMTG, Université de Toulouse – França/Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, Piracicaba-SP – Instituto de Química – UNICAMP) pela presença constante nos trabalhos de laboratório, pelas grandes contribuições, pelos ensinamentos e experiências compartilhadas.

A Professora Dr.^a Sonia Furian (Universidade de São Paulo – USP), pelas pontuais correções, pelos ensinamentos e contribuições que, sem dúvida, somaram em minha vida acadêmica, profissional e pessoal.

Ao grande amigo Aleandro Francisco de Souza, parceiro nas missões de campo. Sem dúvidas, estas etapas foram facilitadas pela sua presença e apoio.

Ao Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Geografia (PPGGEO) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Três Lagoas (CPTL).

A banca de Qualificação, os professores Dr. Wallace de Oliveira e Dr.^a Patrícia Helena Mirandola Garcia, pelas contribuições relevantes e pertinentes para a finalização deste trabalho.

À Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação – PROPP, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, pelo apoio financeiro nas saídas de campo.

Aos servidores da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação – PROPP, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Jaqueline Maciel Corrêa e Antônio Lopes de Oliveira, pelo apoio no planejamento e execução das missões de campo.

Ao Prof. Dr. Marcelino Andrade Gonçalves, Diretor do câmpus de Nova Andradina - CPNA, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, pelo apoio logístico (veículo 4x4 utilizado nas missões de campo).

À Fundação Apoio a Ciência e Tecnologia (FUNDECT), pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos nº 23/200.764/2013 (FUNDECT/CAPES).

Ao Laboratório de Ecologia Isotópica, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, da Escola Superior na Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) de Piracicaba-SP, por realizar as análises químicas das amostras das águas utilizadas neste trabalho.

Ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) pelo fornecimento dos dados de chuvas das estações de Miranda e Jardim.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia: Marcelino de Andrade Gonçalves, Aguinaldo Silva, Arnaldo Yoso Sakamoto, Arnildo Pott, Wallace de Oliveira, Patrícia Helena Mirandola Garcia, por todas as contribuições.

As Secretárias do PPGGEO, Josilene Moreira e Tassia Maionchi, pela atenção dispensada.

À Professora Dr^a. Flávia Akemi Ikuta, pelas correções e dicas no projeto de pesquisa que permitiu meu ingresso no mestrado.

Aos meus grandes amigos e parceiros de curso de mestrado, Claudinei Araújo dos Santos (Nei) e Alexandre Honig Gonçalves (Alê), pela parceria, pelo “café filosófico” que se renovou a cada viagem, pelas experiências e conhecimentos compartilhados.

Aos amigos que fiz em Três Lagoas nas turmas de Mestrado e Graduação: Thiago, Suzane, André, Camila, Geise, Ana Flávia, Glauber Polar, Zezinho, Eloisa, Flávio. Em especial, ao amigo César Cardoso Ferreira, pelas hospedagens em sua casa sempre que necessário.

Aos meus pais, Ademir e Maria, a minha irmã, Alessandra, ao meu cunhado, Júlio, aos meus sobrinhos, Bruno e Lívia, agradeço o apoio e carinho.

A minha namorada, Marissol, obrigado pela confiança e carinho.

Ao Rubens e à Irene, agradeço a confiança depositada.

Aos meus familiares, tios, tias, primos, avô e avó, obrigado pelo apoio.

Aos amigos pessoais que sempre me apoiaram, Gustavo e Beth; obrigado pelo apoio e por entenderem minha ausência em diversos momentos.

À grande amiga Dinair Rezende Marques, pela hospedagem em Campo Grande, pelas conversas e risadas, pelos ensinamentos e experiência de vida compartilhada. Minha sincera e eterna gratidão.

Ao grupo UNIGRAN Net de Nova Andradina-MS, em especial ao João Vitor e a Aline, pelo apoio e acolhimento sempre que necessário.

A TODOS, MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A bacia do Rio Miranda é uma das maiores bacias que abastecem a região sul do Pantanal. Ela é constituída por paisagens contrastadas e por rochas diversas representativas da região. A crescente influência da ação antrópica é susceptível a modificação da qualidade química da água que alimenta a planície aluvial do Pantanal. O objetivo desse estudo foi entender a variabilidade físico-química das águas na sub-bacia do Rio Miranda e o papel dos parâmetros maiores (geologia, geomorfologia, uso e ocupações das terras) que controlam essa variabilidade, e identificar os processos a ela associados. O estudo baseou-se em quatro coletas durante um ciclo hidrológico e os dados coletados referem-se ao pH, a condutividade elétrica, aos elementos maiores, as formas de nitrogênio, a carga de sedimentos em suspensão, e a algumas medições de vazão dos rios. O tratamento com Análise de Componentes Principais foi realizado sobre os dados. Os resultados dos eixos fatoriais foram espacializados na bacia destacando uma grande influência da litologia sobre a qualidade química da água. A litologia corresponde ao primeiro eixo fatorial e explica cerca de 50% da variabilidade química da água. Secundariamente, parece haver uma influência do uso da terra, mas a discriminação é pouco marcada, e se aproxima ao ruído de fundo geoquímico da amostragem, o que torna difícil a interpretação. As medidas de vazão por ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) salientam uma boa correspondência entre a vazão do Rio Miranda e a soma das vazões dos seus principais afluentes, com exceção da parte alta da bacia, onde as medidas foram perturbadas por variações de chuvas localizadas. A carga de sedimentos é baixa na área influenciada pelo calcário e parece controlada pela litologia. Porém, é mais elevada nas áreas de basalto e arenito, onde aumenta com a influência das atividades agrícolas.

Palavras-chave: Hidroquímica, Espacialização, Análise em Componentes Principais.

RÉSUMÉ

Le bassin du Rio Miranda est l'un des plus grands bassins qui alimente la partie sud du Pantanal. Il est constitué de paysages contrastés et de roches variées représentatives de la grande région. L'influence anthropique croissante est susceptible de modifier la qualité chimique des eaux qui alimentent la plaine alluviale du Pantanal. L'objectif de cette étude est de comprendre la variabilité physico-chimique des eaux et l'influence de paramètres majeurs (lithologie, géomorphologie, utilisation et occupation des terres) sur le contrôle de cette variabilité, en identifiant les processus associés. L'étude est fondée sur 4 collectes au cours d'un cycle hydrologique. Les données concernent le pH, la conductivité électrique, les éléments majeurs, les formes de l'azote la charge solide en suspension, ainsi que quelques mesures de débit des cours d'eau. Un traitement par Analyse en Composantes Principales a été réalisé sur ces données. Les axes factoriels ont ensuite été spatialisés sur le bassin. Les résultats soulignent une influence prépondérante de la lithologie sur la qualité chimique des eaux. La lithologie correspond au premier axe factoriel et explique environ 50 % de la variabilité chimique de l'eau. Secondairement, il semble y avoir une influence de l'utilisation des terres, mais la discrimination est peu marquée, et s'approche du bruit de fond géochimique de l'échantillonnage, ce qui rend l'interprétation difficile. Les mesures de débit par ADCP (*Acoustic Doppler Corrent Profiler*) soulignent une bonne concordance entre le débit du rio Miranda et la somme du débit de ses principaux affluent, à l'exception de la partie hautes du bassin, où les mesures ont été perturbées par des pluies localisées et variables. La charge en sédiment est faible en zone calcaire et semble contrôlée par la lithologie. En revanche, elle est plus élevée en zones de basalte et de grès où elle augmente avec l'importance des activités agricoles.

Mots clés: Hydrochimie, spatialisation, Analyse en Composantes Principales.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da Bacia Hidrográfica do rio Miranda.....	05
Figura 2 - Localização da área de Estudo.....	06
Figura 3 - Mapa de Geologia da sub-bacia do rio Miranda.....	07
Figura 4 – Mapa do relevo da sub-bacia do rio Miranda.....	11
Figura 5 - Mapa da Hidrografia da sub-bacia do Miranda.....	13
Figura 6 - Mapa de solos da sub-bacia do Miranda.....	15
Figura 7 - Mapa de vegetação da sub-bacia do Miranda.....	17
Figura 8 - Mapa do uso da terra na sub-bacia do Miranda (2014).....	19
Figura 9 - Mapa da distribuição dos pontos de coleta.....	30
Figura 10 - Mapa de localização dos pontos de medida de vazão.....	31
Figura 11 - A) Bomba a vácuo manual e B) Sistema de Filtração.....	34
Figura 12 - Procedimento para medir a vazão com o ADCP.....	35
Figura 13 - Distribuição das variáveis no primeiro plano fatorial das ACP's.	44
Figura 14 - Distribuição das amostras no primeiro plano fatorial das ACP's.	45
Figura 15 - Distribuição das variáveis no segundo plano fatorial das ACP's.	47
Figura 16 - Distribuição das amostras no segundo plano fatorial das ACP's.	48
Figura 17 - Espacialização da Condutividade Elétrica no campo 1 (Julho/2013).....	50
Figura 18 - Espacialização da Condutividade Elétrica no campo 2 (Outubro/2013).....	51
Figura 19 - Espacialização da Condutividade Elétrica no campo 3 (Janeiro/2014).....	52
Figura 20 - Espacialização da Condutividade Elétrica no campo 4 (Abril/2014).....	53
Figura 21 - Espacialização do primeiro eixo fatorial da ACP1.....	55
Figura 22 - Espacialização do primeiro eixo fatorial da ACP2.....	56

Figura 23 - Espacialização do primeiro eixo fatorial da ACP3.....	57
Figura 24 - Espacialização do primeiro eixo fatorial da ACP4.....	58
Figura 25 - Espacialização do segundo eixo fatorial da ACP1.....	60
Figura 26 - Espacialização do segundo eixo fatorial da ACP2.....	61
Figura 27 - Espacialização do segundo eixo fatorial da ACP3.	62
Figura 28 - Espacialização do segundo eixo fatorial da ACP4.....	63
Figura 29 - Espacialização do terceiro eixo fatorial da ACP1.....	65
Figura 30 - Espacialização do terceiro eixo fatorial da ACP2.....	66
Figura 31 - Espacialização do terceiro eixo fatorial da ACP3.....	67
Figura 32 - Espacialização do terceiro eixo fatorial da ACP4.....	68
Figura 33 – Mapa dos principais grupos de rochas.....	72
Figura 34 - Correlação entre geologia e condutividade elétrica.....	75
Figura 35 - Comparação entre o primeiro eixo fatorial das ACP's com a geologia local.....	76
Figura 36 - Localização dos processos temporários e permanentes.....	77
Figura 37 - Influência da estação seca no Ponto R42 (córrego Acampamento).....	79
Figura 38 - Comparação entre o segundo eixo fatorial das ACP's com o uso e ocupação das terras (processos permanentes).....	80
Figura 39 - Processos temporários e a relação com o uso das terras.....	81
Figura 40 - Comparação entre o terceiro eixo fatorial das ACP's com o uso e ocupação das terras.....	84
Figura 41 – Diferença de vazões ao longo do rio Miranda.....	85
Figura 42 - Vazante no rio Salobra em atividade durante período de cheia..	86
Figura 43 - Relação entre vazão e área drenada.....	87
Figura 44 - Relação entre carga de sedimentos suspensos e carga total dissolvida.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização dos rios amostrados.....	27
Tabela 2 - Estatística descritiva das ACP's.....	38
Tabela 3 - Matriz de correlação das ACP's.....	40
Tabela 4 - Distribuição dos valores próprios e variância explicada das ACP's.....	41
Tabela 5 - Uso das terras nas áreas de drenagem.....	68
Tabela 6 - Vazão e área drenada por cada ponto.....	69
Tabela 7 - Carga de Sedimentos Suspensos e Carga Total Dissolvida.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pontos coletados por dia em cada saída de campo.....	31
---	----

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - pHmetro e Condutivímetro utilizados na aquisição dos parâmetros físico-químicos das águas.....	31
Foto 2 - Coleta de água no centro do canal fluvial, rio Miranda.....	32
Foto 3 - Medida de vazão com ADCP no rio Salobra.....	34
Foto 4 - A) Bomba elétrica; B) Filtros e C) Sistema de Filtração.....	35
Foto 5 - Ponto R42 (córrego Acampamento) nas quatro saídas de campo...	73
Foto 6 - Represamento do córrego Acampamento (Ponto R42).....	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação entre vazão e área drenada em cada ponto amostrado e na Bacia do Alto Paraguai.....	86
Gráfico 2 - Relação entre os tipos de uso da terra por área de drenagem....	88

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iv
RÉSUMÉ.....	v
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Quadros.....	viii
Lista de Fotos.....	viii
Lista de Gráficos.....	viii
 APRESENTAÇÃO.....	 1
INTRODUÇÃO.....	2

CAPÍTULO I

A SUB-BACIA DO RIO MIRANDA-MS

1 ÁREA DE ESTUDOS.....	5
1.2 ASPECTOS DA SUB-BACIA DO RIO MIRANDA.....	7
1.2.1 Geologia.....	7
1.2.2 Relevo.....	10
1.2.3 Clima.....	12
1.2.4 Hidrografia.....	12
1.2.5 Solos.....	13
1.2.6 Vegetação.....	15
1.2.7 Ocupação e uso das terras.....	18

CAPÍTULO II

REFERENCIAL TEÓRICO

2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 Bacia hidrográfica como unidade de estudo.....	20
2.2 Hidroquímica de bacias de drenagem.....	21
2.3 Tratamentos estatísticos.....	23
2.4 Vazão, área drenada e sedimentos suspensos.....	25

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1 Aquisição de dados.....	27
3.1.1 Documentos de base.....	27
3.1.2 Escolha dos pontos de amostragens.....	27
3.1.3 Monitoramento físico-químico das águas.....	32
3.2 Análises de laboratório.....	35
3.3 Tratamento dos dados.....	37
3.4 Espacialização dos resultados.....	38

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4 AS ÁGUAS DA SUB-BACIA DO RIO MIRANDA-MS.....	39
4.1 Análise em Componentes Principais (ACP).....	39

4.1.1 Estatística descritiva dos dados.....	39
4.1.2 Matriz de correlação.....	40
4.1.3 Valores próprios e variância explicada.....	42
4.1.4 O primeiro plano fatorial.....	43
4.1.5 O segundo plano fatorial.....	46
4.2 Espacialização dos resultados.....	48
4.2.1 Espacialização da condutividade elétrica (CE).....	49
4.2.2 Espacialização do primeiro eixo fatorial.....	54
4.2.3 Espacialização do segundo eixo fatorial.....	59
4.2.4 Espacialização do terceiro eixo fatorial.....	64
4.3 Medidas de vazão.....	68
4.4 Carga de sedimentos em suspensão e carga total dissolvida.....	70
4.5 Discussão dos Resultados.....	71
4.5.1 Uma influência litológica.....	71
4.5.2 Uma diversidade intra-litológica.....	77
4.5.3 Outros processos.....	82
4.5.4 A vazão do rio Miranda e seus principais afluentes.....	85
4.5.5 Vazão e área drenada.....	86
4.5.6 Carga de sedimentos suspensos e a carga total dissolvida.....	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

APRESENTAÇÃO

Este mestrado se insere num quadro maior de pesquisas sobre águas e solos do Pantanal mato-grossense. O objetivo principal desta pesquisa foi entender a variabilidade físico-química das águas na sub-bacia do Rio Miranda e o papel dos parâmetros maiores (geologia, geomorfologia, uso e ocupações das terras) que controlam essa variabilidade, e identificar os processos a ela associados. Para isso, a redação final está organizada em quatro capítulos.

No primeiro capítulo foi feita uma apresentação da sub-bacia do rio Miranda-MS, objeto deste estudo, considerando informações gerais da área bem como um quadro geoambiental da sub-bacia em questão.

No segundo capítulo foi elaborado um referencial teórico-metodológico que deu suporte as discussões aqui realizadas, considerando a temática abordada e os métodos utilizados.

O terceiro capítulo apresenta os materiais e os métodos utilizados na pesquisa, incluindo levantamento de documentos preliminares, trabalhos de campo e trabalhos de laboratório.

Por último, o quarto capítulo apresenta o estudo das características físico-químicas das águas da sub-bacia do rio Miranda-MS, incluindo os resultados provenientes de coletas de dados em campo, análises de laboratório e tratamentos estatísticos dos dados através da Análise em Componentes Principais (ACP), bem como a espacialização e discussão destes resultados.

Este trabalho se desenvolveu com o auxílio financeiro – bolsa de estudo – da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), edital 010/2013, nº 23/200.764/2013, projeto FAPESP 2011/12770-0, CNPq 405898/2012-6 e apoio logístico da PROPP/UFMS (Pró-Reitoria Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), do Pró-reitor Prof. Dr. Dercir Pedro de Oliveira (*In memoriam*) e da Magnífica Reitora Prof^a Dr^a. Célia Maria Silva Corrêa Oliveira.

INTRODUÇÃO

O clima da terra é controlado por fatores diversos, dentre eles a transferência de elementos químicos dos continentes para os oceanos. A transferência destes elementos químicos depende da organização da rede hidrográfica e da velocidade de alteração das rochas – o principal processo de consumo de CO₂ atmosférico – que por sua vez depende da ação integrada de fatores como geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal, clima e do tipo de ocupação e uso das terras (FAURE, 1967). Em consequência disso, hoje a comunidade científica tem trabalhado na aquisição de dados de fluxos de elementos químicos para alimentar modelos de funcionamento climático global.

Dentre as principais redes hidrográficas da América do Sul, destaca-se a bacia do Prata, formada pela junção dos rios Paraguai e Paraná. Embora estes rios possuam tamanhos semelhantes, a bacia do rio Paraguai apresenta uma particularidade, a presença do pantanal mato-grossense, a maior área úmida continental da Terra (POR, 1995). Essa particularidade é relevante, pois as áreas úmidas interferem diretamente no ciclo da água, regulando as cheias, favorecendo a infiltração e aumentando a evaporação. Além de interferir no ciclo da água, as áreas úmidas também influem nas características das águas e em seus aspectos físicos (via sedimentação por diminuição de velocidade), químicos (por rearranjo em sais diversos pela evaporação) e/ou biogeoquímicos (depuração por destruição de compostos zenobióticos, denitrificação, dentre outros). Além disso, as áreas úmidas são conhecidas por favorecer a produção e a emissão de gases com efeito estufa, CO₂, CH₄ e N₂O (HEM, 1985).

Nas áreas úmidas tropicais, caso do Pantanal mato-grossense, a temperatura é elevada e relativamente constante, e isso aumenta, consideravelmente, a velocidade das reações biogeoquímicas.

Embora muitos trabalhos ressaltem a importância das áreas úmidas continentais na transferência de elementos químicos (BARBIERO et. al. 2008; FURQUIM et. al., 2010a; FURQUIM et. al., 2010b; PARIZZOTO, 2012), as dificuldades resultantes do número de processos em questão, e a necessidade de equipes multidisciplinares de pesquisa, fazem com que o papel regional das áreas

úmidas de grande porte, como é o caso do Pantanal mato-grossense, seja pouco conhecido (MARTINS, 2012).

Recentemente, Rezende-Filho (2011) apresentou uma compartimentação do Pantanal baseada na composição química das águas dos rios que abastecem essa imensa área úmida. Dessa forma, foi possível perceber que os processos que ocorrem dentro da planície do Pantanal estão relacionados diretamente com as características químicas das águas dos rios que o abastecem (REZENDE-FILHO et al., 2012). Assim, as águas provenientes do planalto podem apresentar diferentes características físico-químicas resultantes dos processos de interação entre diferentes fontes geológicas e/ou uso e ocupação das terras. Logo, essas águas chegam à planície do Pantanal como misturas provenientes dessas diferentes fontes.

Nesse contexto, é de suma importância realizar estudos em escala regional/local, isto é, em sub-bacias para: **1)** compreender a variabilidade físico-química das águas que abastecem a planície do Pantanal; **2)** identificar os parâmetros maiores (geologia, geomorfologia, uso e ocupações das terras, dentre outros) que controlam essa variabilidade; e **3)** entender os processos responsáveis pela aquisição das características físico-químicas das águas.

Os rios que abastecem o Pantanal receberam uma atenção muito desigual por parte da comunidade científica. Por exemplo, no Estado de Mato Grosso do Sul existem inúmeros trabalhos realizados na Bacia do Rio Taquari em função do tamanho da área que ele abastece (o conjunto Paiaguás – Nhecolândia) no Pantanal, mas também pelos problemas de assoreamento atribuído ao uso e ocupação das terras na região do planalto (ABDON, 2004). Logo, poucos trabalhos foram direcionados a outras bacias, em particular, à Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (BHRM), um dos maiores rios da região sul da Bacia do Alto Paraguai (BAP).

O objetivo geral deste trabalho é entender a variabilidade físico-química das águas na sub-bacia do Rio Miranda, e o papel dos parâmetros maiores (geologia, geomorfologia, uso e ocupações das terras) que controlam essa variabilidade, e identificar os processos a ela associados. Os objetivos específicos são: elaborar um mapa síntese da sub-bacia rio do Miranda a partir de um

conjunto de documentos (topográficos, hidrográficos, geológicos, de uso e ocupação das terras); medir a vazão do rio Miranda e de seus principais afluentes, em 4 períodos do ano; quantificar a carga de sedimentos nos rios; caracterizar a composição química das águas; identificar e hierarquizar a variabilidade que existe neste conjunto de dados.

A sub-bacia do rio Miranda, juntamente com a sub-bacia do rio Aquidauana compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (BHRM) perfazendo uma área total de 47.000 km² (CARVALHO, 1986; OLIVEIRA, 2003). As duas sub-bacias apresentam características similares. Os dois rios (Aquidauana e Miranda) têm um percurso relativamente similar, saem do planalto e atravessam a depressão, e se juntam no início da planície pantaneira. O rio Aquidauana e seus afluentes nascem na Serra de Maracajú, enquanto que o Rio Miranda também tem sua nascente na Serra de Maracajú e recebe águas dos afluentes provenientes tanto da Serra de Maracajú quanto da Serra da Bodoquena (ALVARENGA et. al., 1984).

No entanto, existe uma série de distinções fundamentais entre as sub-bacias dos rios Aquidauana e Miranda, sendo que litologia responde pela maior distinção entre as duas. A sub-bacia do rio Aquidauana está inserida em uma base geológica composta por arenitos e basaltos, enquanto a sub-bacia do rio Miranda, por sua vez, apresenta uma ampla diversidade geológica, compostas por arenitos, basaltos e calcários. Nesta distinção geológica reside a principal justificativa para a escolha da Bacia do Miranda como área de trabalho.

CAPÍTULO I

A SUB-BACIA DO RIO MIRANDA-MS

1 ÁREA DE ESTUDOS

A Bacia Hidrográfica do Rio Miranda (BHRM) faz parte da Bacia do Alto Rio Paraguai (Figura 1) e está localizada no centro-oeste brasileiro, integralmente no Estado de Mato Grosso do Sul, entre as coordenadas geográficas 19° 16' 43" S e 57° 29' 38" W, 22° 01' 47" S e 54° 18' 41" W (CARVALHO, 1986; OLIVEIRA, 2003; PEREIRA et. al. 2004; IMASUL, 2014).

A Bacia do Miranda é constituída por dois rios principais, o Miranda e o Aquidauana, e sua área total é de aproximadamente 47.000 km². A oeste, limita-se com a Serra da Bodoquena, a noroeste com a planície do Pantanal, a sudeste com a Serra de Maracajú, e ao sul, com a Bacia do rio Paraná.

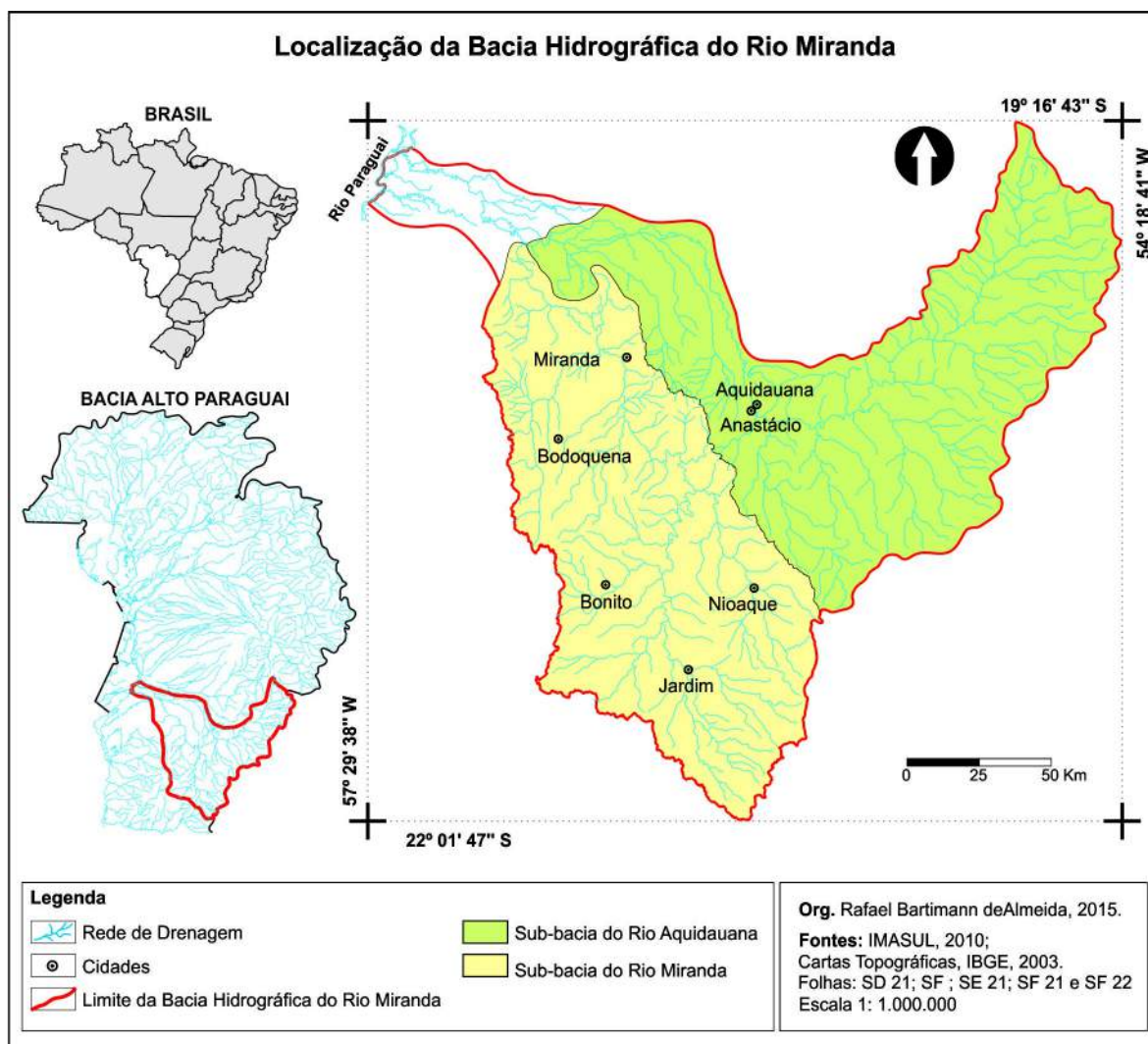


Figura 1- Localização da Bacia Hidrográfica do rio Miranda.

Os dois rios principais podem ser delimitados como duas sub-bacias: **i)** Sub-bacia do rio Aquidauana, e **ii)** Sub-bacia do rio Miranda, sendo esta o objeto de estudo deste trabalho (Figura 2).

A área de estudo é de 17.736,44 km², compreendendo 93,12% da área total da sub-bacia do Miranda, que é de 19.045,3 km². A área de estudo está localizada entre as coordenadas geográficas 20° 06' 55" S e 55° 32' 54" W, 22° 02' 00" S e 56° 59' 39" W, limitando-se ao cruzamento do rio Miranda com a rodovia BR-262, no limite da planície do Pantanal.

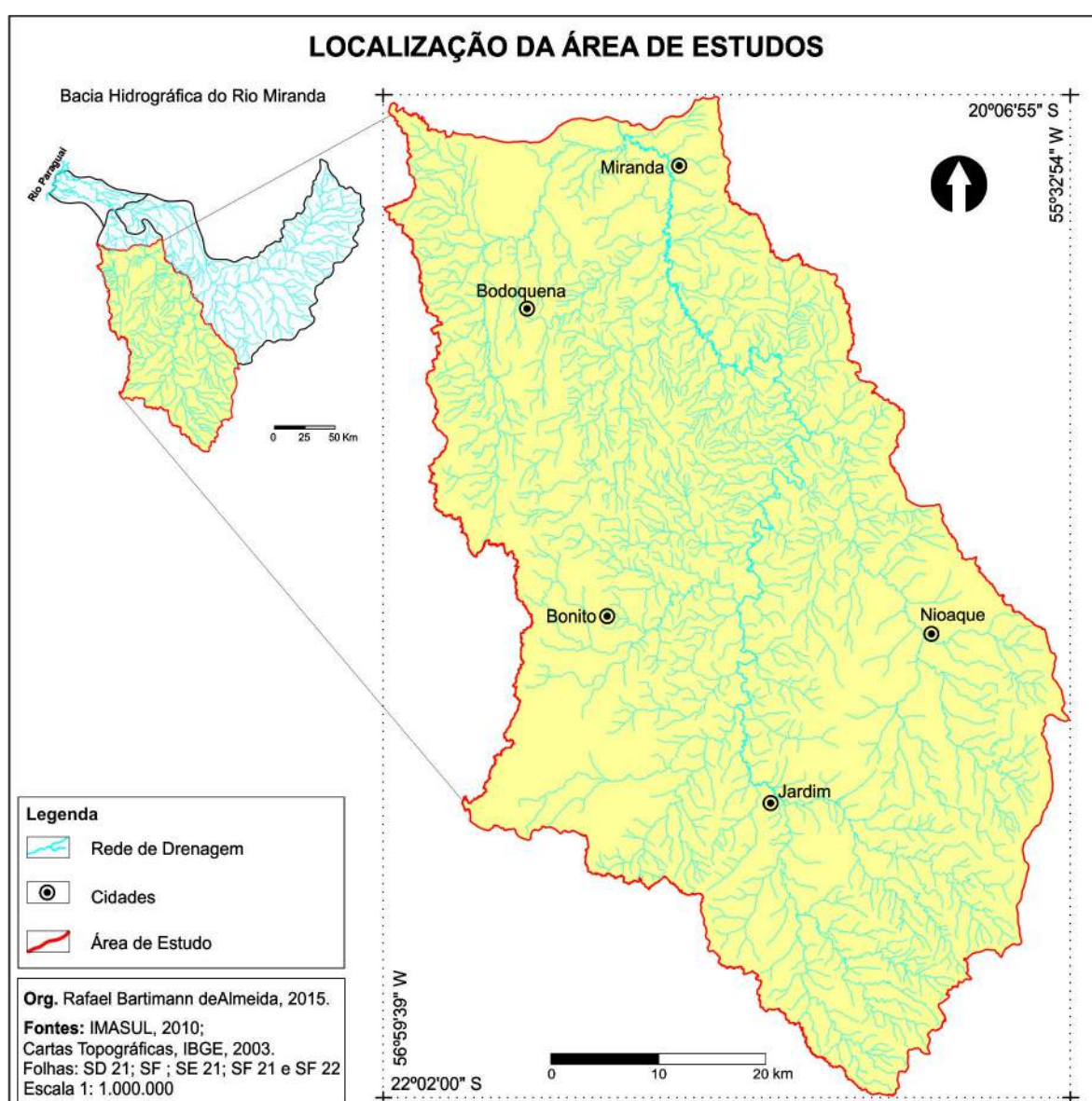


Figura 2 - Localização da área de Estudo.

1.2 ASPECTOS DA SUB-BACIA DO RIO MIRANDA

1.2.1 Geologia

A sub-bacia do Miranda apresenta geologia diversificada, com 11 formações, que datam desde o pré-cambriano até o cenozóico (Figura 3).

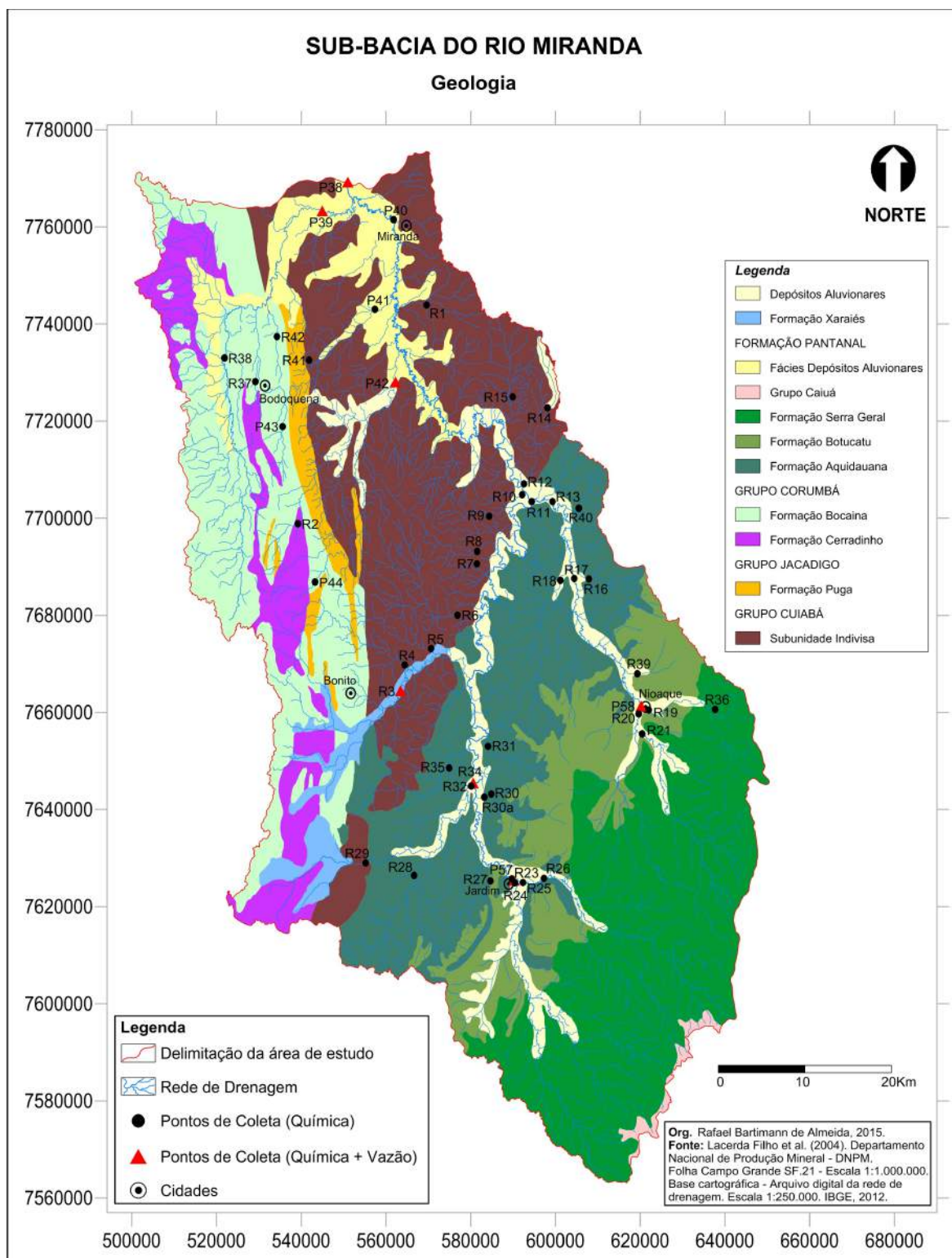


Figura 3 - Mapa de Geologia da sub-bacia do rio Miranda.

As rochas do grupo Cuiabá, do período Pré-Cambriano, se localizam ao centro e a nordeste da bacia, em zonas internas de uma faixa orogênica, e são caracterizadas pela presença de quartzo, metarenito, filito e filitoconglomerático (DEL'ARCO et. al. 1982; ALVARENGA & TROMPETTE, 1993).

A oeste da sub-bacia ocorrem rochas calcárias do grupo Corumbá (Formações Puga, Cerradinho e Bocaina), que constituem o suporte da Serra da Bodoquena. Essas rochas datam do Pré-Cambriano e tem composição essencialmente carbonática (ALMEIDA, 1945b; ALMEIDA, 1965, CORREA et. al., 1976).

A Formação Puga, na base do grupo Corumbá (CORREA et. al. 1976), é marcada por paraconglomerados epimetamórficos de matriz argilo-arenosa, muitas vezes foliada, cimento carbonático com seixos de quartzo, calcário e filito, além de rocha granítica com quartzo e feldspato (MACIEL, 1959).

A Formação Cerradinho representa uma sedimentação em ambiente marinho regressivo na plataforma continental, com predominância de rochas clásticas basais, que vão diminuindo para o topo dando lugar a litologias carbonáticas. Em síntese, a litologia da Formação Cerradinho é essencialmente constituída por intercalações de arcóseos, arenitos, siltitos, argilitos, calcários, dolomitos, margas, ardósias, metargilitos, metasiltitos, folhelhos e metaconglomerados em sua base (ALMEIDA, 1945a; CORREA, 1976).

A Formação Bocaina representa o membro superior do grupo Corumbá, e sua litologia é constituída por calcários dolomíticos e dolomitos, que localmente podem apresentar finas intercalações de pelitos (NOGUEIRA et. al. 1978).

Ainda ao leste da sub-bacia do Miranda, encontra-se uma faixa de rochas carbonatadas da Formação Xaraiés depositadas ao longo dos vales de drenagem (vale do rio Formoso e cabeceira do rio da Prata). Essa Formação data do pleistoceno e recobre as rochas do grupo Cuiabá e as formações Cerradinho e Bocaina do grupo Corumbá. A fonte dos depósitos da formação Xaraiés reside nas rochas carbonatadas dos grupos Cuiabá e Corumbá. As águas dissolvem os calcários e dolomitos, e se saturam em CaCO_3 , que em seguida se precipitam, devido a agitação e/ou ação de organismos, formando um cimento com material

clástico e restos orgânicos. A litologia da formação Xaraiés é constituída de tufas calcárias, travertinos e conglomerados com cimento calcífero (ALMEIDA, 1945b).

As rochas areníticas ocupam uma faixa intermediária, que corta a sub-bacia de leste a sudoeste, com predomínio das Formações Aquidauana e Botucatu. A primeira representa uma unidade estratigráfica compreendida no Paleozóico, mais especificamente, entre o Carbonífero superior e o Permiano inferior, e tem litologia predominantemente marcada pela presença de arenitos marrom tijolo avermelhados, siltitos, folhelhos e diamictitos (ALMEIDA, 1954; GONÇALVES e SCHNEIDER, 1970; SCHOBENHAUS-FILHO, 1979; CORREA et. al. 1976).

A Formação Botucatu é constituída por arenitos com alto grau de alteração devido à friabilidade dessas rochas, que permitiram o desenvolvimento de um espesso solo arenoso. Os arenitos da Formação Botucatu apresentam granulação de média à fina com grãos bem arredondados que evidenciam uma origem eólica sob clima desértico (GONÇALVES e SCHNEIDER, 1970; SOARES, 1975).

Na porção sul da sub-bacia encontra-se rochas da Formação Serra Geral, expostas nas frentes das *cuestas* da Serra de Maracajú. A litologia é composta por basaltos geralmente com aspecto maciço e cor variando de cinza-escuro a preto. Às vezes, apresentam amígdalas preenchidas por quartzo ou calcita (MENDES e PETRI, 1971; CORREA et. al. 1976).

Ao norte da sub-bacia encontra-se a Formação Pantanal, que ocorre nas áreas adjacentes ao rio Miranda, em suas planícies de inundação e é marcada pela presença de sedimentos argilo-siltico-arenoso, areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila (CORREA et. al. 1976; NOGUEIRA et. al. 1978; REZENDE-FILHO, 2011).

No extremo sul da sub-bacia encontra-se uma pequena porção da Formação Caiuá, que data do Cretáceo, com arenitos quartzosos a subarcóseos finos a médios (JABUR e SANTOS, 1984).

1.2.2 Relevo

As características morfológicas da sub-bacia do Miranda são semelhantes as da Bacia do Alto Paraguai, que revelam tanto atividades tectônicas quanto processos de dissecação/sedimentação dos rios que drenam essa área (ASSINE, 2003; REZENDE-FILHO, 2011).

Considerando o mapeamento geomorfológico do projeto RADAMBRASIL (1982), essa sub-bacia comporta 4 unidades: **i)** Planalto da Bodoquena; **ii)** Planalto de Maracajú-Campo Grande; **iii)** Depressão do rio Paraguai; e **iv)** Planícies e Pantanaís mato-grossenses (Figura 4).

O Planalto da Bodoquena apresenta a borda oeste escarpada, e constitui um planalto isolado com características de relevo residual, esculpido e/ou modelado em rochas pré-cambrianas. Apresenta topos convexos e altimetria variando entre 400 e 650 metros (BRASIL, 1982; REZENDE-FILHO, 2011; IMASUL, 2014).

O Planalto de Maracajú-Campo Grande constitui um planalto basáltico com altimetrias variando de 500 a 800 metros. Limita-se a oeste com a depressão do rio Paraguai, a nordeste com o Planalto do Taquari e a leste limita-se pela Serra da Bodoquena. O contato com a depressão do rio Paraguai é marcada por frentes de *cuestas*, com escarpas basálticas e areníticas (BRASIL, 1982; REZENDE-FILHO, 2011).

A Depressão do rio Paraguai tem altitude de 150 metros no limite com a planície e 250 metros no limite com o planalto. Em alguns trechos aparecem formas pedimentadas, dissecadas e de topo plano. Constitui uma unidade geomorfológica bastante irregular, pois é extensa ao sul, onde circunda a Serra da Bodoquena e estreita na faixa leste, onde limita com as escarpas das bordas dos planaltos (RADAMBRASIL, 1982; REZENDE-FILHO, 2011).

As Planícies e os Pantanaís mato-grossenses são contornados pela Depressão do rio Paraguai a leste, formando uma ampla superfície rebaixada e recoberta por sedimentos quaternários, cuja deposição ainda é ativa. Apresenta declive regional suave, com 80 metros de altitude nas margens do rio Paraguai, e 150 metros no limite com as Depressões (DNOS, 1974; RADAMBRASIL, 1982).

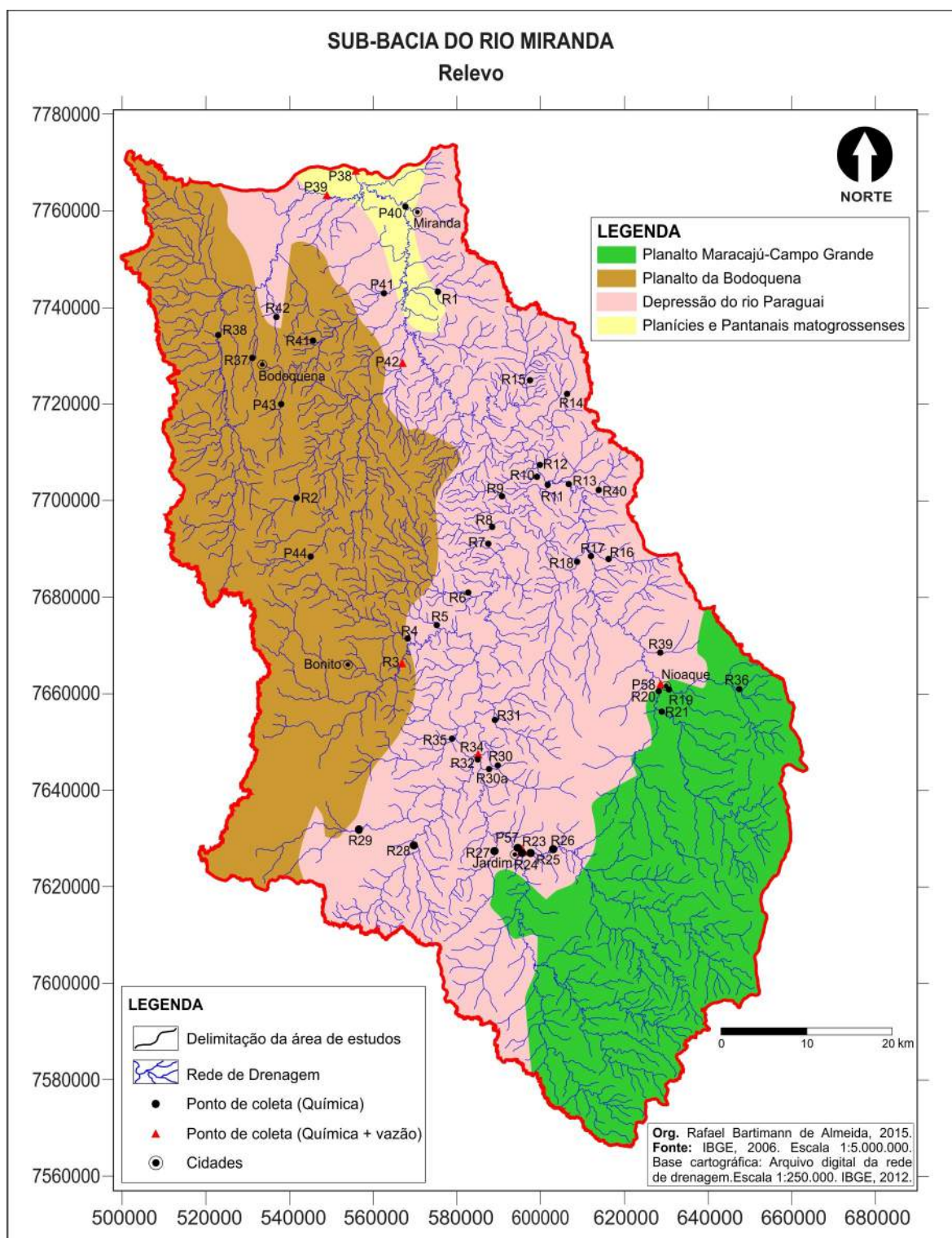


Figura 4 - Mapa do relevo da sub-bacia do Miranda.

1.2.3 Clima

A sub-bacia do Rio Miranda possui climas diferentes conforme a classificação de Koppen. Um é o Clima Tropical de Savana (Aw): influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (CIT) e responsável pela estação úmida (primavera e verão) que ocorre de outubro a março. O outro é o Clima Temperado Subtropical (Cfa): influenciado pelas altas pressões do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e responsável pela estação seca (outono e inverno) que ocorre de abril a setembro (ZAVATINI, 1990; SALVI-SAKAMOTO, 2001; REZENDE-FILHO, 2011; IMASUL, 2014).

Em função das fortes influências das massas de ar, principalmente a tropical atlântica, a sub-bacia do Miranda apresenta temperaturas médias elevadas, variando de 23°C a 29°C durante todo o ano. A média anual de precipitação varia de 1.200 mm, em sua porção noroeste onde o clima é tropical úmido, a 1.600 mm ao sul, onde predomina o clima mesotérmico úmido (BRASIL, 1979; OLIVEIRA, 2003; IMASUL, 2014).

1.2.4 Hidrografia

O principal rio da sub-bacia é o Miranda, que nasce na Serra de Maracajú, com altitude de 700 metros, e percorre 697 km da nascente até sua foz no Rio Paraguai, a uma altitude de 80 m. O rio Miranda é formado pela junção dos rios Santo Antonio e das Velhas (Figura 5), que drenam a porção sul da bacia, onde se localiza o Planalto de Maracajú-Campo Grande (CPRM, 2004; PEREIRA, et. al, 2004).

Na margem direita do rio Miranda, também drenando o Planalto de Maracajú-Campo Grande, destaca-se o rio Nioaque, formado pelo encontro dos rios Urumbaba e Midaque (CPRM, 2004; PEREIRA, et. al, 2004).

Na margem esquerda do rio Miranda, drenando as porções leste e noroeste da sub-bacia, ou seja, o Planalto da Bodoquena, destacam-se: Rio da Prata, Córrego Mutum, Rio Formoso, Rio Mimoso, Rio Bacurí, Rio Chapena, Rio Betione, Rio Salobra (CPRM, 2004; PEREIRA, et. al, 2004).

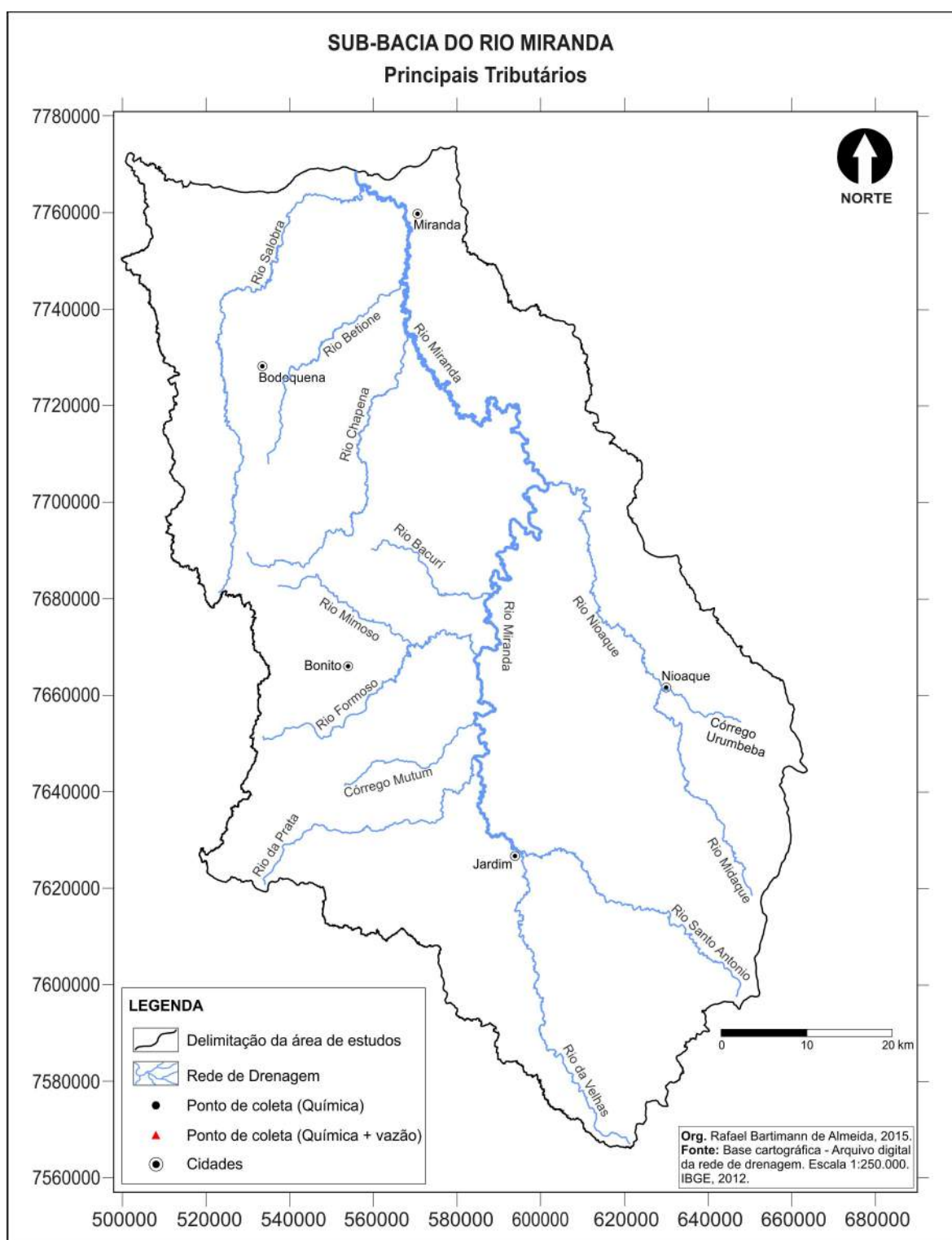


Figura 5 - Mapa da Hidrografia da sub-bacia do Miranda.

1.2.5 Solos

A sub-bacia do Miranda apresenta 8 (oito) tipos de solo (Figura 6), que podem ser agrupados em 6 (seis) classes: Latossolo; Planossolo; Nitossolo; Neossolo; Chernossolo e Argissolo (EMBRAPA, 2006).

A classe dos Latossolos aparece em duas faixas: a primeira no extremo sul da sub-bacia, e a segunda de leste a sudoeste. Esta classe é representada exclusivamente por Latossolos Vermelhos, que são solos altamente intemperizados, provenientes da alteração das rochas da formação Serra Geral (KER, 1997; EMBRAPA, 2006; IMASUL, 2014).

Da classe Neossolos, encontra-se o Neossolo Litólico em uma faixa que corta a sub-bacia de sudoeste a sudeste, e o Neossolo Regolítico na porção nordeste. Esses solos são constituídos de material mineral ou orgânico pouco espesso, sem alterações expressivas em relação ao material de origem. As características do material de origem, maior resistência ao intemperismo ou influência de fatores como clima, relevo ou tempo, resultam em uma baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, o que impede ou limita a evolução dessa classe de solos (EMBRAPA, 2006; IMASUL, 2014).

Na parte central da sub-bacia, em direção ao sul, encontra-se a classe de Nitossolos, representado pelo Nitossolo Vermelho, um tipo de solo com horizonte B nítico, textura muito argilosa e estrutura em blocos angulares, subangulares ou prismática (EMBRAPA, 2006). Aparece também outra classe de solos com característica argilosa, os chamados Argissolos, neste caso, representado por Argissolo Vermelho a leste e extremo nordeste, e Argissolo Vermelho-Amarelo na parte central da sub-bacia. A distinção entre as classes dos Argissolos e dos Nitossolos é determinada pelos teores de argila, pelo gradiente textural, e pela diferenciação de cor nos solos (EMBRAPA, 2006).

A oeste e norte da sub-bacia encontra-se a classe dos Chernossolos, marcado pela presença única do Chernossolo Rêndizico. Este solo varia de moderadamente ácido a fortemente alcalino, e é constituído por material mineral com alta saturação por bases, horizonte cálcico ou caráter carbonático (EMBRAPA, 2006).

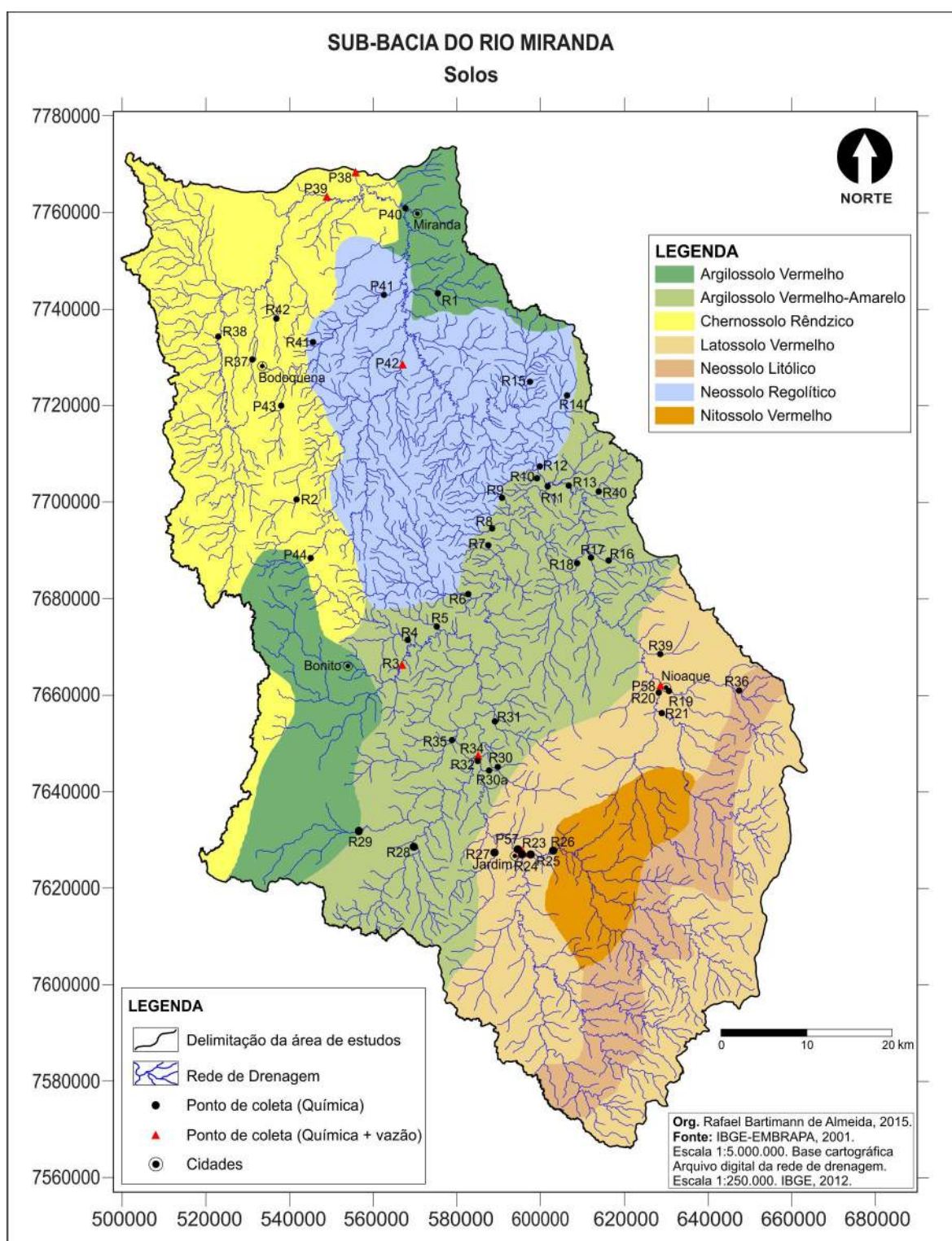


Figura 6 - Mapa de solos da sub-bacia do Miranda.

1.2.6 Vegetação

A sub-bacia do Miranda apresenta 4 (quatro) tipos distintos de vegetação (Figura 7): i) Savana; ii) Floresta Estacional Decidual; iii) Floresta Estacional

Semidecidual e **iv**) Áreas de Tensão Ecológica (VELOSO et. al. 1991; PEREIRA et. al., 2004; MMA, 2007; IBGE, 2012).

A Savana representa um tipo de vegetação xeromórfica, denominada como Cerrado, que se caracteriza por uma grande variação fisionômica, a saber, Savana Arbórea densa (Cerradão), Savana Arbórea Aberta (Campo Cerrado), Savana Parque (Campo Sujo), e Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo). Este tipo de vegetação é predominante na sub-bacia do Miranda, e ocupa áreas de planícies aluviais, superfícies pediplanadas e dissecadas (RADAMBRASIL, 1982; PEREIRA et. al., 2004).

A Savana Arbórea Densa (Cerradão) tem folhas perenes, troncos finos e tortuosos revestidos por casca grossa e rugosa e se localiza no norte e no nordeste da bacia. O tipo Savana Arbórea Aberta (Campo Cerrado) recobre a bacia de forma descontínua, e apresenta como principal característica um estrato graminóide que reveste o solo, e que seca durante o período de estiagem. A Savana Parque (Campo Sujo) caracteriza-se por uma fisionomia estritamente campestre, formado por um estrato graminóide descontínuo e intercalado por espécies vegetais arbóreas bastantes espaçadas. A Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo) representa um tipo de vegetação campestre, com superfície graminóide e intercalada de poucas plantas (RADAMBRASIL, 1982; PEREIRA et. al., 2004; REZENDE-FILHO, 2011).

A Floresta Estacional Decidual se caracteriza pela perda de folhas durante a estação seca e ocupa uma pequena área na porção leste da sub-bacia do rio Miranda. A Floresta Estacional Semidecidual mantém a mesma característica decidual, porém, com decidualidade até 60% mais baixa e gêneros endêmicos específicos. Este tipo de vegetação ocupa uma pequena área no norte da sub-bacia do rio Miranda (RADAMBRASIL, 1982).

As áreas de tensão ecológica representam zonas de contato entre vegetações do tipo Savana com Floresta Estacional Decidual e/ou Floresta Estacional Semidecidual. São caracterizadas pela mistura de espécies e pela presença de espécies endêmicas (RADAMBRASIL, 1982; IBGE, 2012).

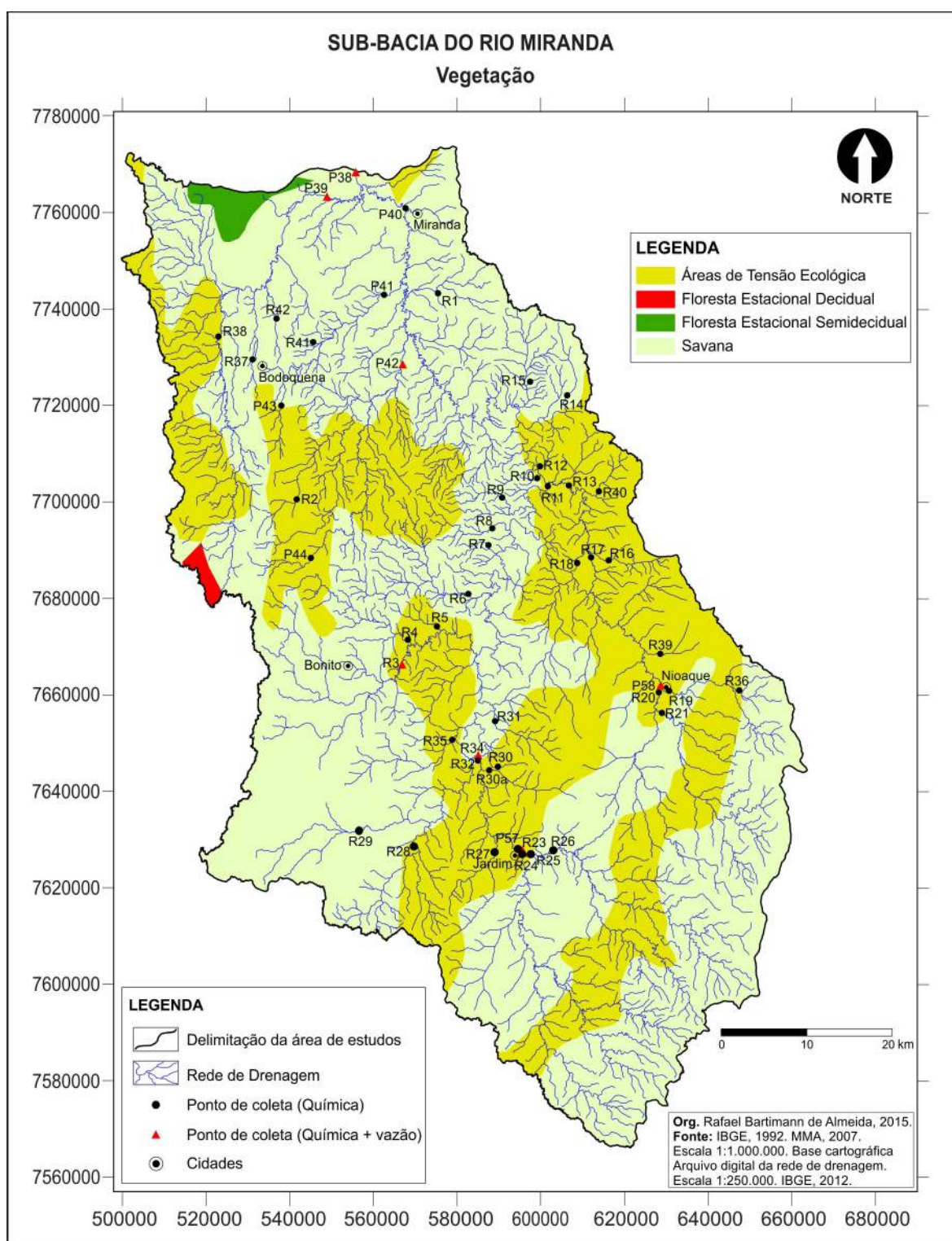


Figura 7 - Mapa de vegetação da sub-bacia do Miranda.

1.2.7 Ocupação e uso das terras

A partir da década de 1970, a bacia do Miranda sofreu as consequências da expansão de atividades agropecuárias. Fato marcado principalmente nas áreas do planalto. A evolução do uso da terra evidencia o desaparecimento da cobertura vegetal natural, e um aumento na taxa de antropização da sub-bacia. Por exemplo, em 1973, de sua área total, 72% era coberta por vegetação natural, passando para apenas 35,8% em 2006 (FERRAZ, 2006).

Considerando levantamentos da cobertura vegetal natural e do uso das terras na área de estudo em 2014 (Figura 8), observa-se que 48,47% da área de estudo ainda é ocupada por vegetação natural. As áreas de Pastagem representam 35,57%, enquanto que as áreas ocupadas por atividades agrícolas (soja, feijão, milho, arroz e cana de açúcar) somam 15,80%. O restante (0,16%) é usado por urbanização.

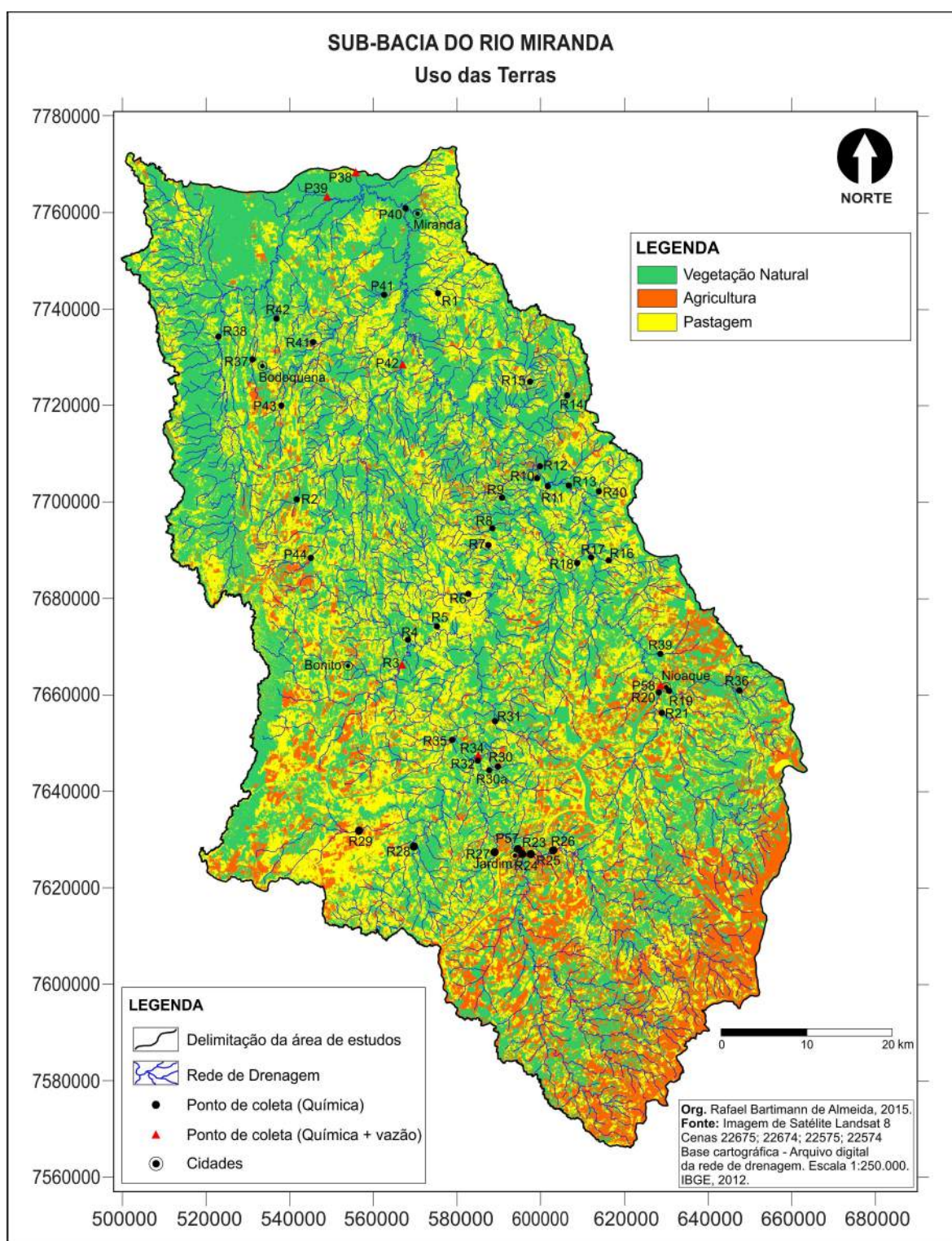


Figura 8 - Mapa do uso da terra na sub-bacia do Miranda (2014).

CAPÍTULO II

REFERENCIAL TEÓRICO

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bacia hidrográfica como unidade de estudo

O uso de bacias hidrográficas como unidade de estudo ganha força no meio técnico-científico, isto por que diversos autores consideram as bacias hidrográficas como unidades morfológicas que podem ser delimitadas, estudadas, em qualquer escala, pois apresentam todos os fatores físicos, químicos e biológicos que compõem qualquer ambiente (CHRISTOFOLETTI, 1980; ROSS e PRETTE, 1998; TROPMAIR, 2004; RODRIGUES e CARVALHO, 2005).

Em síntese, bacias hidrográficas representam um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, ou seja, refere-se a uma área de captação natural das águas das chuvas, que por sua vez, convergem para um único ponto de saída chamado exutório. A delimitação de bacias hidrográficas é guiada pelos pontos topográficos mais altos, os chamados divisores de águas, e, portanto, diretamente ligada à geomorfologia local (GUERRA, 1978; CHRISTOFOLETTI, 1980; LIMBERGER e CORREA, 2005; TEODORO et al. 2007).

A importância do uso de bacias hidrográficas como unidade de estudo também é ressaltada nas políticas públicas brasileiras através da lei 8.171/1991, que aborda a Política Agrícola Nacional, e da lei 9.433/1997, que institui a Política de Recursos Hídricos. A lei 8.171/1991 aponta que as bacias hidrográficas constituem unidades básicas de planejamento de uso da conservação e da recuperação dos recursos naturais, enquanto que a lei 9.433/1997 considera a bacia hidrográfica em função da interação entre a rede de drenagem e as populações locais, o que envolve o uso desses recursos e os impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos (BRASIL, 1991; BRASIL, 1997; FERREIRA, 2011).

Com base nos aspectos apresentados, pode-se definir que as bacias hidrográficas representam unidades de estudo completas, o que torna viável a elaboração de mapas geoambientais que orientem o uso sustentável das terras (FERREIRA, 2011; MORAES, 2001).

2.2 Hidroquímica de bacias de drenagem

A composição química da água depende da interação ~~com~~ entre diversos fatores (clima, rocha, solo, vegetação e atividades humanas) e pode ser diferente em um determinado ambiente. Isto ocorre em função das distintas reações físicas (misturas de águas com composições diferentes, evaporação, dentre outras), e/ou químicas (precipitação e/ou dissolução de sais, interações diversas entre fases sólidas e líquidas), e/ou bioquímicas (biológicas e microbiológicas) que ocorrem nestes diversos ambientes (REZENDE-FILHO, 2011).

O clima influencia os processos de erosão das rochas através das variações de temperatura, da quantidade e distribuição de chuvas e da evaporação. Porém, a influência do clima sobre a qualidade química da água vai além dos efeitos (diluição e concentração), pois ação destes fatores (temperatura e umidade) tende a produzir comunidades vegetais e tipos distintos de solos, fazendo com que a composição da água em bacias de drenagem seja um produto do equilíbrio ecológico. Essa interação da rocha com os fatores climáticos (temperatura e umidade) provoca reações diversas na solubilidade e na taxa de dissolução da maioria dos minerais da rocha (HEM, 1985).

Em ambientes naturais preservados a composição química das águas dos rios apresenta uma boa relação com as características litológicas da área drenada (GIBBS, 1970; STALLARD e EDMOND, 1987; HREN et. al., 2007).

Essa relação ocorre em função do intemperismo químico no ambiente natural, que é mais intenso nas regiões tropicais onde a temperatura provoca um aumento na velocidade das reações. Por exemplo, o Magnésio (Mg^{2+}), o Cálcio (Ca^{2+}), os Bicarbonatos (HCO_3^-) e o Sulfato (SO_4^{2-}) têm relação com carbonatos e gipsita; o Potássio (K^+) e o Sódio (Na^+) com a illita, o Sódio (Na^+) e o Cloreto (Cl^-) estão ligados aos evaporitos (QUEIROZ et. al., 2009). Porém, outros elementos como o Fosfato (PO_4^{3-}) e o Nitrato (NO_3^-) não mostram essa mesma relação com a litologia, mas dependem de outros fatores (STALLARD e EDMOND, 1983).

Os principais elementos químicos presentes na maioria das águas naturais são os chamados íons fundamentais (ou elementos maiores), como: Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Sulfato (SO_4^{2-}), Bicarbonatos (HCO_3^-), e Cloreto (Cl^-). Estes elementos quase sempre perfazem a totalidade da

composição química da água (CUSTODIO e LLAMAS, 1976; HEM, 1985; FETTER, 1988).

O fornecimento natural dos elementos químicos é controlado por processos geológicos, logo, se considerarmos o ambiente natural, os elementos químicos presentes na composição final devem estar presentes também nos minerais que estão em contato com a água do rio (HEM, 1985).

A composição química das rochas ígneas e metamórficas difere das rochas sedimentares em vários aspectos importantes. A diferença principal surge em função da presença de rochas carbonáticas e de evaporitos nas sequências sedimentares. Logo, as águas que drenam áreas sustentadas por essas rochas são caracterizadas por altas concentrações de cálcio e magnésio. Dentro das rochas cristalinas, os basaltos podem apresentar maior taxa de alteração, e este tipo de rocha deve conter menos cálcio do que o sódio e potássio (FAURE, 1967; HEM, 1985; BHATT et al., 2010).

Contudo, nem todos os solutos em águas naturais derivam da dissolução da rocha. Por exemplo, o bicarbonato presente na água pode ser derivado do dióxido de carbono (CO_2) liberado no solo por meio de atividades bioquímicas. A importância da composição das rochas é apenas parte do processo. A pureza e o tamanho dos minerais, a textura e a porosidade da rocha, a estrutura regional, o grau de fissuração, o tempo de exposição e outros fatores podem influenciar a composição da água que passa por cima e através da rocha. Por isso, caso a composição química da água do rio não possa ser totalmente relacionada com a estrutura das rochas, outros fatores devem ser considerados (FAURE, 1967, HEM, 1985).

Com base na interação da água com a rocha, Faure (1967) enfatizou a estreita relação da composição química da água no Lago Huron com a geologia da sua bacia de drenagem. As concentrações dos vários elementos encontrados, como sódio, cálcio e estrôncio, aumentaram significativamente pelos rios que drenam Michigan e sudoeste de Ontário, embora estes rios contribuam com menos de 15 por cento da quantidade total de água que entra no lago. O autor aponta que os elementos acima mencionados podem ser produtos do intemperismo sobre rochas carbonáticas (FAURE, 1967).

Outro fator a ser considerado resulta da intensa ocupação e do uso diferenciado dos recursos naturais pelo Homem, representado, inclusive, pelos mais diversos tipos de poluição (MOLDAN e CERNY, 1994). A eliminação de resíduos provenientes de atividades agropecuárias pode adicionar solutos na composição química da água (HEM, 1985).

A Influência da vegetação também deve ser considerada. Os rios de águas pretas, por exemplo, são mais ácidos. Isto ocorre por apresentarem grande quantidade de matéria orgânica dissolvida (SIOLI, 1983).

Contudo, os fatores que determinam as reações biogeoquímicas interferem diretamente na assinatura química das águas (CUSTODIO e LLAMAS, 1976; HEM, 1985).

2.3 Tratamentos estatísticos

Considerando o número e a complexidade de reações possíveis resultantes da interação da água com fatores ambientais diversos, torna-se necessário recorrer a ferramentas adequadas que possam melhor discriminar os processos e quantificar suas influências na variabilidade química da amostragem (REZENDE-FILHO, 2011).

Dentre tais ferramentas, tratamentos estatísticos calcados nos métodos de análises multivariadas têm sido muito empregados, pois analisam múltiplas variáveis simultaneamente (ANDERSON et. al., 2005; CORNIELES, 1997 apud REZENDE-FILHO, 2011). Sendo composta por diferentes métodos de ordenação, a análise multivariada permite estabelecer combinações em um grande número de variáveis, visando assim, sua redução com perda mínima da informação total contida nos dados (WESTRA et. al., 2007; HOLLAND, 2008; HAIR, et. al. 2009).

Dentre os métodos de tratamento estatístico, a Análise em Componentes Principais (ACP) tem destaque, pois possibilita identificar e hierarquizar as fontes da variabilidade química das amostragens (REZENDE-FILHO, 2011).

Esse tipo de estudo pode ser realizado em várias escalas. Maquet et. al. (2011), caracterizaram duas sub-regiões montanhosas nas nascentes da bacia do rio Amazonas, com área de aproximadamente 850.000 km². Esses autores

mostraram a importância tanto da região andina, quanto da planície amazônica no balanço total do Carbono na bacia Amazônica via alteração de silicatos.

Cornieles (1997 apud Rezende-Filho, 2011) trabalhou em bacias encaixadas nos Andes Venezuelanos abrangendo escalas de estudo de 8 a 1.540 km². Nessas bacias o estudo espacial das características químicas e isotópicas das águas acoplado a uma caracterização mineralógica do material em suspensão permitiu determinar os mecanismos climatológicos e geoquímicos responsáveis pelas características químicas das águas.

O uso de tratamentos estatísticos e geoestatísticos nessas diferentes escalas possibilitaram identificar a origem das águas e dos sedimentos nas águas dos rios estudados. Laraque et al. (2009) estudaram o transporte de sedimentos na bacia do rio Napo (100.000 km²), e mostraram o papel do soerguimento dos Andes na formação do mega leque aluvial do Pastaza. O controle geodinâmico aparece perturbado por eventos pontuais de erupções vulcânicas, terremotos e escorregamentos. Em escala de tempo curto o monitoramento das características químicas das águas permite a deconvolução do sinal do hidrograma da cheia. Por meio de traçadores diversos, utilizados em uma bacia hidrográfica de aproximadamente 0,91 km² localizada ao sul da França, Ribolzi et al. (1996 apud Rezende-Filho, 2011) quantificaram a contribuição do escoamento superficial (80%), e do fluxo de base (20%) na descarga do rio.

Utilizando a Análise em Componentes Principais, Chaves et al. (2008) e Neill et al. (2011) quantificaram as alterações do balanço hídrico de uma microbacia da Amazônia resultantes de mudanças no uso e ocupação das terras durante o desmatamento da floresta para pastagem.

Rezende-Filho et al. (2012) discriminaram três polos químicos nas águas que abastecem a planície de Pantanal e quantificaram o papel da geologia (60% da variabilidade total), e do uso e ocupação das terras (15% da variabilidade total) na composição químicas dessas águas. Chen et. al. (2007) utilizou a ACP para estudar dados de elementos traços em águas subterrâneas em uma área costeira, em Shenzhen, China.

Li et. al. (2009) utilizaram a Análise em Componentes Principais (ACP) para estudar a qualidade das águas na bacia do rio Han, China, considerando a

influência da ocupação e uso das terras, bem como da cobertura do solo na bacia. Com a mesma metodologia, Zhang et. al. (2010) investigaram a qualidade das águas superficiais na bacia do rio Xiangjiang, China, e os resultados revelaram uma tendência decrescente para os metais pesados e uma tendência crescente para o fator orgânico, considerando a escala anual.

2.4 Vazão, área drenada e sedimentos suspensos

A capacidade de transporte é um fator importante para os estudos de sedimentos em suspensão, pois está relacionado à velocidade do fluxo, o que influencia diretamente a quantidade de sedimento que é transportado. Os sedimentos mais finos, em geral são transportados em vazões baixas. Já as partículas mais grosseiras, são transportadas em leito nos períodos de altas vazões, isto é, quando o rio atinge maior velocidade de escoamento (CARDOSO, 2013).

Diversos autores (WALLING e WEBB, 1986; SYVITSKI et al., 2003; WALLING e FANG, 2003) já apontaram a diferença considerável entre a quantidade de sedimentos de leito e a quantidade de sedimentos suspensos. Em geral, essa diferença pode atingir 95%. Porém, é importante considerar que a carga de sedimentos em suspensão transportada pelos canais fluviais varia muito ao longo do ano, isto por que existem variações no regime hídrico (precipitação, vazão) e modificações (naturais ou antrópicas) no estado do solo e da cobertura vegetal (MORTATTI e PROBST, 1998).

Em regiões temperadas, existe uma correlação positiva entre a carga de sedimentos em suspensão e os valores de vazão. Quanto maior a vazão, maior a concentração de sedimentos em suspensão, mostrando que o pico de concentração ocorre em períodos de cheia. Porém, em regiões tropicais e equatoriais, a correlação não é tão simples e em muitos casos ocorrem defasagens consideráveis. Normalmente, nestas regiões, o pico de concentração de sedimentos em suspensão ocorre durante o período de subida das águas (MORTATTI e PROBST, 1998).

Nota-se então que não existe uma sincronia entre vazão e o transporte de sedimentos, podendo existir uma variação na carga transportada em uma mesma vazão. Esse atraso de um fenômeno físico em relação a outro é denominado histerese (WILLIAMS, 1989; SEEGER et al., 2004; ZABALETA et al., 2007; NADAL-ROMERO et. al., 2008; MINELLA et al., 2011).

Existem vários tipos de estudos de vazão (mínimas, médias, máximas) e cada um pode ser utilizado como método de regionalização de vazões contribuindo para o estabelecimento de planos para gestão ambiental. Dentre estes, tem destaque os estudos de vazões específicas, que se refere à quantidade de água que passa por uma determinada seção de um rio em uma unidade de tempo, sendo diretamente ligada a área drenada (WALLING, 1983; OWENS e SLAYMAKER, 1992).

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e os métodos utilizados foram divididos em 3 (três) partes. A primeira, voltada à aquisição de dados, inclui: confecções de cartas e trabalhos de campo com coletas de amostras de águas, medidas de parâmetros físico-químicos, e de vazão dos rios. A segunda parte refere-se às análises químicas e sedimentos suspensos das amostras de água em laboratório. A terceira refere-se aos tratamentos dos dados, por métodos estatísticos como análises em componentes principais (ACP) e suas expressões cartográficas.

3.1 Aquisição de dados

3.1.1 Documentos de base

A primeira etapa de trabalho consistiu em elaborar cartas digitais da drenagem e da litologia, partindo dos documentos de base pré-existentes, e auxílio de softwares.

Para obter-se um banco de dados foram utilizados os arquivos digitais da rede drenagem (IBGE, 2012; escala 1:250.000); cartas topográficas (IBGE, 2003) e geológicas (CPRM, 2004) Folha SF21 Campo Grande, ambas em escala 1:1.000.000. O banco de dados foi organizado através dos softwares ArcViewGis, ArcExibe, AutoCAD, TrackMaker, Global Mapper, Google Earth, Corel Draw e Surfer.

Uma vez constituído o banco de dados foi feita a digitalização, e retificação, da rede de drenagem por meio de imagens de satélite disponíveis no Google Earth. Posteriormente, foram inseridas rodovias e a localização das cidades, completando uma base digital organizada para que as informações pudessem ser disponibilizadas e cruzadas, sobrepostas, no momento da confecção dos mapas.

3.1.2 Escolha dos pontos de amostragens

Com as informações geradas foram identificados diversos pontos de coleta, considerando-se os principais cursos d'água (rio, ribeirão e córrego), o tipo de geologia local, e as vias de acesso. As rotas para coletas de amostras foram

traçadas aproveitando os cruzamentos dos cursos d'água com as estradas. Esta rota deu acesso a 50 pontos de coletas georreferenciados com um GPS portátil modelo Etrex Vista H, marca Garmin (Tabela 1 e Figura 9). Desses 50 pontos, 22 se localizam na margem esquerda do rio Miranda, 18 na margem direita, 7 ao longo do próprio rio Miranda, e 3 a montante da sub-bacia nos rios que formam o Miranda (Rio das Velhas e Rio Santo Antônio).

Tabela 1 - Localização dos rios amostrados.

Nº da amostra	LOCALIZAÇÃO	UTM (SAD 69)		Tipos de coleta		
		Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)	Q	S	V
R36	Rio Cavadongo	638091	7660489	x		
R21	Rio Midaque	620791	7655892	x		
R20	Rio Canindé	620790	7659729	x		
P58	Rio Nioaque	621121	7661116	x	x	x
R19	Rio Urumbeba	621840	7660489	x		
R39	Córrego das areias	619303	7667952	x		
R16	Córrego Guaxupé	608363	7687233	x		
R17	Rio Nioaque	605290	7687669	x		
R18	Córrego Bom Jardim	601973	7687384	x		
R40	Córrego Marimbondo	606335	7701908	x		
R13	Rio Nioaque	600054	7703468	x		
R14	Córrego Buriti	597911	7723218	x		
R15	Córrego Taquaraí	589803	7725164	x		
R11	Rio Miranda	594664	7703762	x		
R12	Sem identificação	592949	7706588	x		
R10	Córrego da Onça	592508	7704432	x		
R9	Córrego Taromã	584860	7700700	x		
R8	Córrego Roncador	581529	7693169	x		
R7	Córrego Barreiro	581712	7690784	x		
R6	Rio Bacuri	576924	7680247	x		
R5	Sem identificação	571183	7673507	x		
R4	Rio Mimoso	564679	7670105	x		
R3	Rio Formoso	563962	7665022	x	x	x
R35	Córrego Mutum	574946	7648545	x		
R34	Rio Miranda	580312	7645804	x	x	x
R32	Rio Miranda	580596	7645145	x		
R31	Córrego Patriota	584563	7653231	x		
R30	Sem identificação	584463	7643461	x		
R30a	Sem identificação	584292	7642955	x		

Continuação

Nº da amostra	LOCALIZAÇÃO	UTM (SAD 69)		Tipos de coleta		
		Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)	Q	S	V
P57	Rio Miranda	590183	7626009	X		
P44	Córrego Olaria	543265	7686867	X		
R24	Rio das Velhas	590608	7625532	X		
R26	Rio Santo Antônio	597284	7625819	X		
R25	Rio Santo Antônio	592729	7625285	X		
R23	Rio Miranda	590498	7625773	X	X	X
R29	Rio da Prata	555063	7629322	X		
R28	Rio Verde	566964	7626570	X		
R27	Córrego Cachoeirinha	584811	7625243	X		
R2	Córrego Taquaruçu	539261	7698483	X		
P43	Rio Betione	536000	7718914	X		
R37	Córrego Campina	529550	7728010	X		
R38	Rio Salobra	521860	7733011	X		
R42	Córrego Acampamento	534592	7737272	X		
R41	Sem identificação	541786	7732815	X		
P42	Rio Chapena	561439	7726330	X	X	X
P41	Rio Betione	557391	7743003	X		
R1	Córrego Poeira	569612	7743919	X		
P38	Rio Miranda	551686	7767330	X	X	X
P39	Rio Salobra	544383	7763670	X	X	X
P40	Rio Miranda	562694	7761747	X		

Legenda: Q = Química; S = Sedimentos; V = Vazão.

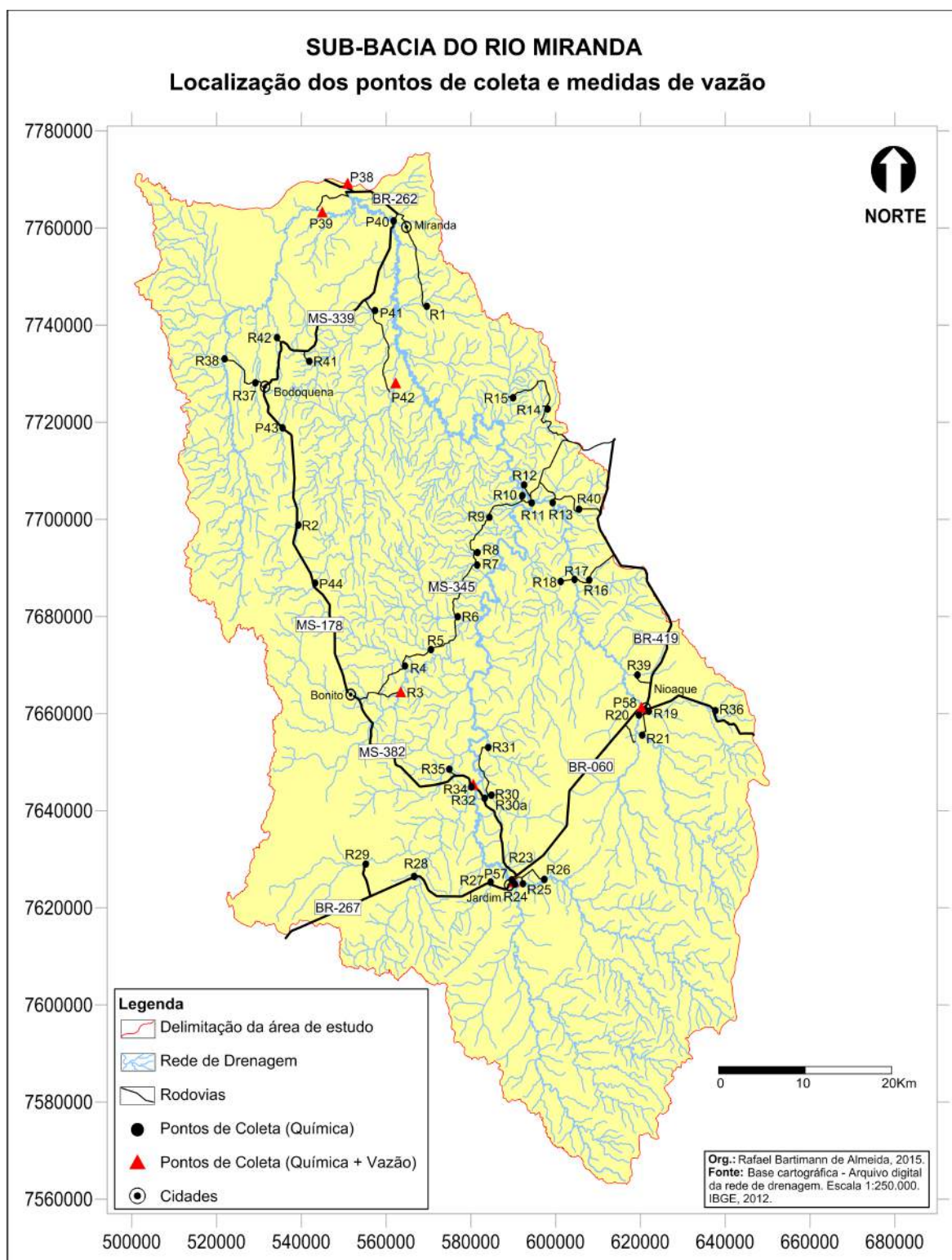


Figura 9 - Mapa da distribuição dos pontos de coleta.

Dentre os 50 pontos de amostragens selecionados para análises químicas das águas, 7 foram escolhidos para realizar medidas de vazão, e coletas de águas para quantificar a carga de sedimentos em suspensão (Figura 10). Estes

pontos foram escolhidos em função das áreas drenadas, do rio amostrado, do tipo de litologia por ele percorrida, e dos tipos de uso e ocupação da terra. Assim, foram selecionados 3 pontos ao longo do rio Miranda, 1 ponto nos rios Nioaque, Salobra, Formoso e Chapena.

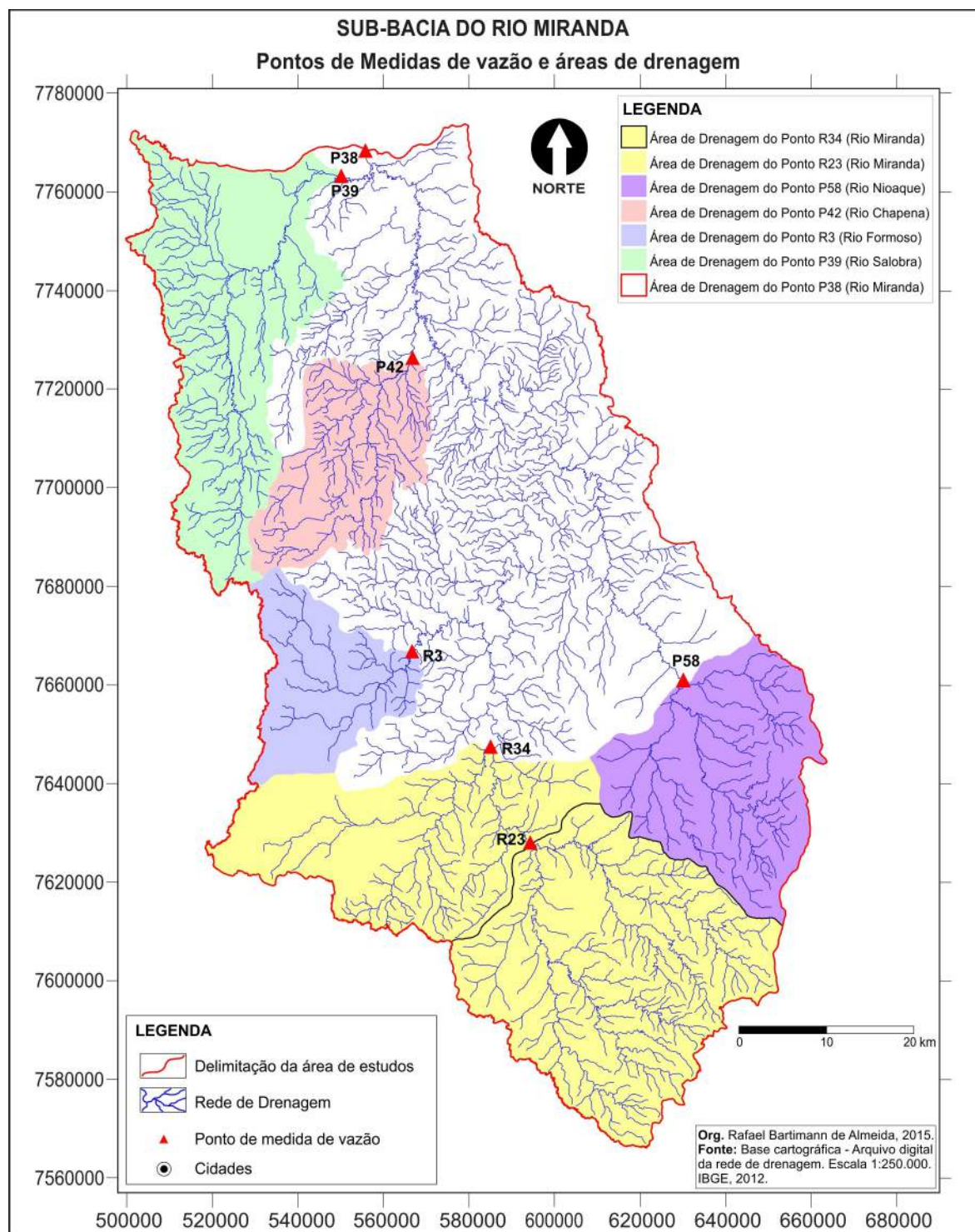


Figura 10 - Mapa de localização dos pontos de medida de vazão.

3.1.3 Monitoramento físico-químico das águas

O monitoramento físico-químico das águas em campo foi realizado nos meses de julho e outubro (2013) e janeiro e abril (2014), um em cada uma das quatro estações do ano, a fim de completar um ciclo hidrológico completo.

Nos trabalhos de campo foram realizados: **1)** medidas de parâmetros físico-químicos (pH, Condutividade Elétrica e Temperatura da água); **2)** coleta de água para análise química; **3)** Filtração de amostras; **4)** coleta de água para identificação da carga de sedimentos em suspensão; **5)** medidas de vazão por ADCP. Cada saída de campo teve duração de quatro dias, e as amostragens foram agrupadas por localização e rotas de acesso (Quadro 1).

Quadro 1 - Pontos coletados por dia em cada saída de campo.

DIA	PONTOS COLETADOS
1º dia	R36; R39; R21; R20; P58; R19; R16; R17; R18.
2º dia	R40; R13; R14; R15; R11; R12; R10; R9; R8; R7; R6; R5; R4; R3.
3º dia	R35; R34; R32; R31; R30; R30a; P57; R24; R26; R25; R23; R29; R28; R27.
4º dia	P44; R2; P43 R37; R38; R42; R41; P42; P41; R1; P38; P39; P40.

Os parâmetros físico-químicos, como condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH) e temperatura (T °C) foram diretamente medidos no campo com um pHmetro e um condutivímetro, ambos da marca HANNA, modelos HI 98140 e HI 9835, respectivamente (Foto 1).



Foto 1 - pHmetro e Condutivímetro utilizados na aquisição dos parâmetros físico-químicos das águas.

As amostras das águas destinadas a análise química foram coletadas em todos os pontos selecionados com um coletor de 2 litros (Foto 2), sempre que possível, no centro do canal do rio. Essas amostras foram acondicionadas em frascos de 250 ml, e posteriormente submetidas a um processo de filtração. Também foram realizadas coletas de amostras de água destinadas a quantificação da carga de sedimentos em suspensão. Estas amostras foram acondicionadas em frascos de 500 ml, identificadas e preservadas até sua análise em laboratório.



Foto 2 - Coleta de água no centro do canal fluvial, rio Miranda (Bonito-MS).

As amostras das águas destinadas a análise química foram filtradas no mesmo dia da coleta com filtros de acetato de celulose ($0,42\ \mu\text{m}$) e uma bomba manual a vácuo (modelo VPS2 marca UMS). Essa bomba é acoplada ao sistema de filtração de polycarbonato (marca Sartorius Stedim Biotech), onde o filtro é instalado (Figura 11). Em seguida, a água filtrada foi armazenada em frascos de 125 ml (Modelo High Density Poly Ethylen (HDPE) da Nalgene®), e preservada ao abrigo da luz a uma temperatura de 4°C , até suas análises em laboratório.

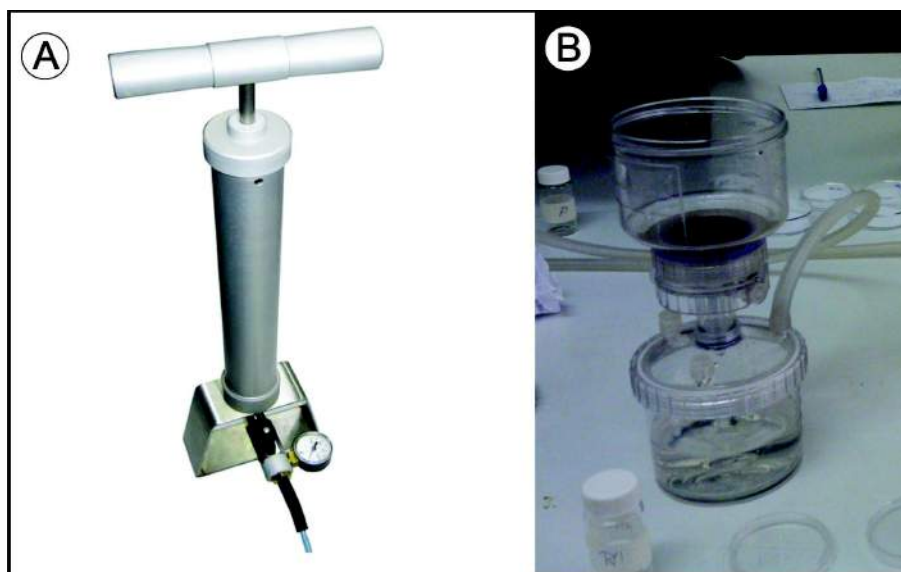


Figura 11 - A) Bomba a vácuo manual e B) Sistema de Filtração.

As medidas de vazão dos rios foram feitas com um ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), modelo M9, marca SONTEK. Este aparelho constitui um sistema acústico projetado para realizar levantamentos batimétricos e medidas de vazão. O procedimento de amostragem de vazão com ADCP deve ser feito no mínimo com quatro travessias regulares, composta sempre de ida e volta, cujo resultado preliminar pode ser observado em tempo real no computador ou no smartphone, durante a travessia.

Neste trabalho, as medidas de vazão foram feitas a partir das pontes com auxílio de uma corda (Foto 3). Foram demarcados dois pontos fixos que representam o ponto inicial (P.I) e o ponto final (P.F) da travessia. Estes pontos devem ter profundidade superior a 20 cm, uma vez que o ADCP não afere profundidades inferiores. Com o auxílio de uma trena, deve-se medir a distância da margem inicial (A) até o ponto inicial e a distância da margem final (B) até o ponto final (Figura 12).



Foto 3 - Medida de vazão com ADCP no rio Salobra (município de Miranda).

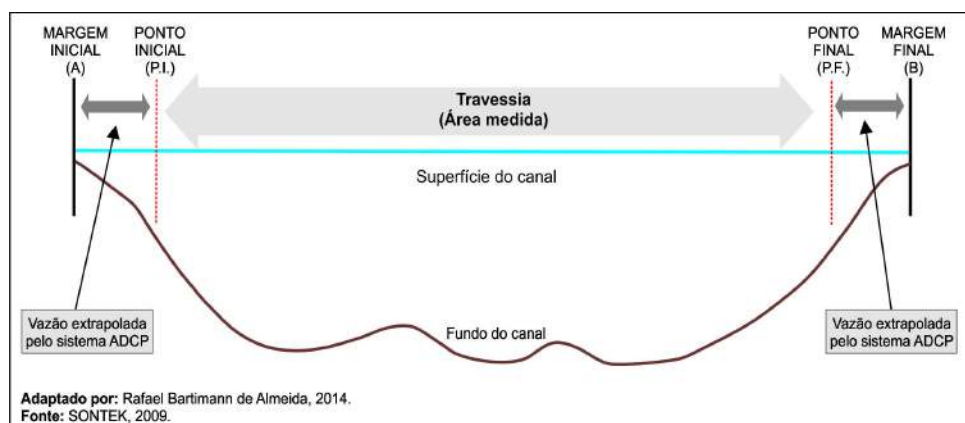


Figura 12 - Procedimento para medir a vazão com o ADCP.

O perfil do rio e a vazão são determinados pelo sistema ADCP, considerando a travessia realizada entre os pontos inicialmente definidos. A vazão entre os pontos e as margens reais serão automaticamente extrapolados pelo sistema do ADCP através de uma técnica conhecida como Extrapolação do Perfil de Velocidade, que permite ainda avaliar e extrapolar as áreas não medidas na superfície e no fundo do rio.

3.2 Análises de laboratório

As amostras de água coletadas no campo foram enviadas ao Laboratório de Ecologia Isotópica, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da

Universidade de São Paulo (USP) para análises dos elementos maiores (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Alcalinidade) e quantificação da carga de sedimentos em suspensão.

As amostras de água armazenadas nos frascos de 125 ml foram destinadas as análises químicas (elementos maiores). O potássio (K^+) e sódio (Na^+) foram analisados com fotômetro de chamas, modelo Q498, marca Químis. O Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}) foram analisados por ICP (*Inductively Coupled Plasma*). O Cloreto (Cl^-), o Nitrato (NO_3^-) e o Sulfato (SO_4^{2-}) foram analisados por Cromatografia Iônica (Dionex). A Alcalinidade Carbonatada (Alc_c) foi obtida por titulação ácida (HCl , 0,1N) com um titulador modelo HI 902c, marca Hanna, baseada no método de Gran (1952).

$$F = \text{Vamostra} \times 10^{-\text{pH}} \quad (1)$$

A quantificação da carga de sedimentos em suspensão foi realizada a partir das amostras de água armazenadas nos frascos de 500 ml. Essas amostras foram filtradas com uma bomba a vácuo elétrica (modelo 14014 POS, da Nevoni), acoplada ao sistema de filtração de polycarbonato (marca Sartorius Stedim Biotech) contendo filtros de fibra de vidro com porosidade $< 2 \mu\text{m}$ (Foto 4).

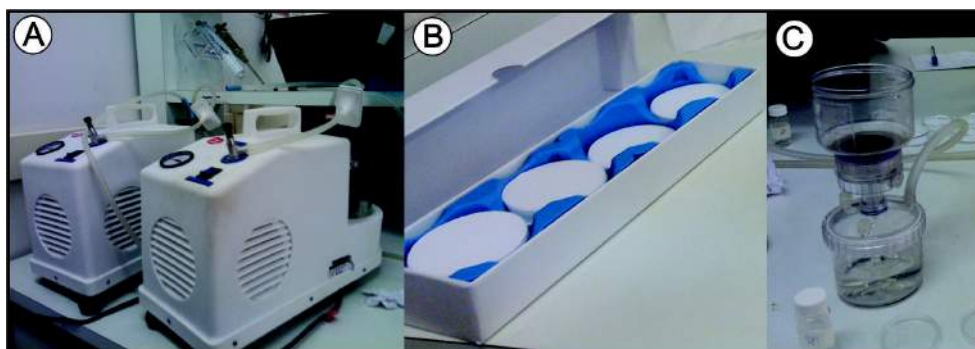


Foto 4 - A) Bomba elétrica; B) Filtros e C) Sistema de Filtração.

Antes da filtração, os filtros foram colocados para secar em estufa a 350°C durante 6 horas e em seguida foram pesados em balança analítica de ultraprecisão da marca FACT para identificação do peso inicial dos filtros (P.I.). Após a filtração das amostras, os filtros foram submetidos a um processo de secagem, realizado em estufa a 60°C por 12 horas, a fim de retirar toda a

umidade do filtro. Posteriormente, os filtros foram novamente pesados para identificar o peso final dos filtros (P.F.). Para obter a carga de sedimentos suspensos foi aplicada a seguinte fórmula/equação:

$$CS = (PF - PI) \times 2 \quad (2)$$

Onde:

CS = Carga de Sedimentos;

PI = Peso Inicial do Filtro;

PF = Peso Final do Filtro;

A carga de sedimentos (gramas por litro) é representada pela diferença entre o peso final (P.F.) e o peso inicial (P.I.) dos filtros multiplicado por 2.

3.3 Tratamento dos dados

Os resultados das análises físico-químicas foram tratados separadamente através da Análise em Componentes Principais (ACP), que é considerado um tratamento clássico de dados hidroquímicos. Este método de ordenamento permite discriminar e hierarquizar, no tempo e/ou no espaço, os processos responsáveis pela variabilidade dos dados coletados (REZENDE-FILHO, 2011).

O método da ACP mais pertinente para nossos estudos é aquele baseado em matrizes de correlações, onde as variáveis são normalizadas em função da média e do desvio padrão. Neste sentido, é relevante destacar que cada variável apresenta o mesmo peso, independente do tipo de unidade escolhida mol/L, mmol/L, Meq/L, $\mu\text{S/m}$, $\mu\text{S/cm}$. Assim, é possível tratar e comparar variáveis com unidades diferentes, sejam parâmetros físico-químicos (Ca^{2+} , Na^{+} dentre outros, condutividade elétrica, temperatura), sejam parâmetros sem unidade de medida, como o pH (REZENDE-FILHO, 2011).

A Análise em Componentes Principais (ACP) destaca eixos fatoriais, onde cada eixo representa determinada porcentagem, ou fonte de variabilidade química da amostragem. A contribuição de cada fonte na variabilidade total da amostragem é representada pelo valor próprio de cada eixo fatorial. O estudo desses valores permite hierarquizar fontes de variabilidade, bem como identificar processos a elas associados (REZENDE-FILHO, 2011).

Os eixos são ortogonais em um multi-espaco, e isto traduz, teoricamente, processos independentes entre si. A hierarquização é feita em função do valor próprio associado a cada eixo. Em geral, nas ciências da terra, é delicado, e mesmo difícil, interpretar eixos fatoriais que representam menos de 10% da variabilidade total (REZENDE-FILHO, 2011).

Assim, o primeiro eixo fatorial é aquele representado pelo valor próprio mais elevado, ou seja, que tem maior peso na amostragem. Em seguida, com valores próprios respectivamente menores, aparecem o segundo e o terceiro eixo. O cruzamento do primeiro eixo fatorial com o segundo eixo fatorial forma o primeiro plano fatorial. Já o cruzamento dos eixos 1 e 3, formam o segundo plano fatorial (REZENDE-FILHO, 2011).

Já os dados de vazão adquiridos no campo por meio do aparelho ADCP foram tratados através do software River Surveyor®. Foram utilizados quatro arquivos individuais, que representam quatro travessias (duas idas e duas vindas), e o resultado considerado foi a média aritmética entre os mesmos, considerando um desvio padrão abaixo de 5%, conforme aponta o roteiro para medição de vazão com ADCP, da Agência Nacional da Águas (ANA, 2014).

3.4 Espacialização dos resultados

Os resultados da análise em componentes principais (ACP) aparecem, de forma condensada, em eixos fatoriais. Considerando que cada ponto de amostragem tem uma coordenada, os principais eixos fatoriais, classificados de acordo com seu valor próprio, podem ser distribuídos espacialmente na sub-bacia do rio Miranda-MS e representados cartograficamente a partir da coordenada de cada ponto no eixo fatorial. A extrapolação dos dados na bacia foi realizada por krigagem automática a partir de um variograma linear com auxílio do software Surfer.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4 AS ÁGUAS DA SUB-BACIA DO RIO MIRANDA-MS

Os resultados das 4 coletas (parâmetros físico-químicos e os elementos maiores) foram tratados por Análise em Componentes Principais (ACP). Esse tratamento tem como objetivo discriminar e hierarquizar os fatores de variabilidade na química das águas.

4.1 Análise em Componentes Principais (ACP)

4.1.1 Estatística descritiva dos dados

As estatísticas descritivas (Tabelas 2) dos resultados apresentam uma larga variabilidade da Condutividade Elétrica (CE) nos quatro campos, com valor mínimo de 17,11µS/cm no campo 4e máximo de 610 µS/cm no campo 2. O maior coeficiente de variação foi registrado na variável Sulfato (SO_4^{2-}), seguido pelo Nitrato (NO_3^-) nos campos 1, 2 e 4. No campo 3, o sódio (Na^+) aparece como o segundo maior valor.

Tabela 2 - Estatística descritiva das ACP's.

	Variáveis	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-Padrão	CV
CAMPO 1	CE	µS/cm	23,9	585	250,857	164,007	0,65
	pH	-	6,830	8,440	7,865	0,346	0,04
	Alc	mmolc	0,207	5,924	2,483	1,655	0,67
	Ca^{2+}	mmol/L	0,042	2,003	0,834	0,601	0,72
	Mg^+	mmol/L	0,009	0,992	0,300	0,252	0,84
	Na^+	mmol/L	0,028	0,500	0,178	0,110	0,62
	K^+	mmol/L	0,010	0,190	0,051	0,034	0,67
	Cl^-	mmol/L	0,009	0,135	0,044	0,029	0,66
	SO_4^{2-}	mmol/L	0,001	0,087	0,009	0,016	1,79
	NO_3^-	mmol/L	0,000	0,008	0,001	0,001	1,52
CAMPO 2	CE	µS/cm	26,71	610	245,862	175,057	0,71
	pH	-	6,890	8,440	7,842	0,393	0,05
	Alc	mmolc	0,232	6,018	2,385	1,748	0,73
	Ca^{2+}	mmol/L	0,046	1,840	0,784	0,621	0,79
	Mg^+	mmol/L	0,013	1,033	0,303	0,268	0,88
	Na^+	mmol/L	0,024	0,728	0,191	0,130	0,68
	K^+	mmol/L	0,009	0,191	0,077	0,049	0,64
	Cl^-	mmol/L	0,014	0,256	0,050	0,041	0,82
	SO_4^{2-}	mmol/L	0,000	0,148	0,010	0,023	2,29
	NO_3^-	mmol/L	0,000	0,007	0,001	0,001	1,67

Continuação

	Variáveis	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-Padrão	CV
CAMPO 3	CE	µS/cm	20,75	497	200,655	149,624	0,75
	pH	-	6,980	8,440	7,817	0,382	0,05
	Alc	mmolc	0,199	5,250	1,955	1,517	0,78
	Ca ²⁺	mmol/L	0,050	1,586	0,556	0,437	0,79
	Mg ⁺	mmol/L	0,019	1,314	0,340	0,341	1,00
	Na ⁺	mmol/L	0,022	1,387	0,146	0,204	1,39
	K ⁺	mmol/L	0,005	0,146	0,057	0,037	0,64
	Cl ⁻	mmol/L	0,005	0,159	0,033	0,025	0,74
	SO ₄ ²⁻	mmol/L	0,000	0,070	0,007	0,013	1,93
	NO ₃ ⁻	mmol/L	0,000	0,001	0,000	0,000	0,81
CAMPO 4	CE	µS/cm	17,110	569	222,355	174,913	0,79
	pH	-	6,450	8,720	7,799	0,524	0,07
	Alc	mmolc	0,183	5,705	2,164	1,781	0,82
	Ca ²⁺	mmol/L	0,036	1,779	0,644	0,544	0,85
	Mg ⁺	mmol/L	0,013	1,368	0,388	0,410	1,06
	Na ⁺	mmol/L	0,021	0,357	0,113	0,076	0,67
	K ⁺	mmol/L	0,006	0,135	0,053	0,032	0,59
	Cl ⁻	mmol/L	0,008	0,167	0,038	0,026	0,69
	SO ₄ ²⁻	mmol/L	0,000	0,111	0,010	0,022	2,14
	NO ₃ ⁻	mmol/L	0,000	0,009	0,000	0,001	2,57

Legenda: CV = Coeficiente de Variação;

4.1.2 Matriz de correlação

As matrizes de correlação (Tabela 3) apontaram uma correlação positiva entre Alcalinidade (Alc) e Condutividade Elétrica (CE), apresentando valores acima de 0,995. Em todas as ACP's, também ocorreram correlações positivamente significativas do Cálcio (Ca²⁺) e do Magnésio (Mg⁺) com a Condutividade Elétrica (CE) e com a Alcalinidade (Alc).

Tabela 3 - Matriz de correlação das ACP's

	Variáveis	CE	pH	Alc	Ca ²⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
ACP 1	CE	1,000									
	pH	0,806	1,000								
	Alc	0,998	0,813	1,000							
	Ca ²⁺	0,967	0,785	0,966	1,000						
	Mg ⁺	0,867	0,725	0,879	0,736	1,000					
	Na ⁺	0,075	0,033	0,053	-0,033	0,054	1,000				
	K ⁺	-0,177	-0,276	-0,199	-0,223	-0,225	0,548	1,000			
	Cl ⁻	0,372	0,177	0,345	0,335	0,236	0,637	0,385	1,000		
	SO ₄ ²⁻	0,558	0,348	0,535	0,558	0,373	0,324	0,138	0,677	1,000	
	NO ₃ ⁻	0,326	0,132	0,297	0,406	0,043	0,048	0,141	0,406	0,484	1,000
ACP 2	CE	1,000									
	pH	0,746	1,000								
	Alc	0,997	0,750	1,000							
	Ca ²⁺	0,982	0,760	0,980	1,000						
	Mg ⁺	0,917	0,681	0,931	0,861	1,000					
	Na ⁺	0,148	0,090	0,144	0,050	0,062	1,000				
	K ⁺	-0,314	-0,554	-0,322	-0,389	-0,311	0,422	1,000			
	Cl ⁻	0,285	0,099	0,261	0,199	0,205	0,693	0,257	1,000		
	SO ₄ ²⁻	0,440	0,285	0,408	0,441	0,326	0,253	0,062	0,401	1,000	
	NO ₃ ⁻	-0,080	-0,290	-0,084	-0,065	-0,089	-0,187	0,299	-0,058	0,036	1,000
ACP 3	CE	1,000									
	pH	0,748	1,000								
	Alc	0,995	0,741	1,000							
	Ca ²⁺	0,935	0,691	0,937	1,000						
	Mg ⁺	0,923	0,675	0,926	0,766	1,000					
	Na ⁺	0,158	0,224	0,158	0,005	0,071	1,000				
	K ⁺	-0,197	-0,260	-0,197	-0,244	-0,196	0,253	1,000			
	Cl ⁻	0,258	0,177	0,250	0,188	0,223	0,307	0,512	1,000		
	SO ₄ ²⁻	0,468	0,319	0,455	0,420	0,398	0,254	0,185	0,421	1,000	
	NO ₃ ⁻	0,298	0,279	0,284	0,341	0,230	-0,153	-0,354	-0,019	-0,032	1,000
ACP 4	CE	1,000									
	pH	0,789	1,000								
	Alc	0,998	0,786	1,000							
	Ca ²⁺	0,962	0,770	0,954	1,000						
	Mg ⁺	0,907	0,714	0,921	0,767	1,000					
	Na ⁺	0,033	-0,008	0,000	0,033	-0,110	1,000				
	K ⁺	-0,437	-0,494	-0,454	-0,472	-0,428	0,653	1,000			
	Cl ⁻	0,258	0,198	0,219	0,305	0,033	0,822	0,352	1,000		
	SO ₄ ²⁻	0,462	0,290	0,432	0,476	0,298	0,595	0,115	0,803	1,000	
	NO ₃ ⁻	0,310	0,241	0,284	0,430	0,043	0,342	-0,099	0,643	0,514	1,000

4.1.3 Valores próprios e variância explicada

Os valores próprios e a variância explicada por cada eixo fatorial (Tabela 4) permitem hierarquizar os fatores de variabilidade.

Os eixos 1 e 2 comportam mais informação do que uma variável sozinha, porém, no eixo 3, os valores são muito próximos a 1, e comportam menos informação do que uma única variável sozinha. Nesse caso, não existe concentração da informação pelo tratamento da ACP.

Nota-se que o primeiro eixo fatorial explica entre 48,46% (ACP3) e 51,28% (ACP4) da variabilidade química total das amostragens (50,89% na ACP1; 49,34% na ACP2; 48,46% na ACP3 e 51,28% na ACP4). Esse valor é elevado considerando o número de observações (50) e o número de variáveis (9). O segundo eixo fatorial apresentou taxas de variância explicada consideráveis, que variam de 20,37% até 29,36%. Sendo 23,36% na ACP1; 21,00% na ACP2; 20,37% na ACP3 e 29,36% na ACP4. Por último, próximo do ruído químico de amostragem, temos o terceiro eixo fatorial, que apresentou variância explicada entre 8,56% e 12,13% (10,48% na ACP1; 12,13% na ACP2; 8,56% na ACP3 e 9,00% na ACP4). Os três primeiros eixos fatoriais, explicam entre 77% (ACP3) e 89% (ACP4) da variabilidade das amostragens que vamos tentar decifrar.

Tabela 4 - Distribuição de valores próprios e variância explicada das ACP's.

	Vetor próprio	Valor próprio	Variância explicada (%)	Porcentagem Acumulada
ACP 1	Eixo 1	5,09	50,89	50,89
	Eixo 2	2,34	23,36	74,26
	Eixo 3	1,05	10,48	84,74
ACP 2	Eixo 1	4,93	49,34	49,34
	Eixo 2	2,10	21,00	70,34
	Eixo 3	1,21	12,13	82,47
ACP 3	Eixo 1	4,85	48,46	48,46
	Eixo 2	2,04	20,37	68,83
	Eixo 3	0,86	8,56	77,39
ACP 4	Eixo 1	5,13	51,28	51,28
	Eixo 2	2,94	29,36	80,64
	Eixo 3	0,90	9,00	89,64

4.1.4 O primeiro plano fatorial

O primeiro plano fatorial das ACP's, formado pelos eixos fatoriais 1 e 2, é representado nas Figuras 13 e 14.

A Variabilidade durante os quatro campos aparece muito similar.

O primeiro eixo fatorial (Figura 13) destaca positivamente um conjunto de variáveis formado por Alcalinidade (Alc), pH, Condutividade Elétrica (CE), Magnésio (Mg^{+}), e Cálcio (Ca^{2+}). Essas variáveis aparecem em oposição (pouco marcada) com o Potássio (K^{+}).

No eixo 1 destaca-se a oposição entre dois grupos de amostras baseada na condutividade elétrica (Figura 14). Portanto, podemos considerar este primeiro eixo como um eixo de mineralização das águas.

O primeiro grupo, composto de amostras concentradas, destaca os pontos R1 (córrego Poeira), R3 (rio Formoso), R4 (rio Mimoso), R6 (rio Bacurí), R7 (córrego Barreiro), R8 (córrego Roncador), R37 (córrego Campina), R41 (sem identificação), R42 (córrego Acampamento), P38 (rio Miranda); P43 (rio Betione) e P44 (córrego Olaria).

O segundo grupo, composto por amostras diluídas, é formado pelos rios R16 (córrego Guaxupé), R18 (córrego Bom Jardim), R27 (córrego Cachoeirinha), R28 (rio Verde), R30a (sem identificação), R39 (córrego das Areias) e R40 (córrego Marimbondo).

O segundo eixo fatorial (Figura 13) destaca positivamente um grupo de variáveis formado por Potássio (K^{+}), Sódio (Na^{+}) e Cloreto (Cl^{-}), e secundariamente o Sulfato (SO_4^{2-}).

No eixo 2 (Figura 14), destacam-se as amostras R16 (córrego Guaxupé), R42 (córrego Acampamento), R6 (rio Bacurí), R7 (córrego Barreiro), P42 (rio Chapena), R1 (córrego Poeira), R5 (sem identificação) e R15 (córrego Taquaraí).

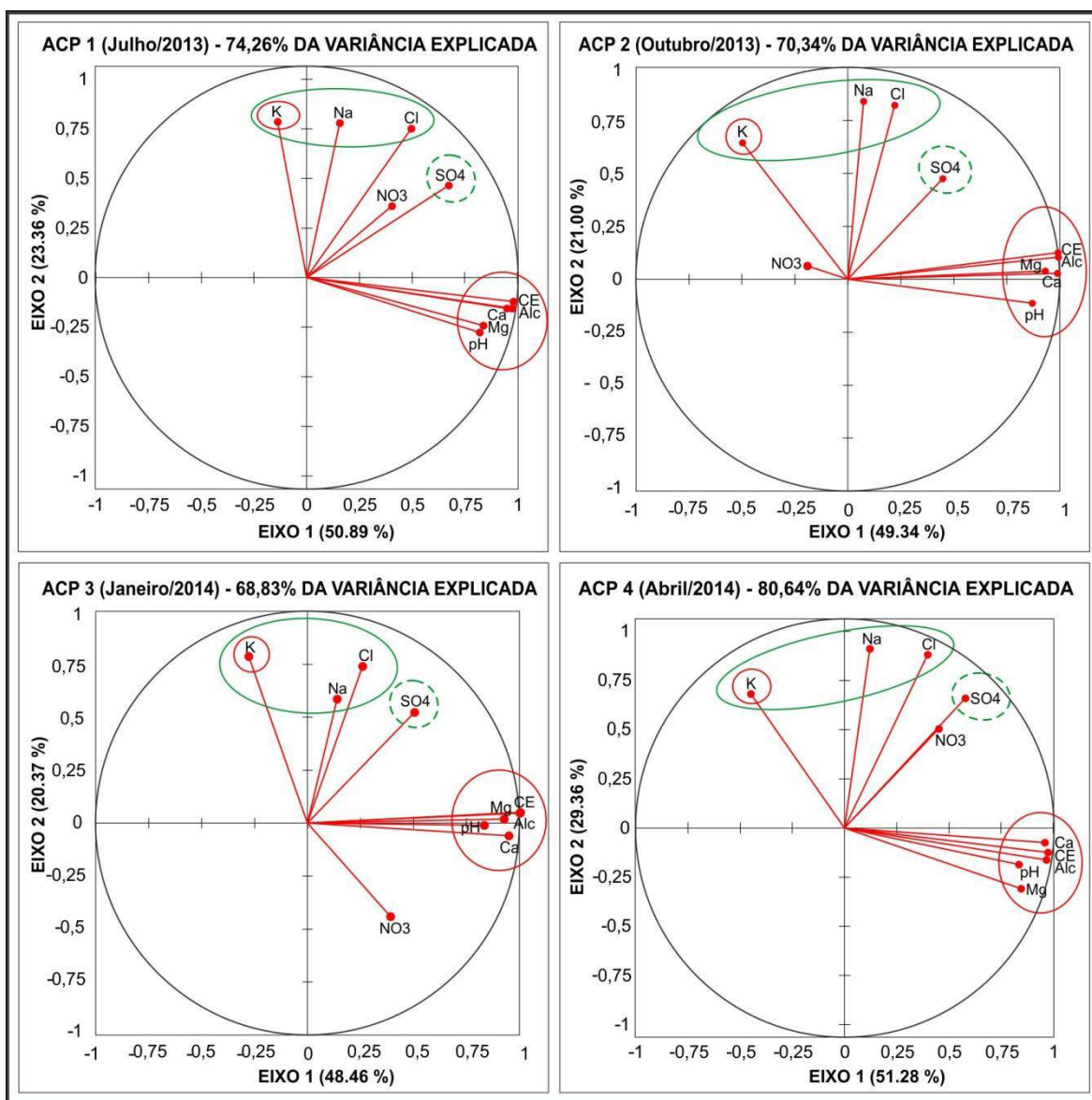


Figura 13 - Distribuição das variáveis no primeiro plano fatorial das ACP's.

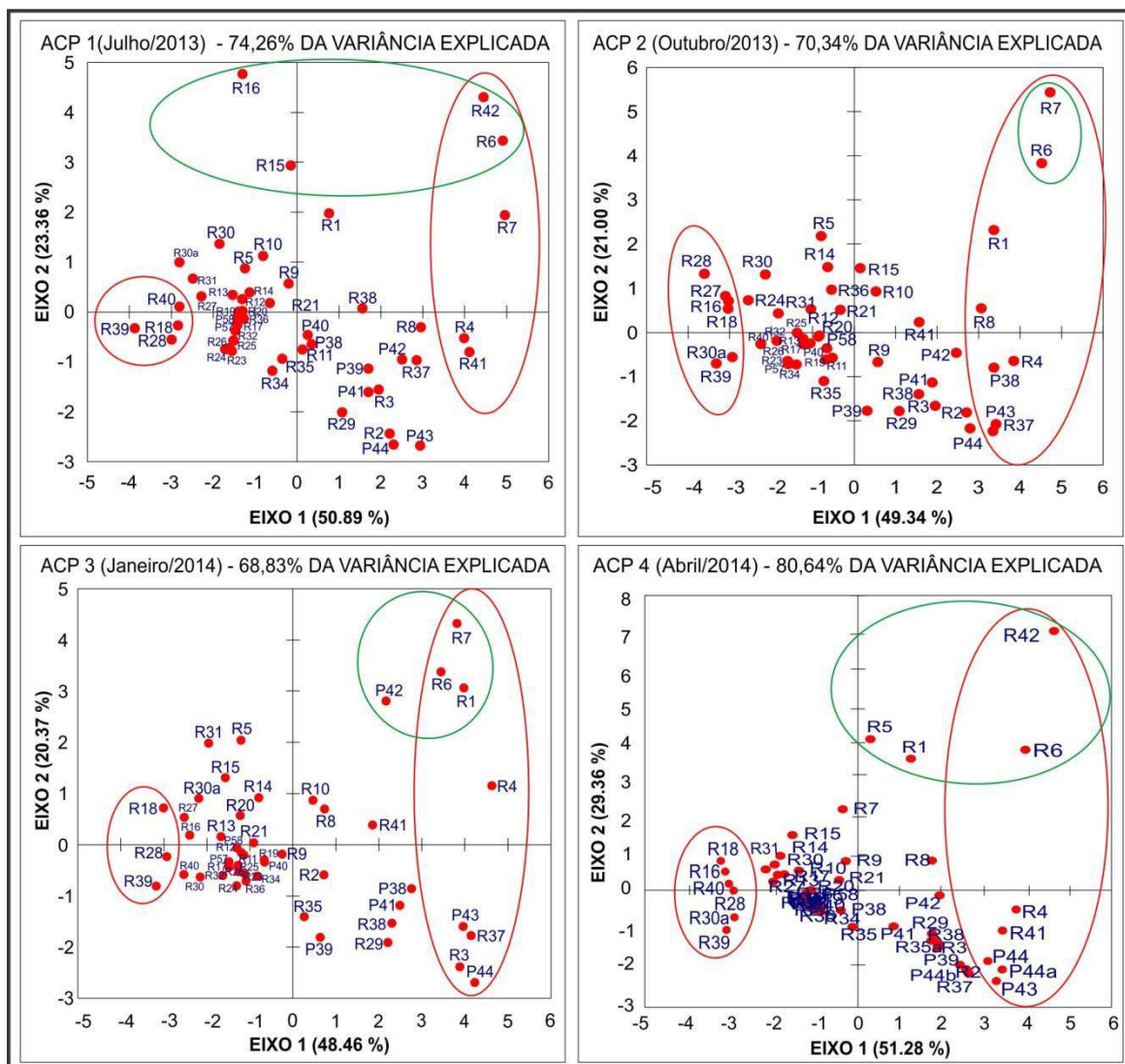


Figura 14 - Distribuição das amostras no primeiro plano fatorial das ACP's.

As amostras de água dos pontos R4 (rio Mimoso) e R6 (rio Bacurí) aparecem em todas as ACP's, enquanto as amostras dos pontos R8 (córrego Roncador) e P38 (rio Miranda) só aparecem na ACP2. Já a amostra R3 (rio Formoso) aparece apenas na ACP3.

Temos ainda amostras que ocorreram em três ACP's. A amostra R7 (córrego Barreiro) aparece nas ACP's 1, 2 e 3, enquanto a amostra P43 (rio Betione) aparece nas ACP's 2, 3 e 4 (Figura 14).

Algumas amostras de água aparecem em duas ACP's. O R42 (córrego Acampamento) e o R41 (sem identificação) aparecem nas ACP's 1 e 4. O R1

(córrego Poeira) e o R37 (córrego Campina) ocorrem nas ACP's 2 e 3. Já o P44 (córrego Olaria) aparece apenas nas ACP's 3 e 4.

As amostras R18 (córrego Bom Jardim), R28 (rio Verde) e R39 (córrego das Areias) estão presentes em todas as ACP's, enquanto a amostra R27 (córrego Cachoeirinha) aparece nesse grupo de águas diluídas somente na ACP2. Algumas amostras aparecem em duas ACP's. As amostras R16 (córrego Guaxupé) e R30a (sem identificação) aparecem nas ACP's 2 e 4. Já a amostra R40 (córrego Marimbondo) aparece nas ACP's 1 e 4 (Figura 14).

4.1.5 O segundo plano fatorial

O segundo plano fatorial das ACP's é formado pelos eixos 1 e 3 (Figuras 15 e 16).

O terceiro eixo fatorial explica 10,48% da variabilidade química na ACP1; 12,13% na ACP2; 8,56% na ACP3; e 9% na ACP4, representando o último eixo passível de análise, pois valores abaixo de 10% se aproximam do ruído químico ligado a soma das incertezas analíticas e/ou induzidas pelo procedimento de coleta das amostras. Consequentemente fica mais difícil atribuir um processo para eixos com valores próprios abaixo de 10% (Figura 15).

Em todas as ACP's, percebemos que o terceiro eixo fatorial coloca o Nitrato (NO_3^-) em oposição ao Sódio (Na^+) (Figura 15).

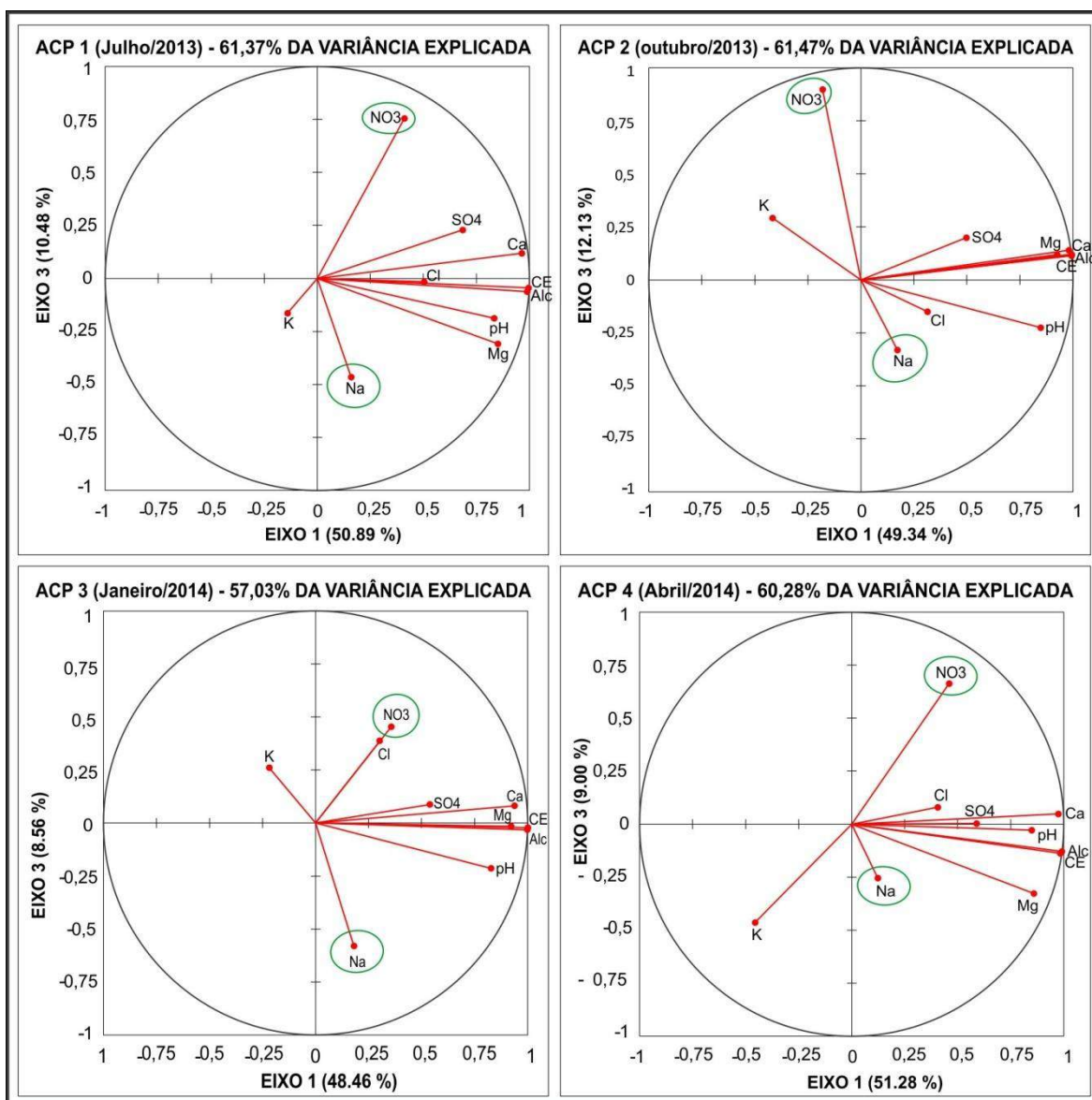


Figura 15 - Distribuição das variáveis no segundo plano fatorial das ACP's.

A Figura 16 mostra que são pontos relativamente isolados que dão peso ao terceiro eixo. No primeiro grupo, temos as amostras R42 (córrego Acampamento) nas ACP's 1 e 4, R28 (rio Verde) na ACP2, e R3 (rio Formoso) na ACP3. Eles estão em oposição com R7 (córrego Barreiro) nas ACP's 1 e 2, P42 (rio Chapena) na ACP3, e R1 (córrego Poeira) na ACP4. A primeira impressão é que os eixos 1 e 2 estão ligados à processos permanentes, enquanto o eixo 3 está ligado à processos locais e temporários na bacia e que podem ser diferentes entre as diferentes coletas.

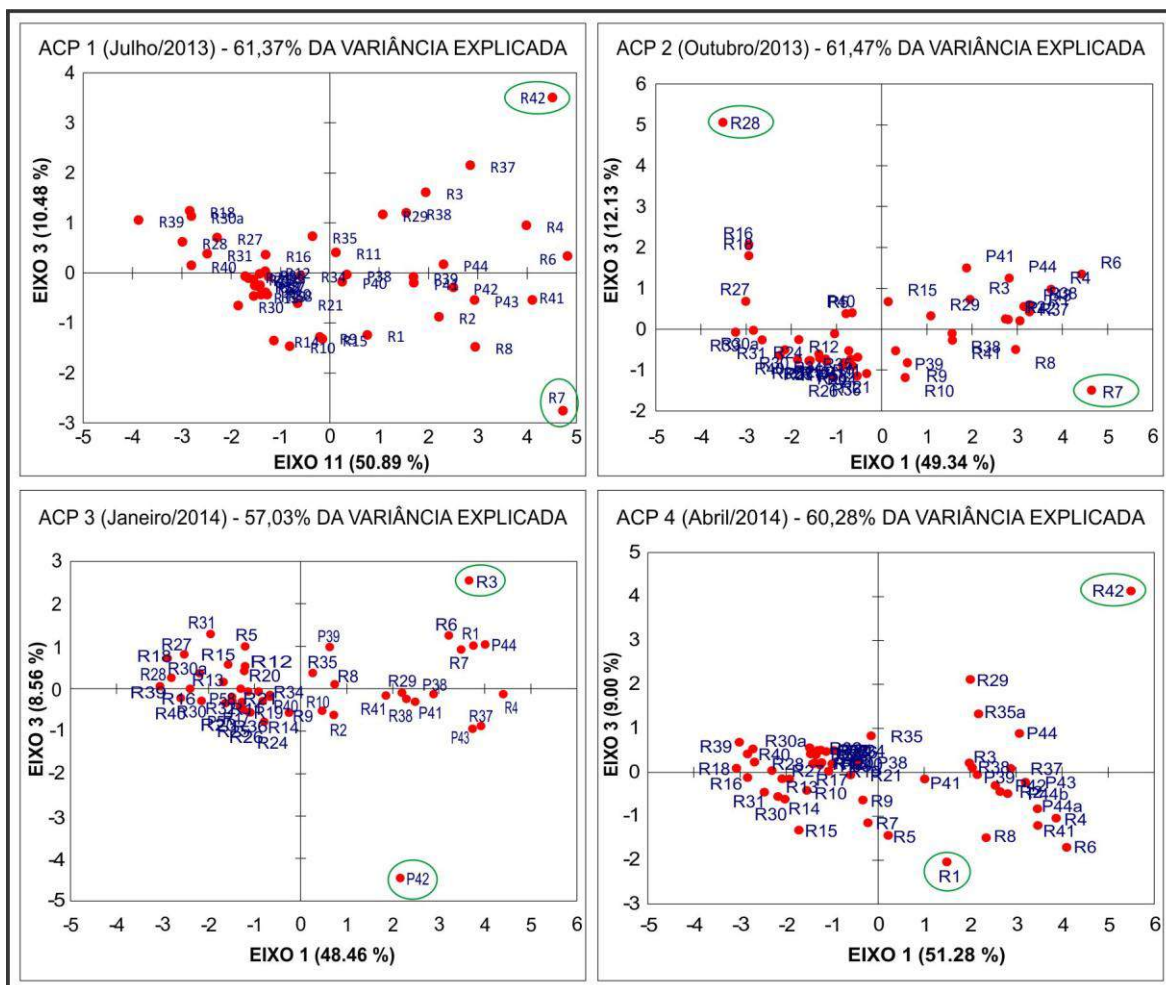


Figura 16 - Distribuição das amostras no segundo plano fatorial das ACP's.

4.2 Espacialização dos resultados

A partir dos resultados da condutividade elétrica (CE), das ACP's e das coordenadas geográficas dos pontos de amostragens, foi possível efetuar a espacialização dessas informações (CE e Eixos Fatoriais). Esta etapa foi desenvolvida com o software Surfer (Golden Softwares), com base nos dados de condutividade elétrica (CE) e dos eixos fatoriais 1, 2 e 3 das respectivas ACP's. Os mapas apresentados nas Figuras 17 a 32 representam a distribuição destes resultados dentro da sub-bacia do rio Miranda.

4.2.1 Espacialização da condutividade elétrica (CE)

A espacialização dos valores de condutividade elétrica (CE) das águas está apresentada nas Figuras 17 a 20 para os campos 1 a 4, respectivamente.

Os quatros mapas são muito semelhantes e colocam em evidência: **1)** uma baixa CE de águas localizadas em uma faixa, próxima a área central da bacia, que corta a bacia numa direção nordeste - sudoeste; **2)** uma maior CE das águas nas partes Central, Norte e Noroeste da bacia; **3)** valores intermediários de CE na porção sul e sudeste da área estudada; e **4)** uma repartição permanente dos valores de CE.

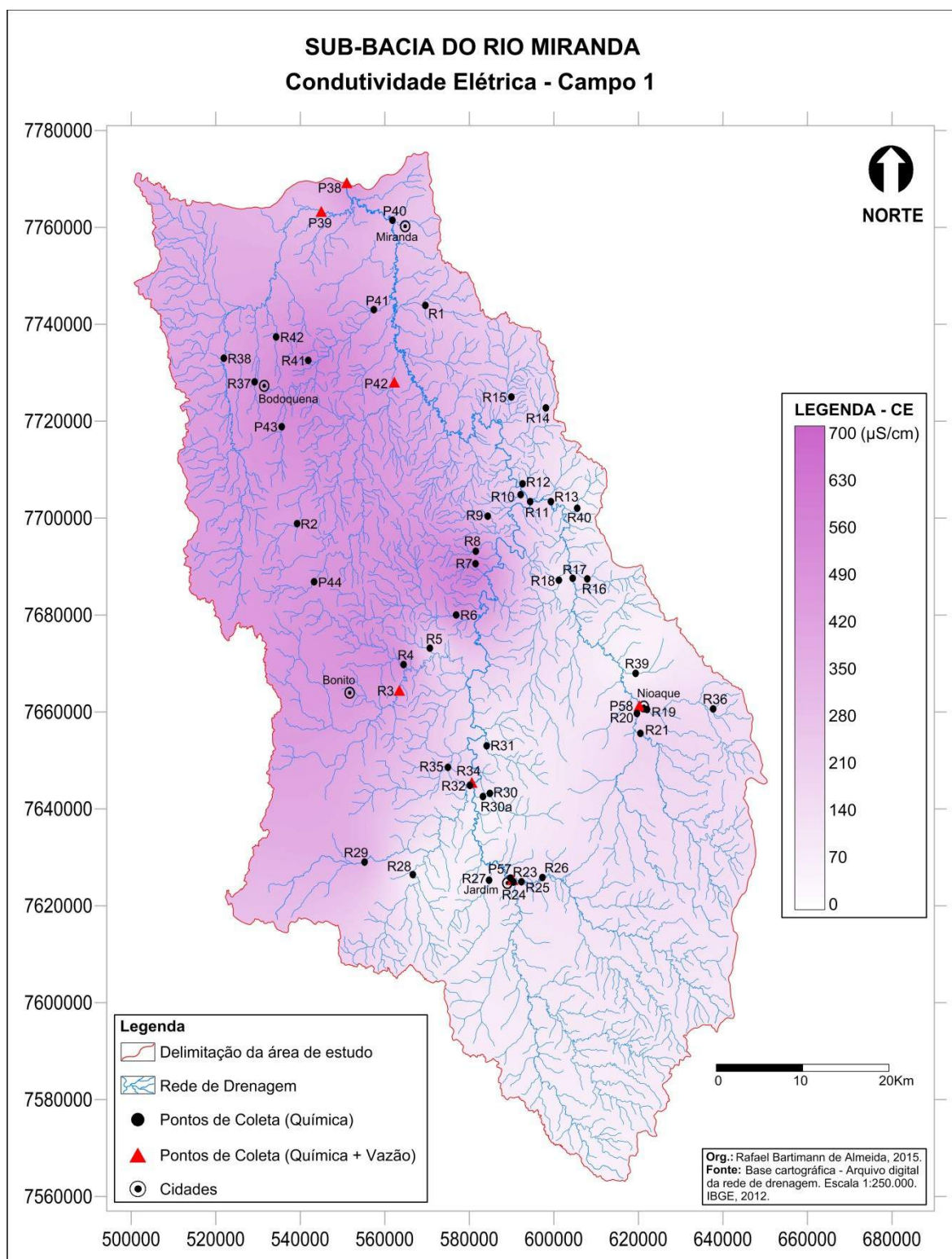


Figura 17 - Espacialização da Condutividade Elétrica no campo 1 (Julho/2013).

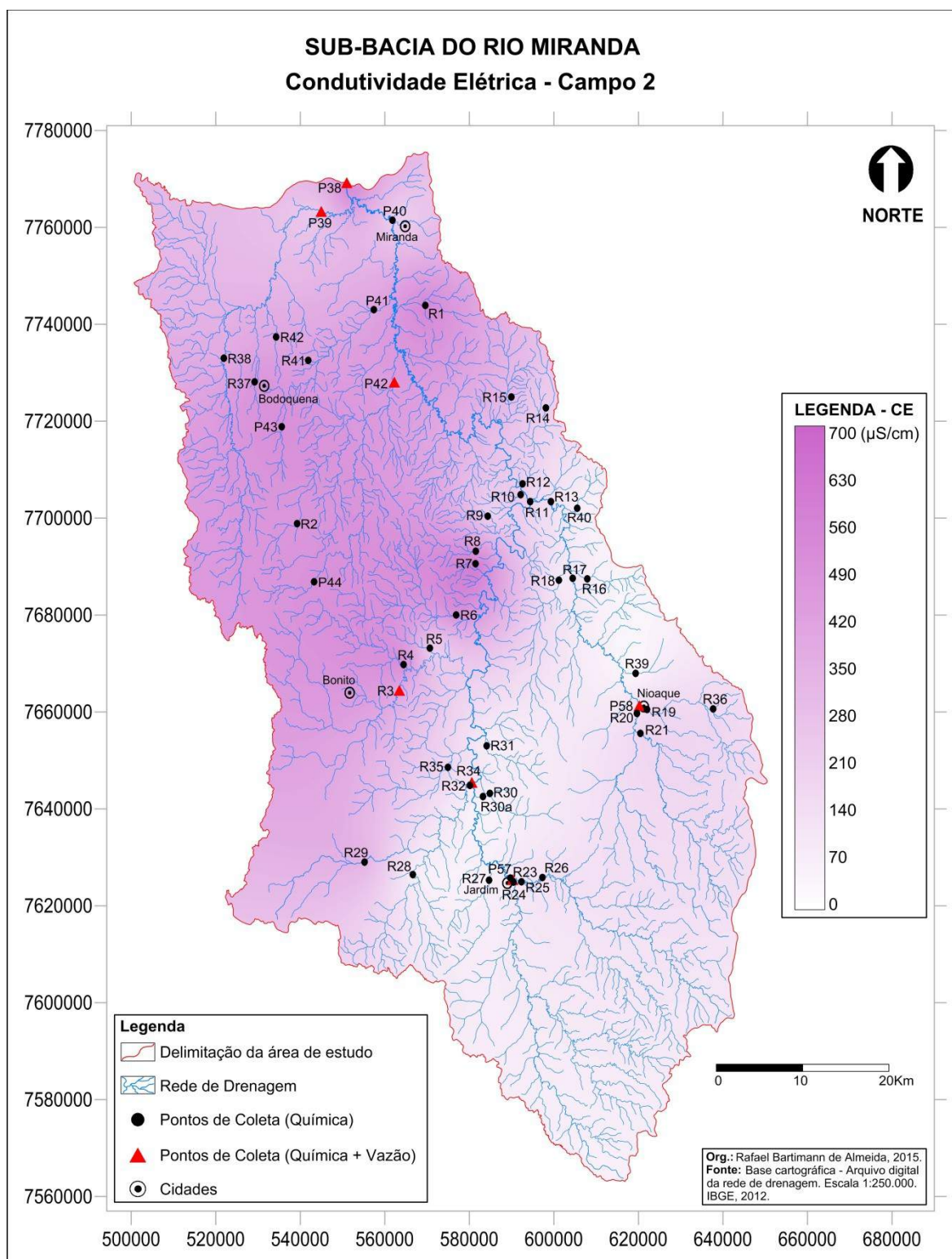


Figura 18 - Espacialização da Condutividade Elétrica no campo 2 (Outubro/2013).

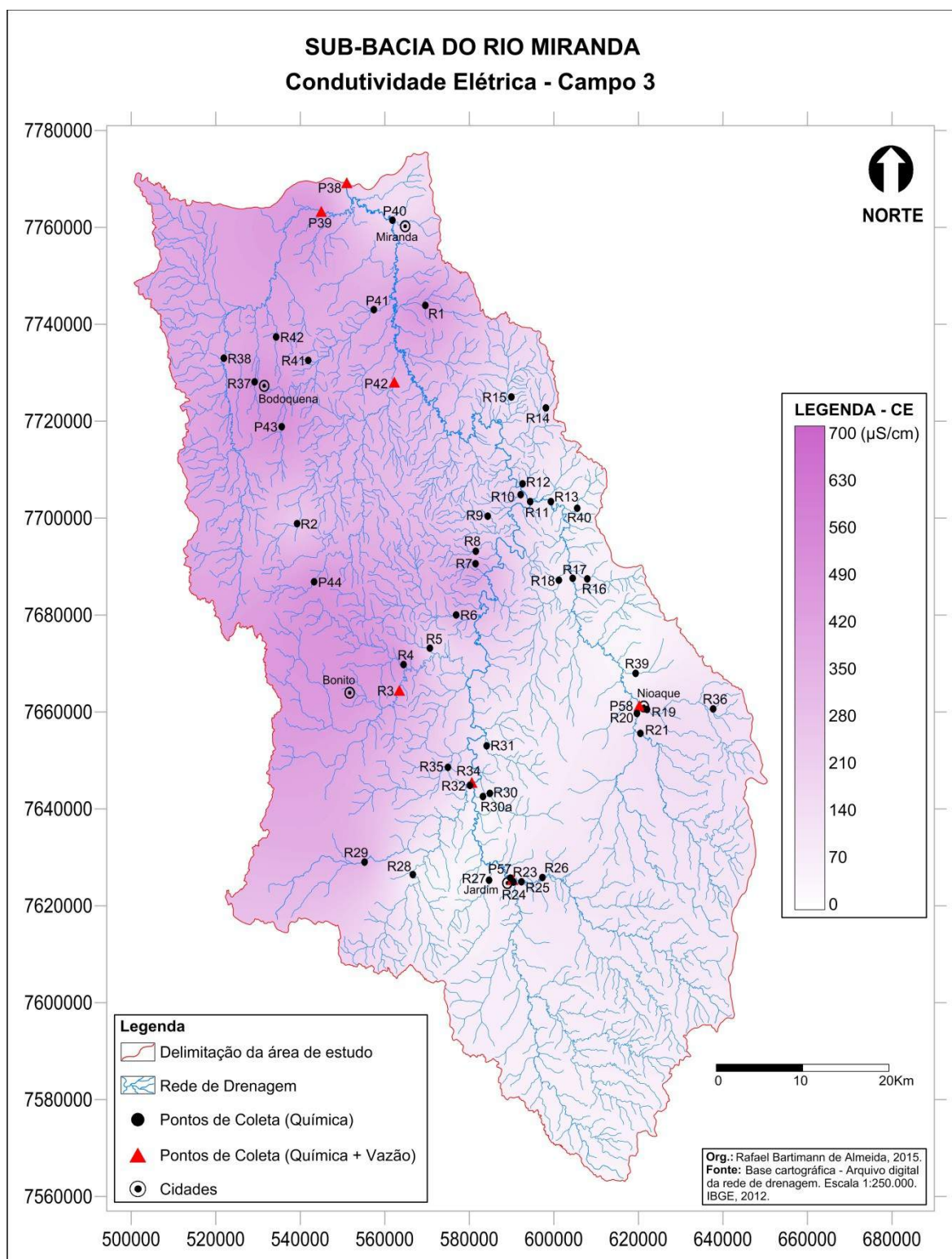


Figura 19 - Espacialização da Condutividade Elétrica no campo 3 (Janeiro/2014).

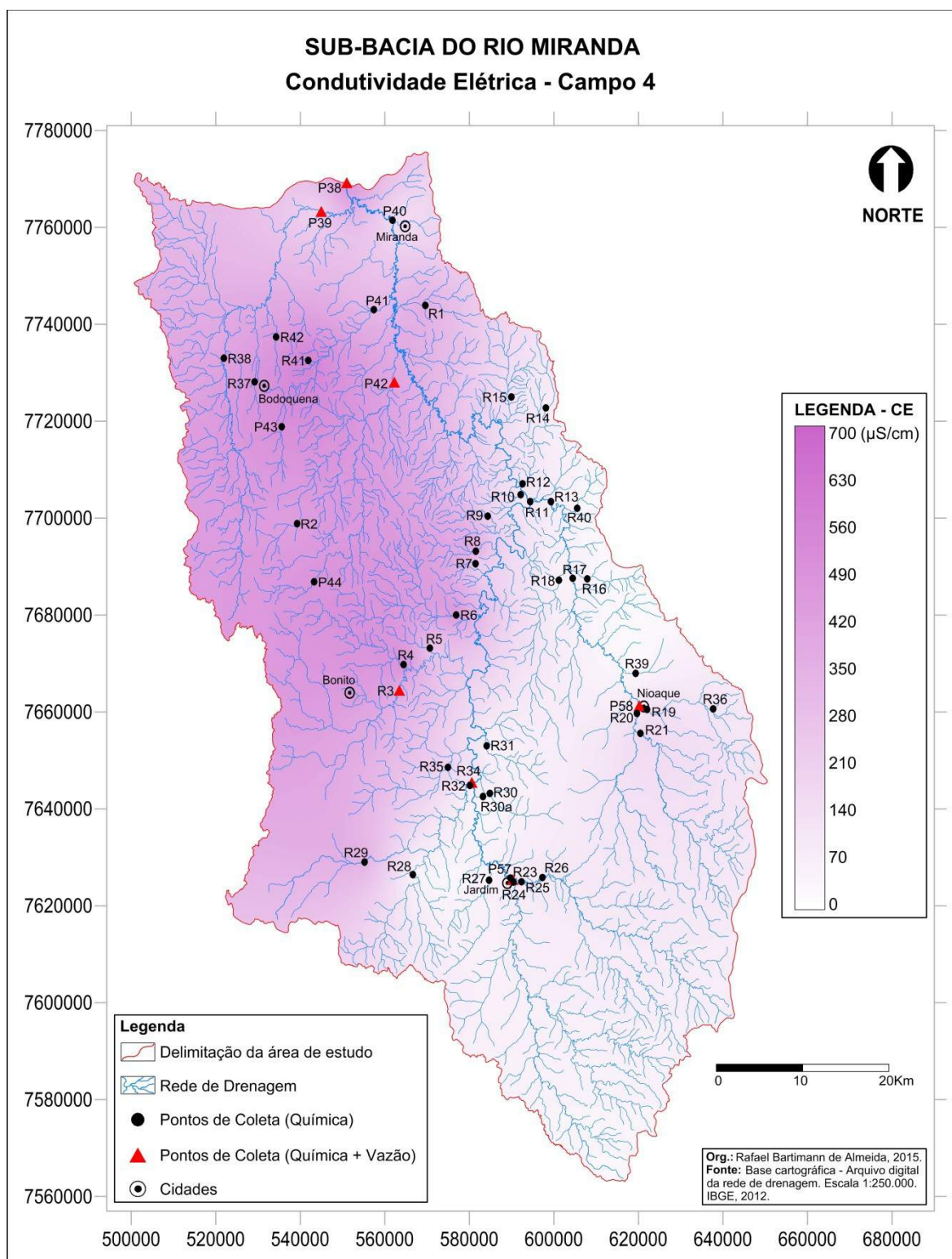


Figura 20 - Espacialização da Condutividade Elétrica no campo 4 (Abril/2014).

4.2.2 Espacialização do primeiro eixo fatorial

A espacialização dos resultados do primeiro eixo fatorial do primeiro plano fatorial (Figuras 21, 22, 23 e 24) demonstra nas quatro ACP's, uma separação abrupta entre a porção norte e a porção sul da sub-bacia. A primeira é predominantemente marcada pelas variáveis: magnésio (Mg^{2+}); cálcio (Ca^{2+}); pH; condutividade elétrica (CE) e alcalinidade (Alc). A distribuição do eixo 1 é similar à distribuição da CE, o que é normal devido ao peso da variável (CE) na definição do eixo.

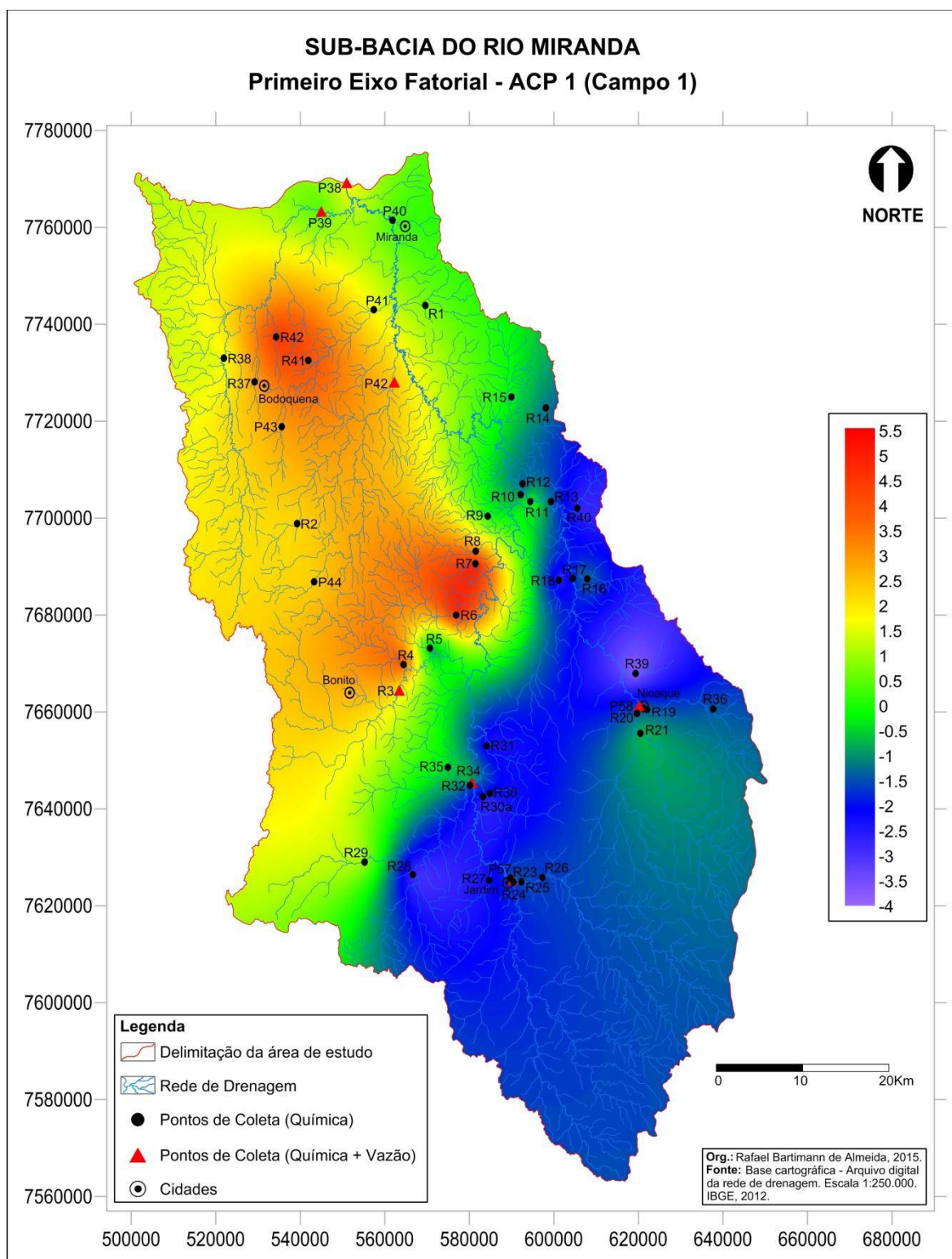


Figura 21 - Espacialização do primeiro eixo fatorial da ACP1 (Julho/2013).

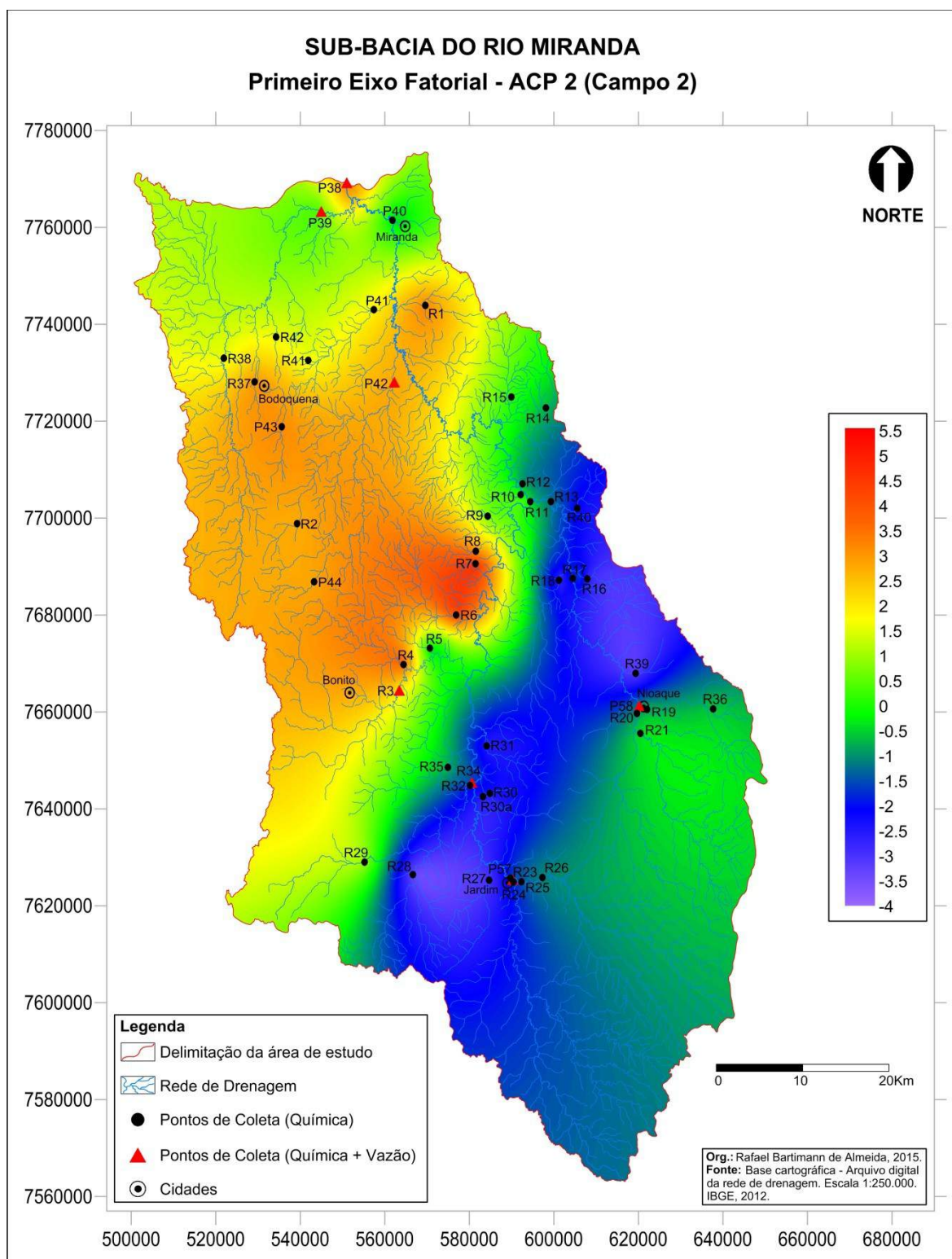


Figura 22 - Espacialização do primeiro eixo fatorial da ACP (Outubro/2013).

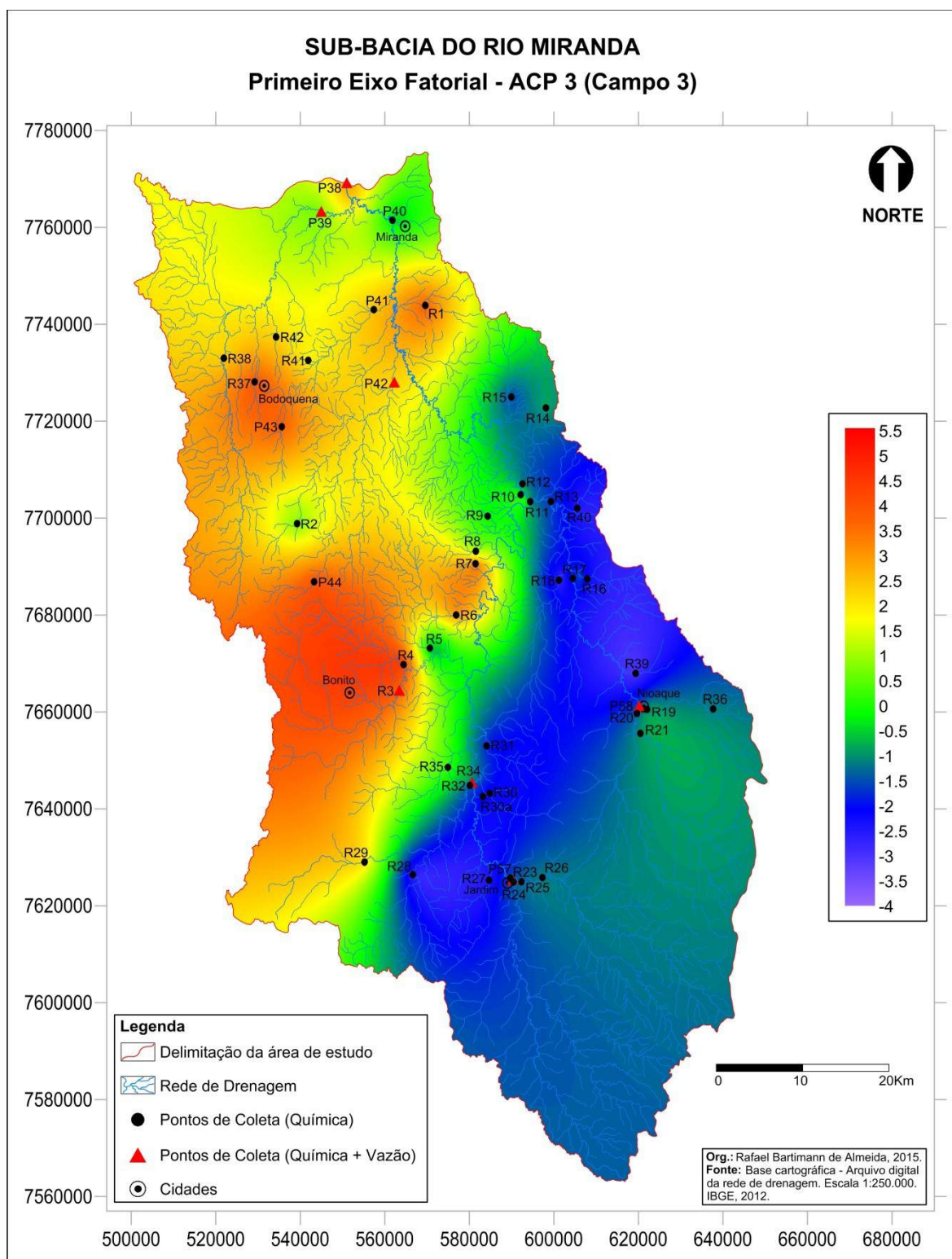


Figura 23 - Espacialização do primeiro eixo fatorial da ACP3 (Janeiro/2014).

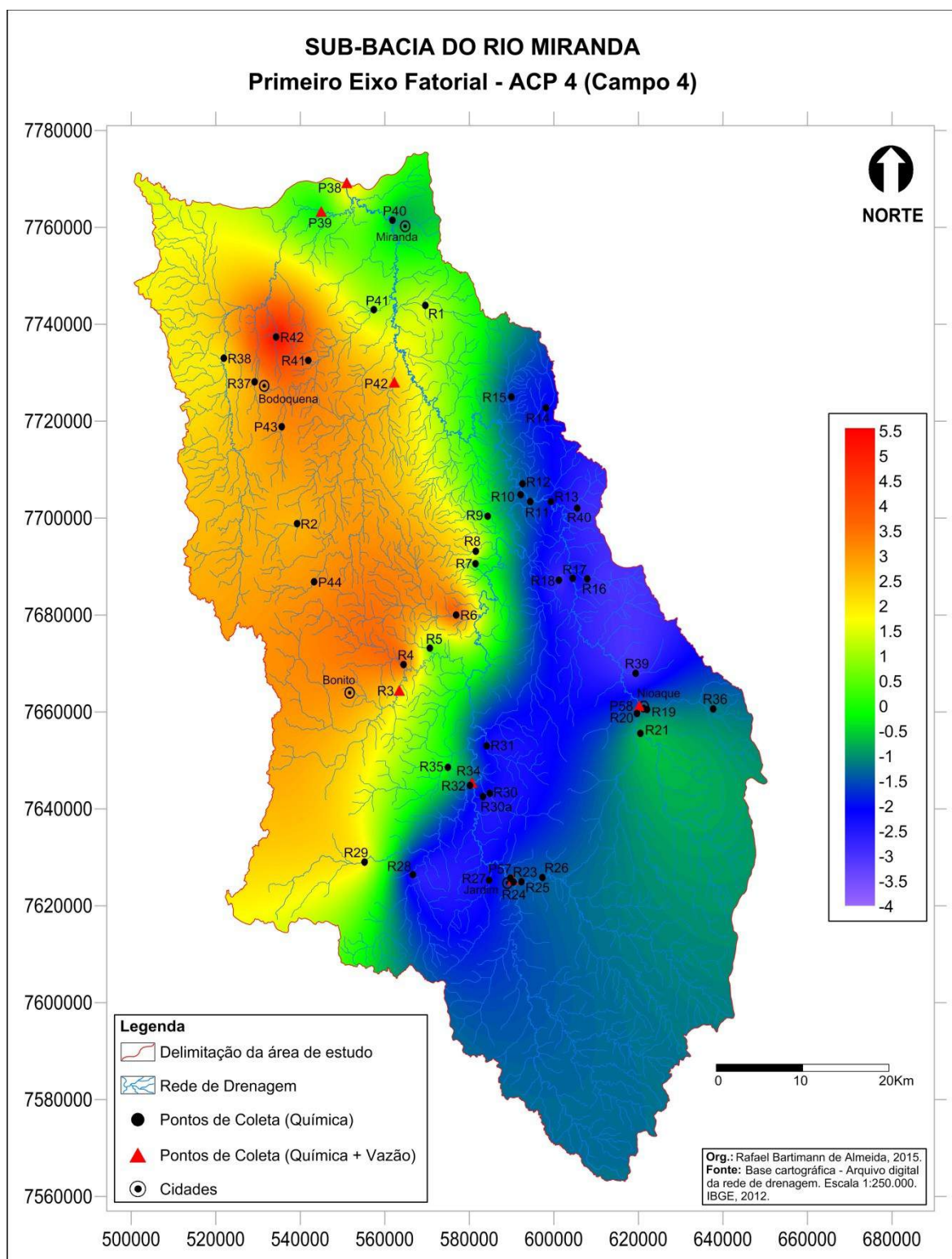


Figura 24 – Espacialização do primeiro eixo fatorial da ACP4 (Abril/2014).

4.2.3 Espacialização do segundo eixo fatorial

A espacialização dos resultados do segundo eixo fatorial (Figuras 25, 26, 27 e 28) destaca as porções central e nordeste da sub-bacia nas quatro ACP's, sendo que a porção nordeste tem mais destaque nas ACP's 1 e 3. A porção leste tem destaque na ACP1, enquanto que a porção noroeste tem destaque nas ACP's 1 e 4. Essas porções são marcadas pelo aumento dos teores de potássio (K^+), sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), e secundariamente o sulfato (SO_4^{2-}). Em todas as ACP's, percebemos que a porção sul apresenta valores intermediários e a porção oeste é marcada pelos baixos valores. Nota-se ainda que o norte da sub-bacia, nas ACP's 2 e 3 também apresentam baixos valores (Figuras 25, 26, 27 e 28).

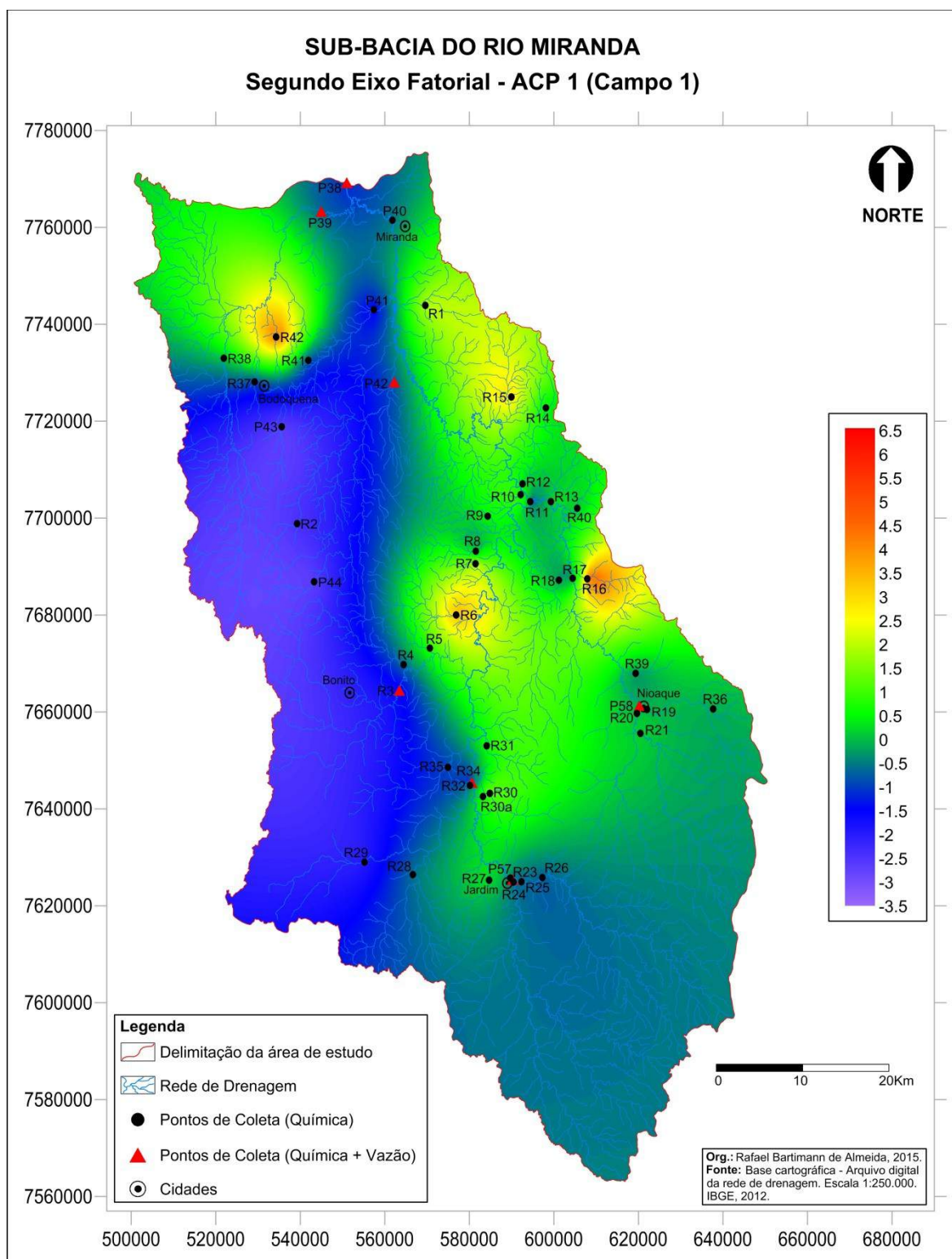


Figura 25 - Espacialização do segundo eixo fatorial da ACP1 (Julho/2013).

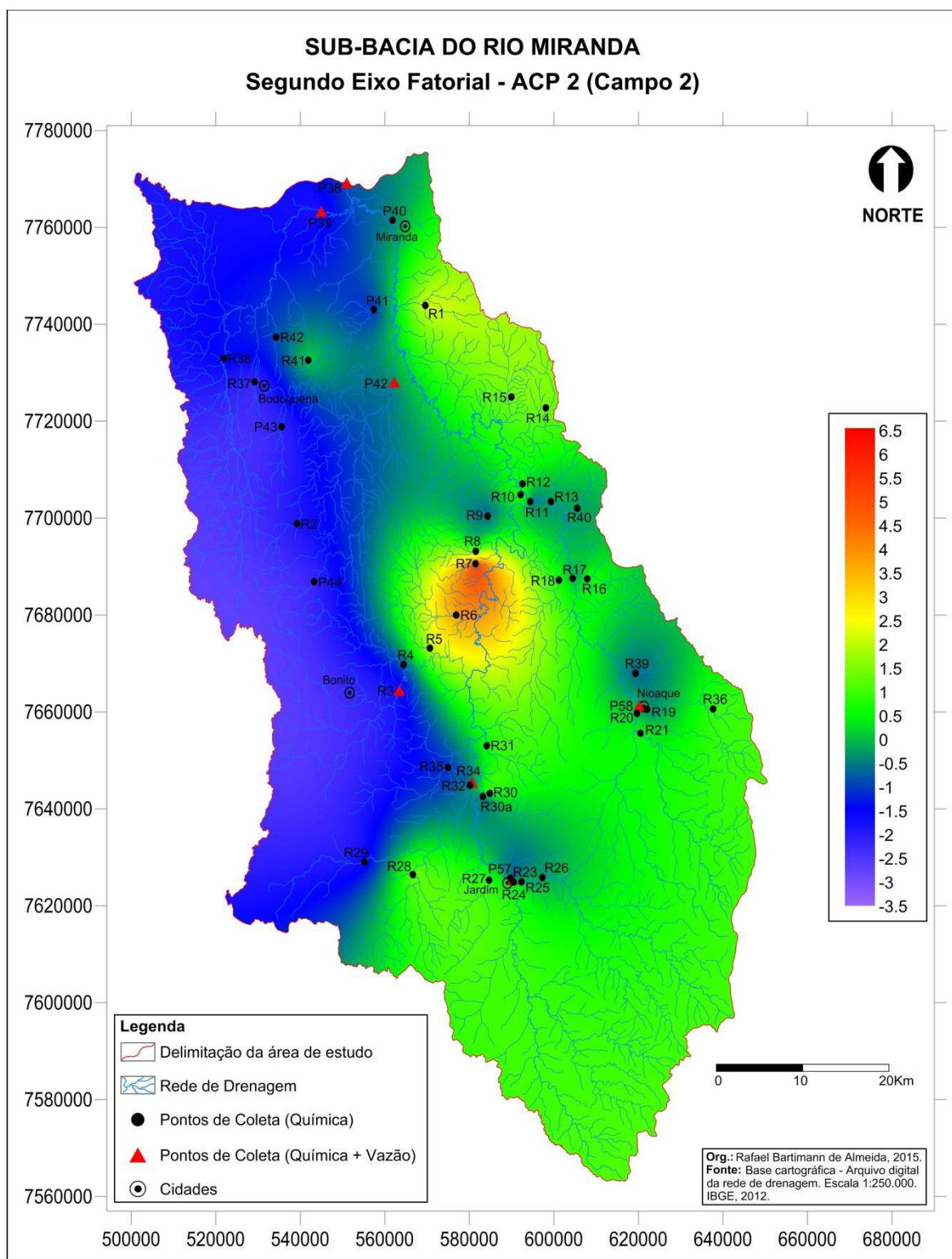


Figura 26 - Espacialização do segundo eixo fatorial da ACP2 (Outubro/2013).

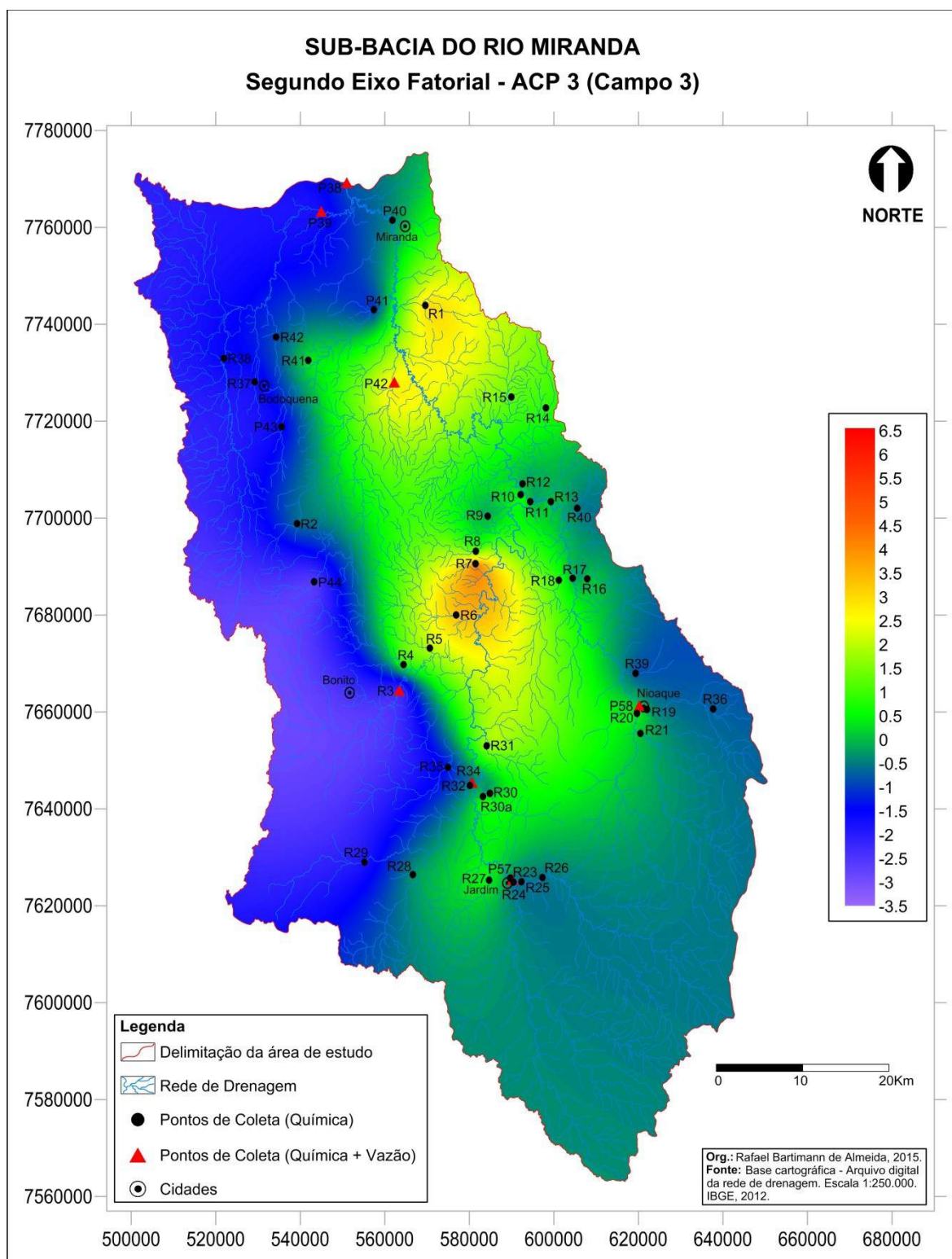


Figura 27 - Espacialização do segundo eixo fatorial da ACP3 (Janeiro/2014).

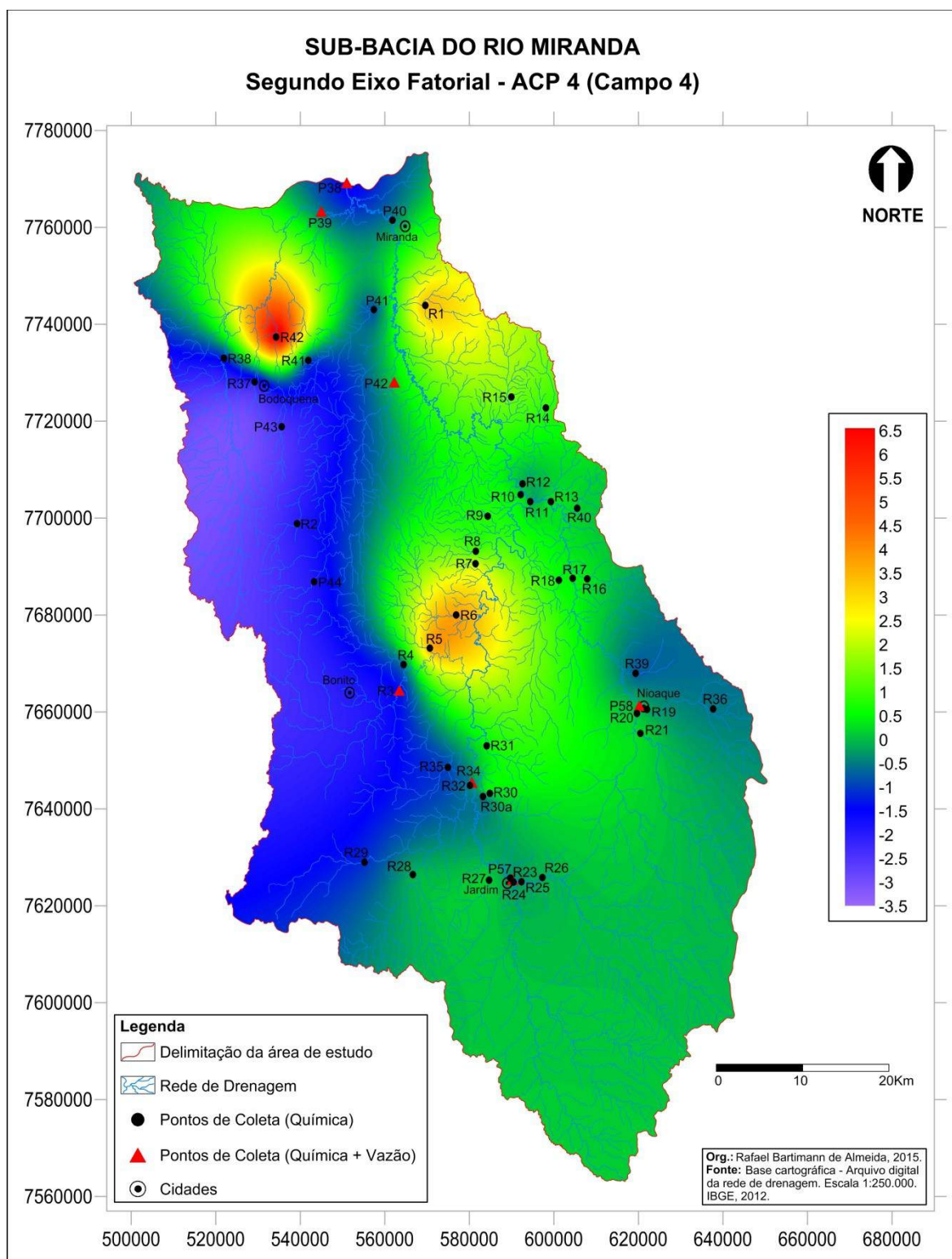


Figura 28 - Espacialização do segundo eixo fatorial da ACP4 (Abril/2014).

4.2.4 Espacialização do terceiro eixo fatorial

A espacialização dos resultados do terceiro eixo (figuras 29, 30, 31 e 32) destaca a porção nordeste nas ACP's 1 e 4; a porção sudoeste na ACP2. Essas porções apresentam valores elevados de nitrato (NO_3^-). Nas demais regiões, os valores variam de intermediário a baixo. Também foram identificados baixos valores de Sódio (Na^+) na região central da bacia na ACP3

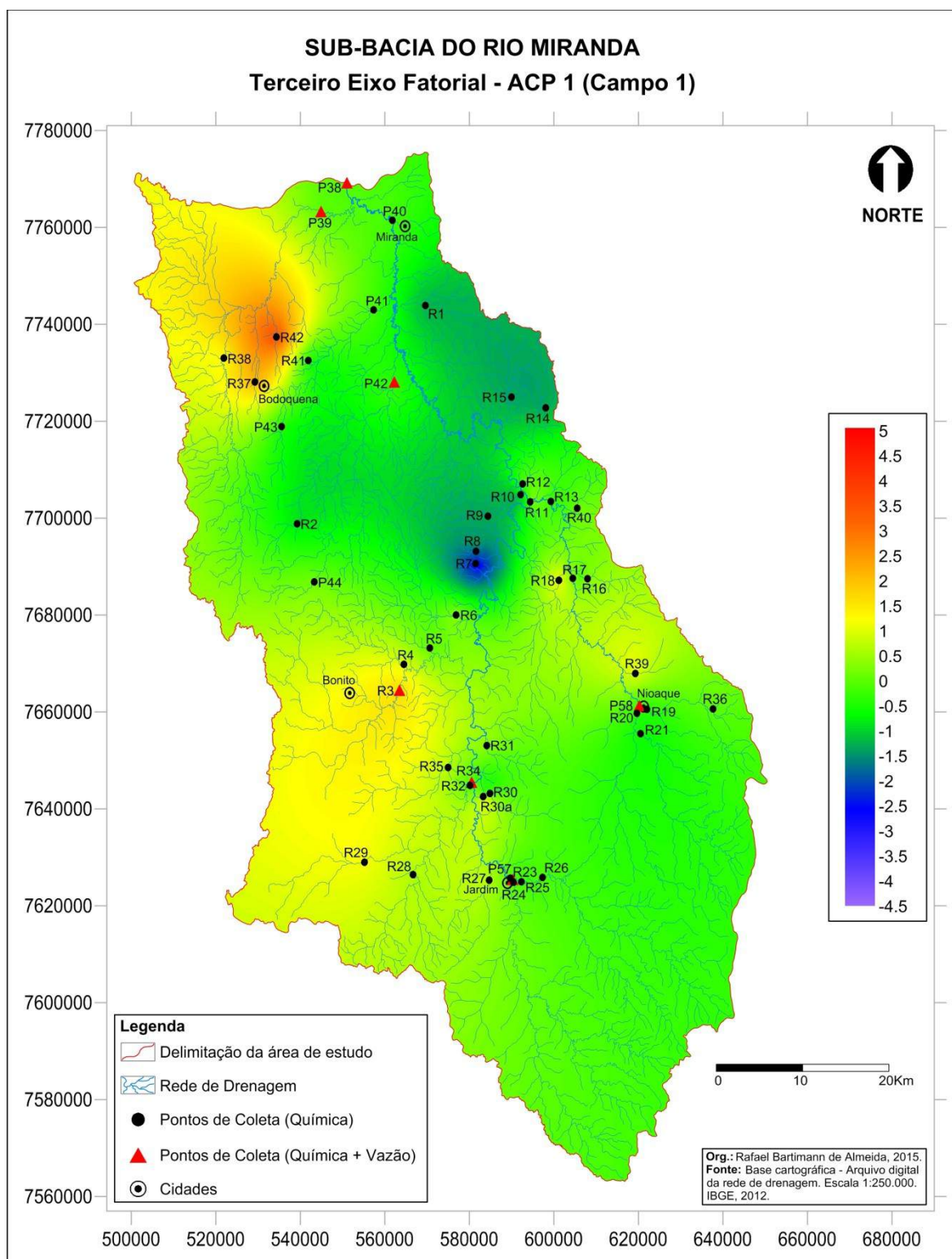


Figura 29 - Espacialização do terceiro eixo fatorial da ACP1 (Julho/2013).

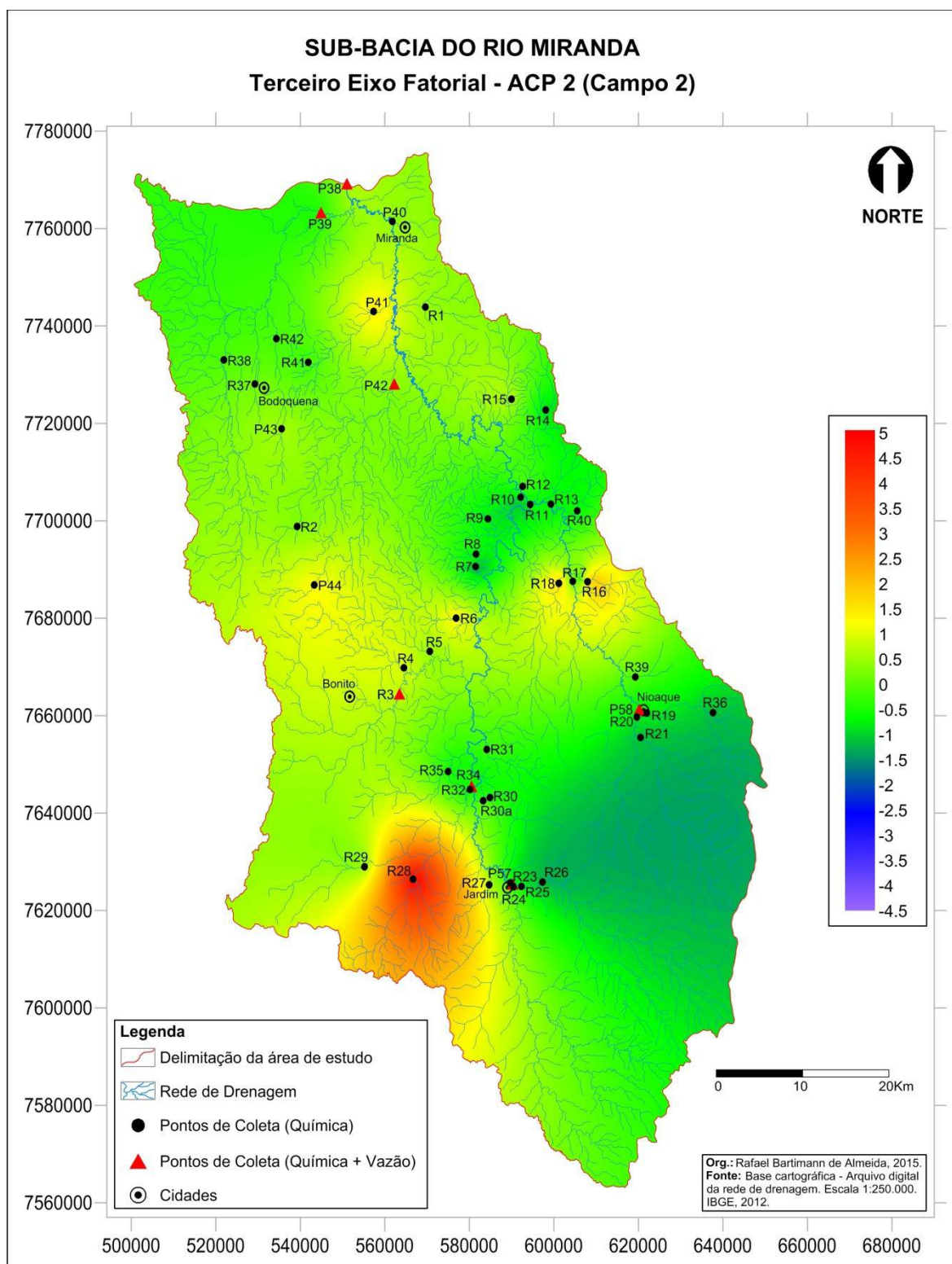


Figura 30 - Espacialização do terceiro eixo fatorial da ACP2 (Outubro/2013).

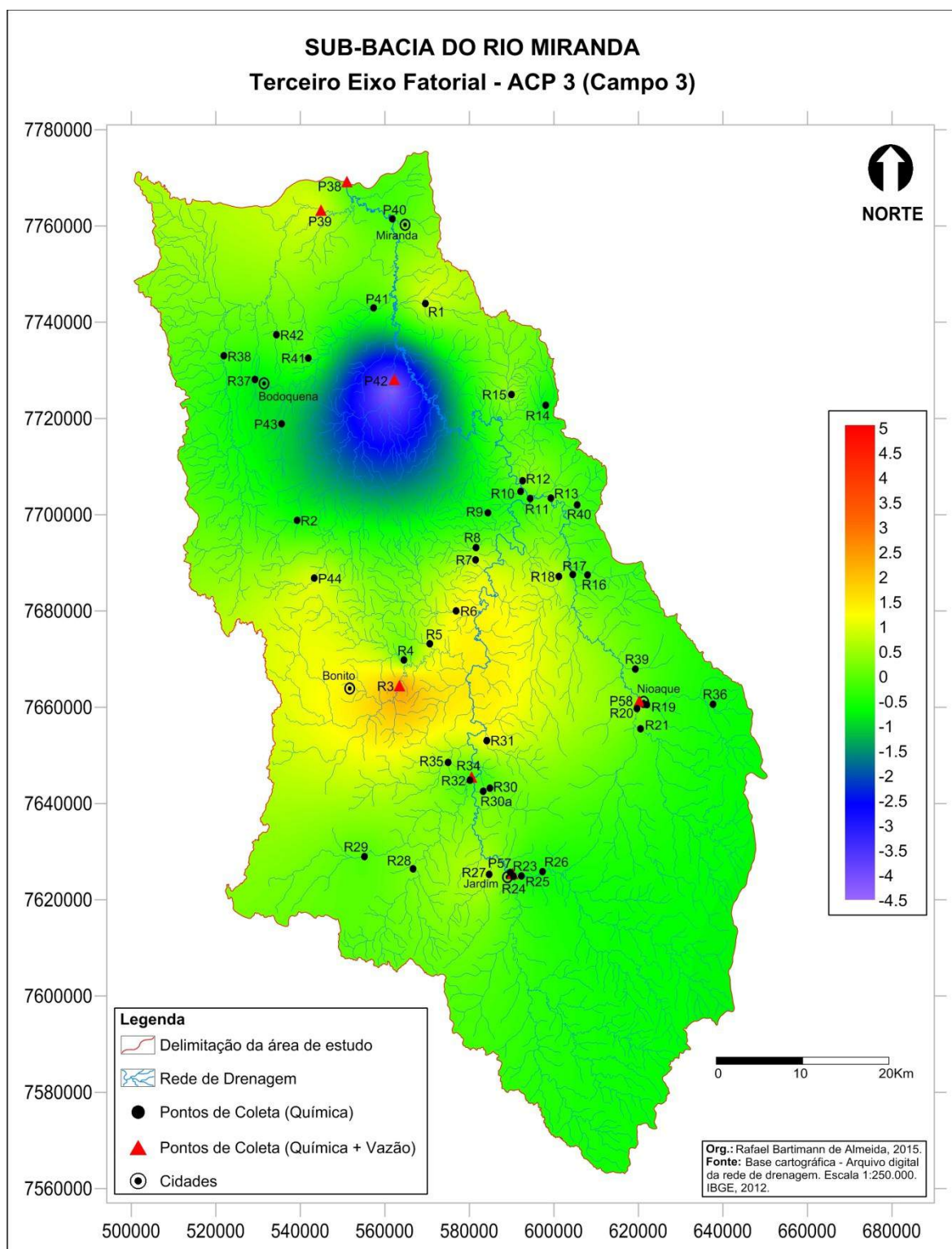


Figura 31 - Espacialização do terceiro eixo fatorial da ACP3 (Janeiro/2014).

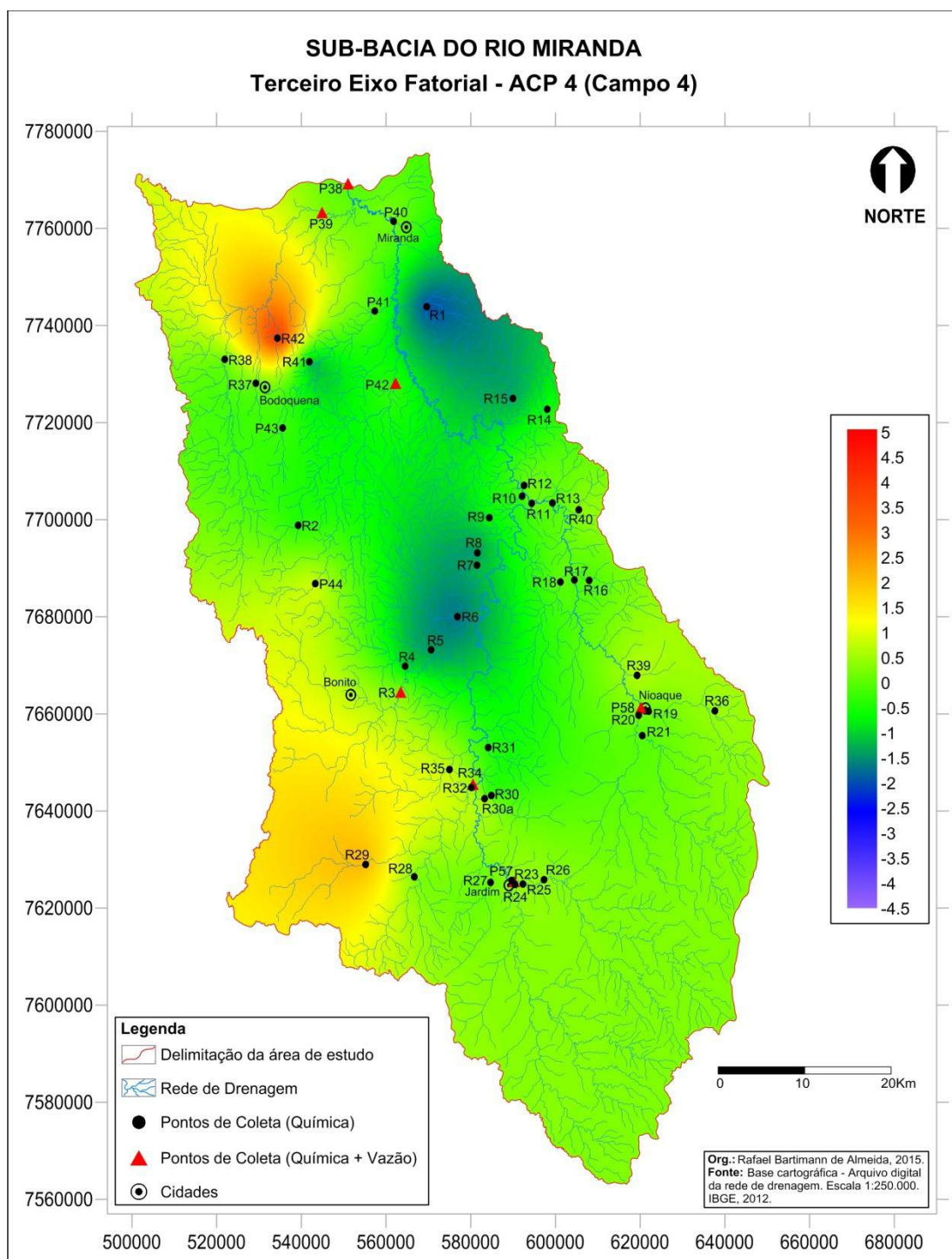


Figura 32 - Espacialização do terceiro eixo fatorial da ACP4 (Abril/2014).

4.3 Medidas de vazão

As medidas de vazão foram realizadas em 7 (sete) pontos selecionados, considerando que cada ponto apresenta características particulares como geologia e ocupação e uso das terras. Cada ponto medido tem uma área de

drenagem que foi delimitada e quantificada a partir do ponto de medida de vazão e não do exutório (Figura 10, pg. 31).

A geologia da sub-bacia do rio Miranda é influenciada por três tipos distintos de rochas: basalto, arenito e calcário. As áreas de drenagem dos pontos R3 (rio Formoso), P42 (rio Chapena) e P39 (rio Salobra) são influenciadas pelas rochas calcárias. As áreas de drenagem dos pontos R23 (rio Miranda) e P58 (rio Nioaque) são influenciadas por rochas basálticas e areníticas. As áreas de drenagem do ponto R34, no médio curso do rio Miranda, e do ponto P38, no exutório da área de estudo, recebem águas provenientes das áreas de basalto, arenito e calcário.

O uso das terras na sub-bacia do rio Miranda apresenta 51,37% da sua área ocupada por atividades agropecuárias e 48,47% por vegetação nativa. A área de drenagem do ponto P42 (rio Chapena) segue ordem inversa, apresentando 52,52% da sua área ocupada por vegetação e 47,48% ocupada por atividades agropecuárias. Nas áreas de drenagem dos pontos R23 e R34 (rio Miranda), P58 (rio Nioaque) e R3 (rio Formoso), predominam atividades agropecuárias, com 66,83%, 58,23%, 58,13% e 53,77%, respectivamente. Na área de drenagem do P39 (rio Salobra) prevalece a vegetação natural com 70,76% (Tabela 5).

Tabela 5 - Uso das terras nas áreas de drenagem.

PONTO	NOME	GEOLOGIA	Área Drenada (km ²)	Uso das Terras (%)		
				Agricultura	Pecuária	Vegetação
R3	Formoso	C	900,14	16,55	37,22	45,55
P42	Chapena	C	1.130,82	8,39	39,09	52,52
P58	Nioaque	B/A	1.678,03	3,87	25,38	70,76
P39	Salobra	C	2.140,84	26,41	31,72	41,78
R23	Miranda	B/A	2.853,51	39,16	27,67	32,75
R34	Miranda	B/A/C	4.797,93	16,12	42,12	41,77
P38	Miranda	B/A/C	17.736,44	15,80	35,57	48,47

Legenda: C – Calcário; B – Basalto; A - Arenito

A vazão medida nos pontos P38 (rio Miranda), R3 (rio Formoso), P42 (rio Chapena) e P39 (rio Salobra), apresentou os maiores valores de vazão no campo

1 e os menores valores de vazão no campo 2. No ponto P58 (rio Nioaque), a menor vazão também foi medida no segundo campo, porém, a maior vazão ocorreu no campo 4. No ponto R23, a maior vazão foi registrada no campo 1 e a menor vazão ocorreu durante o campo 3. No ponto R34 (rio Miranda) a maior vazão foi registrada no campo 4 e a menor vazão ocorreu durante o campo 1 (Tabela 6).

Tabela 6 - Vazão e área drenada por cada ponto.

PONTO	NOME	GEOLOGIA	Área Drenada (km ²)	Medidas de Vazão (m ³ /s)			
				Campo1 Jul/2013	Campo2 Out/2013	Campo3 Jan/2014	Campo4 Abr/2014
R3	Formoso	C	900,14	14,550	6,634	8,015	13,271
P42	Chapena	C	1.130,82	7,067	1,620	4,497	6,233
P58	Nioaque	B/A	1.678,03	11,787	8,506	10,785	27,219
P39	Salobra	C	2.140,84	15,235	6,054	9,728	14,999
R23	Miranda	B/A	2.853,51	26,727	26,065	23,393	23,539
R34	Miranda	B/A/C	4.797,93	39,535	45,797	43,704	67,282
P38	Miranda	B/A/C	17.736,44	153,521	85,839	118,990	146,747

Legenda: C – Calcário; B – Basalto; A – Arenito

4.4 Carga de sedimentos em suspensão e carga total dissolvida

A quantificação da carga de sedimentos em suspensão (CSS) e da carga total dissolvida (CTD) foi realizada nos mesmos pontos onde foram realizadas as medidas de vazão (Tabela 7), considerando que as cargas transportadas (sólida e dissolvida) dependem do fluxo do escoamento fluvial.

A menor quantidade de sedimento em suspensão foi identificada no ponto P39 (rio Salobra) no campo 2 (0,004 g/l), onde predominam rochas calcárias. O ponto R3 (rio Formoso) também apresentou baixos valores de sedimento suspenso nos campos 2 e 4. A maior quantia de sedimentos foi registrada no ponto P58 (rio Nioaque) no campo 4, que percorre sobre rochas areníticas e basálticas. O ponto R34 (rio Miranda) apresentou valores elevados em sedimentos nos campos 2 e 4.

A maior quantidade de carga total dissolvida foi identificada no ponto P39 (rio Salobra) durante o campo 2 e a menor ocorreu no ponto R23 (rio Miranda) no campo 3. Este ponto apresentou em todos os campos, os menores valores de carga dissolvida.

Tabela 7 – Carga de Sedimentos Suspensos e Carga Total Dissolvida.

PONTOS	GEOLOGIA	Campo1 Jul/2013		Campo2 Out/2013		Campo3 Jan/2014		Campo4 Abr/2014	
		CSS	CTD	CSS	CTD	CSS	CTD	CSS	CTD
		g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
R3	C	0,021	0,32	0,006	0,30	0,026	0,30	0,009	0,29
P42	C	0,031	0,34	0,025	0,34	0,091	0,27	0,025	0,32
P58	B/A	0,021	0,12	0,039	0,12	-	0,10	0,333	0,08
P39	C	0,004	0,37	0,035	0,43	0,011	0,16	0,006	0,37
R23	B/A	0,021	0,09	0,162	0,07	0,103	0,06	0,119	0,07
R34	B/A/C	0,051	0,17	0,309	0,09	0,169	0,10	0,214	0,09
P38	B/A/C	0,043	0,24	0,212	0,18	0,214	0,38	0,133	0,14

Legenda: Calcário (C); Basalto (B); Arenito (A).

4.5 Discussão dos Resultados

4.5.1 Uma influência litológica

A diversidade litológica pode ser agrupada em três conjuntos: rochas calcárias no oeste e ao leste da bacia, areníticas que ocupam uma faixa intermediária que corta a bacia de leste ao sudoeste e basálticas que ocupam todo o extremo sul, ou seja, estão a montante da bacia (Figura 33).

Esses três grupos se caracterizam por uma diferença de solubilidade das rochas que pode interferir na composição química das águas. As rochas calcárias são as mais solúveis. Dentro das rochas cristalinas, os basaltos são reputados para ter a maior taxa de alteração (BHATT et al., 2010). Em compensação, as rochas areníticas são principalmente compostas de quartzo e apresentam as menores taxas de alteração química.

Considerando essas diferenças na taxa de intemperismo, devemos esperar um zoneamento da condutividade elétrica (CE) das águas de acordo com a distribuição da litologia. Águas com maior CE devem, por lógica, localizar-se em áreas de calcário; as águas com CE intermediária devem aparecer ao sul da bacia, na região do basalto; enquanto as águas menos carregadas em elementos químicos dissolvidos devem ser aquelas que nascem e circulam nas zonas intermediárias, ou seja, em arenitos.

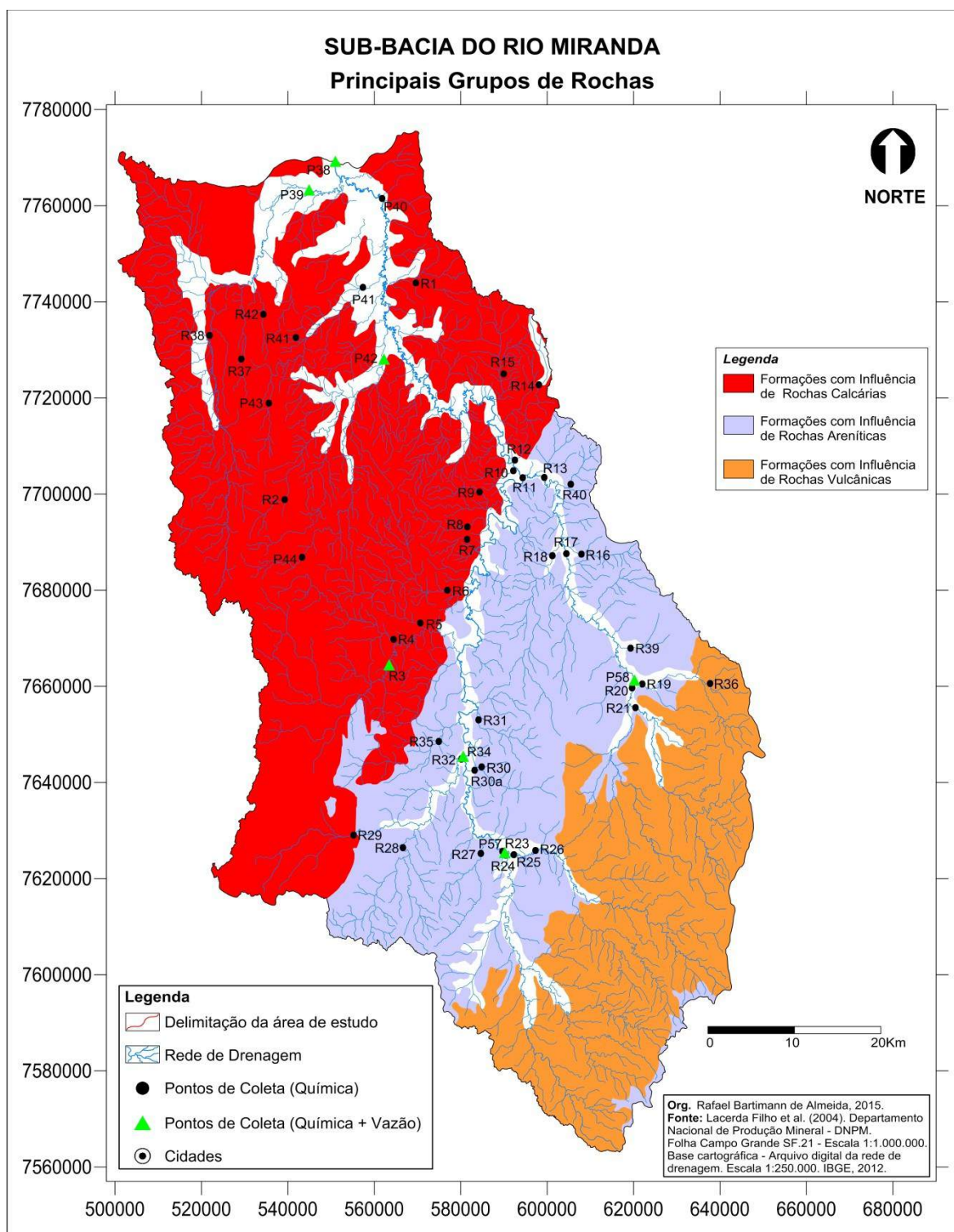


Figura 33 - Mapa dos principais grupos de rochas.

Neste sentido, tanto a distribuição da condutividade elétrica (CE) como a distribuição do primeiro eixo fatorial das quatro ACP's são consistentes com uma influência predominante da litologia na carga dissolvida das águas. Além da carga

dissolvida, o perfil químico confirma a influência da litologia. As águas com maior condutividade elétrica (CE) apresentam um perfil químico do tipo Ca-Mg-CO₃, ou seja, uma composição química que concorda com os produtos de alteração do calcário.

O primeiro eixo fatorial das quatro ACP's apresentou ainda um segundo grupo de águas que se referem às amostras localizadas em rochas areníticas. Essas águas mais diluídas apresentam um perfil químico mal definido, o que resulta na ausência de uma variável claramente associada. Isto é visível no eixo 1 das quatro ACP's, onde nenhuma variável aparece abertamente em oposição à CE. A única variável que marca uma determinada oposição é o potássio (K⁺), cuja concentração pode ser facilmente influenciada por vários processos biológicos (consumo pelas plantas) ou antrópicos (fertilização, queimadas).

Na faixa de concentração variando de intermediária a baixa o eixo 1 destaca as águas provenientes de rochas vulcânicas na porção sul da bacia (Figura 34).

A concordância entre o mapa da distribuição das rochas e dos valores do primeiro eixo confirma a influência predominante da litologia, que explica cerca de 50% da variabilidade química das amostragens. Finalmente, um terceiro argumento é a similaridade da distribuição do primeiro eixo fatorial em todos os campos, o que traduz um processo permanente ao longo do ano, fato totalmente compatível com uma influência da litologia.

Na comparação entre os mapas do primeiro eixo fatorial das quatro ACP's (Figura 35) percebe-se que a porção nordeste apresenta águas com cargas totais mais elevadas nos campos 2 e 3. Este fato ocorre em função do aumento da condutividade elétrica do ponto R1 (córrego Poeira), que também apresenta aumentos consideráveis nos teores de magnésio (Mg⁺) e cálcio (Ca²⁺), respectivamente. Pode-se definir que este é um processo temporário, pois não ocorre em todas as coletas. Trata-se de um efeito de diluição-concentração em função da intensidade das chuvas nos diferentes períodos. Na porção nordeste da bacia, percebe-se uma diminuição da carga total no campo 2. Essa diminuição é na verdade um artefato da amostragem por que o ponto R42 (córrego

acampamento) estava seco nos meses de outubro de 2013 e janeiro de 2014, resultando na ausência de dados (Foto 5).



Foto 5 - Ponto R42 (córrego Acampamento) nas quatro saídas de campo.

No campo3, a porção leste apresenta cargas elevadas, que ocorrem em função do ponto R37 (córrego Campina) ter apresentado maiores valores de CE; Mg^{+} e Ca^{2+} . Trata-se de outro processo permanente, fato notado na semelhança dos resultados das quatro ACP's. Assim, podemos definir que os resultados do primeiro eixo fatorial, nas quatro ACP's, apontam uma significativa influência da litologia na variabilidade química das águas da sub-bacia do rio Miranda-MS.

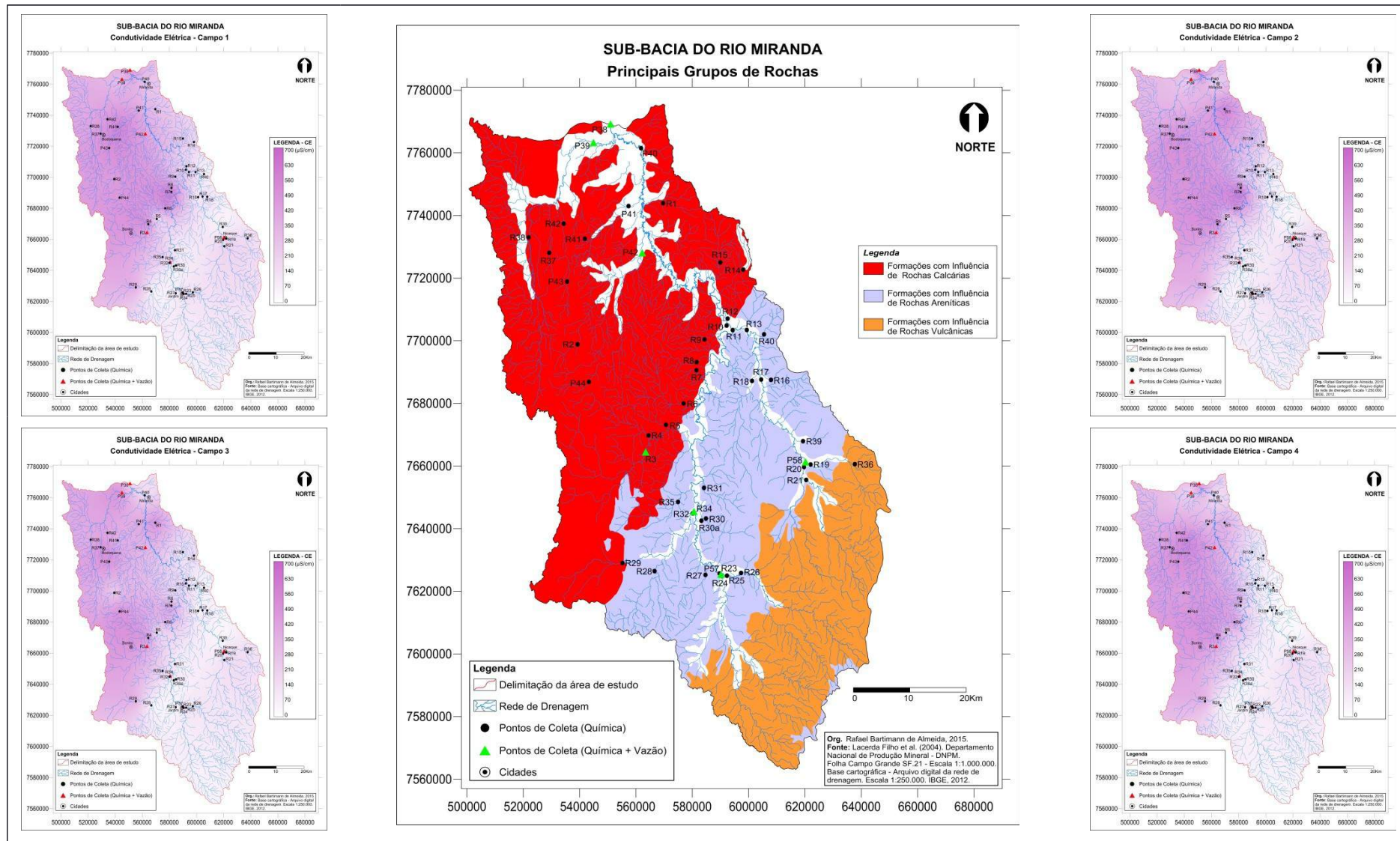


Figura 34 - Correlação entre geologia e condutividade elétrica.

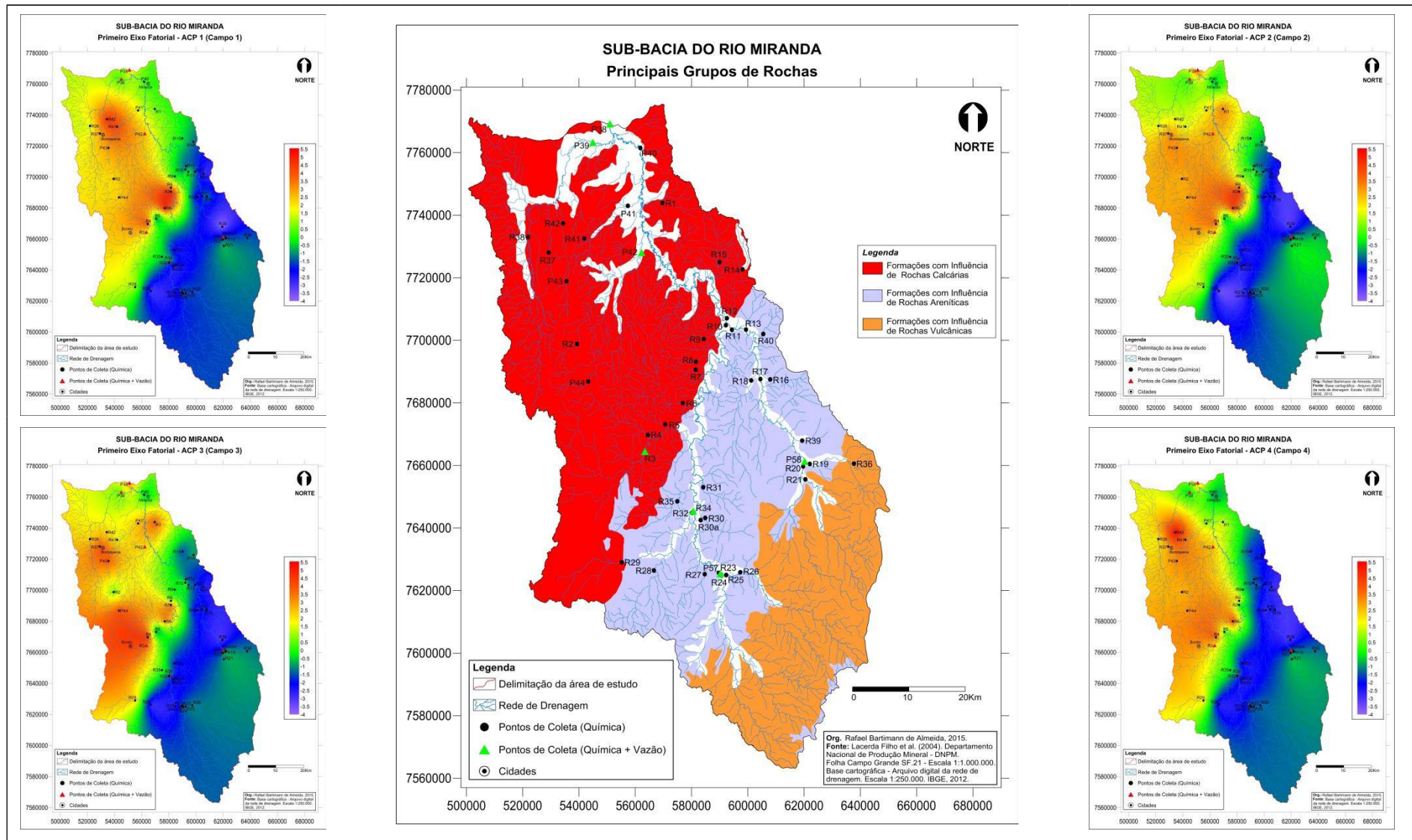


Figura 35 - Comparação entre o primeiro eixo fatorial das ACP's com a geologia local.

4.5.2 Uma diversidade intra-litológica

O primeiro eixo fatorial das quatro ACP's discrimina a litologia com base na carga dissolvida nas águas. O segundo eixo também mostra alguma variação na composição química da água. Essa variação é pouco marcada nas águas diluídas, e mais nítida para as águas onde a condutividade elétrica varia de moderada a forte. Neste eixo é possível perceber processos temporários e permanentes (Figura 36).

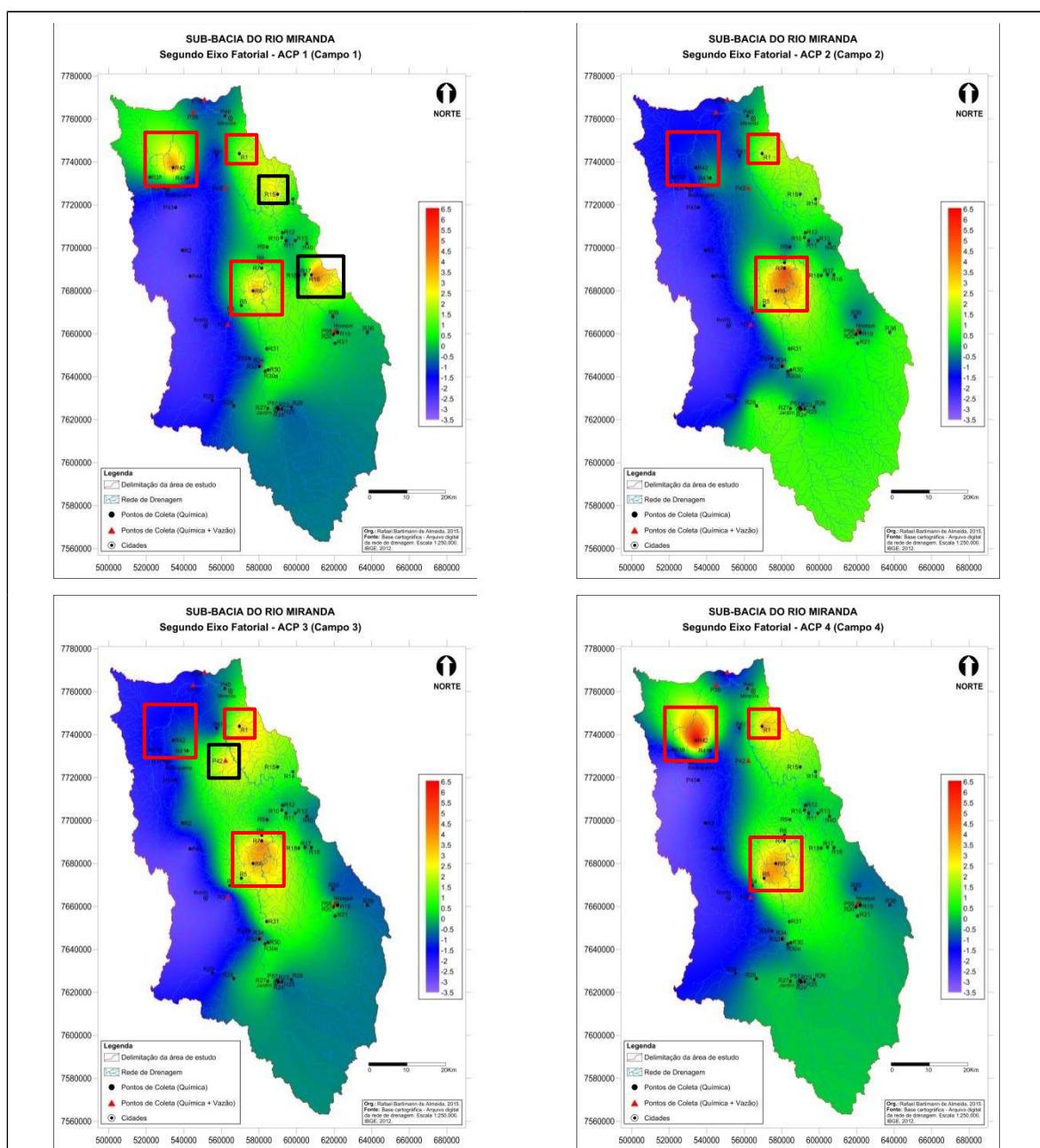


Figura 36 - Localização dos processos temporários e permanentes.

Pode-se perceber a existência de uma grande variabilidade química dentro da região de calcário, e ainda, o fato do peso do eixo 2 aumentar em abril parece concordar com uma influência antrópica que se espalha pelos escoamentos superficiais.

No centro da bacia, o ponto R6 (córrego Bacurí) apresenta teores mais elevados em potássio (K^+), cloreto (Cl^-) e sódio (Na^+). Estes valores ocorrem em todas as ACP's, evidenciando um processo permanente no tempo. Uma tendência similar pode ser observada no ponto R7 (córrego Barreiro), principalmente durante as coletas 2 e 3, apesar de ser moderadamente marcado nas coletas 1 e 4.

Na porção nordeste da bacia, nitidamente influenciada por teores mais altos em Potássio (K^+), Cloreto (Cl^-) e Sódio (Na^+) do ponto R1 (córrego Poeira). A tendência é menos marcada nas ACP's 2 e 4, mas ocorre em todas as coletas e deve ser considerado como um processo permanente.

A Figura 14 (pg. 45) mostrou que o ponto R42 (córrego Acampamento) teve um peso importante no eixo 2. Considerando que este ponto estava seco nas coletas de outubro de 2013 e janeiro de 2014 pode-se considerar a química deste ponto como uma característica permanente. A variabilidade química carregada pelo segundo eixo ocorre dentro da região calcária. No entanto, fica difícil atribuir esta alteração local – porém permanente – na química da água a uma mudança na litologia dentro do calcário (Figura 37).

De fato, é difícil conceber uma variação da rocha liberando íons K^+ , Cl^- e Na^+ . Os fatores que podem contribuir para uma alteração local da química da água são muitos, mas os íons envolvidos parecem mais relacionados à influência do uso da terra.

Estes pontos (R1, R6, R7 e R42) têm caráter permanente e apresentam uma forte influência de atividades agropecuárias em seu entorno que pode contribuir a essa alteração da química através: **1)** do uso de NaCl como complementação mineral na alimentação do gado (elementos muito solúveis); **2)** de queimadas locais e dissolução da cinza no escoamento superficial; **3)** fertilizações diversos KCl, sulfato de amônio $SO_4(NH_4^+)^2$, dentre outros (Figura 38).

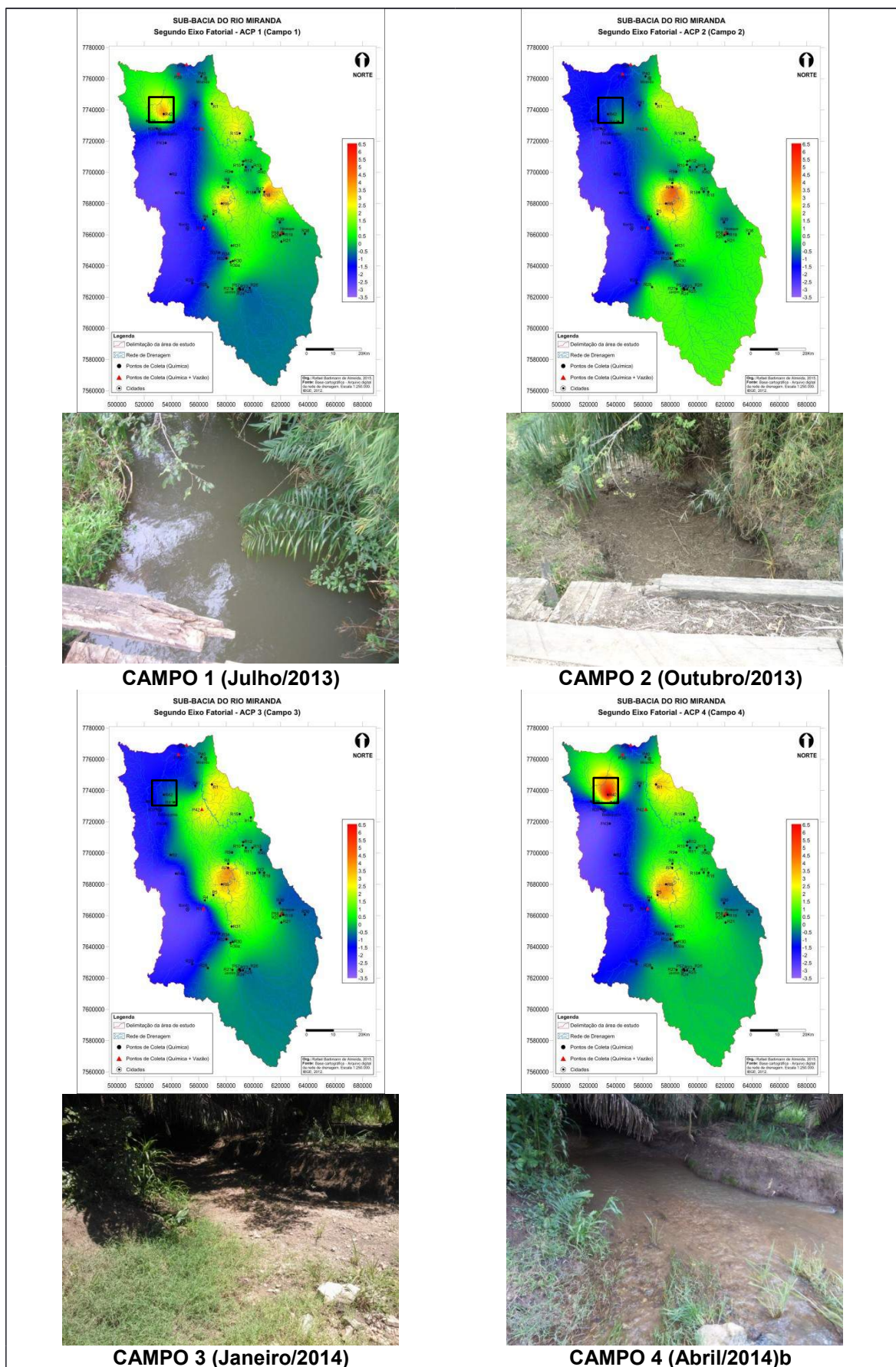


Figura 37 - Influência da estação seca no Ponto R42 (córrego Acampamento).

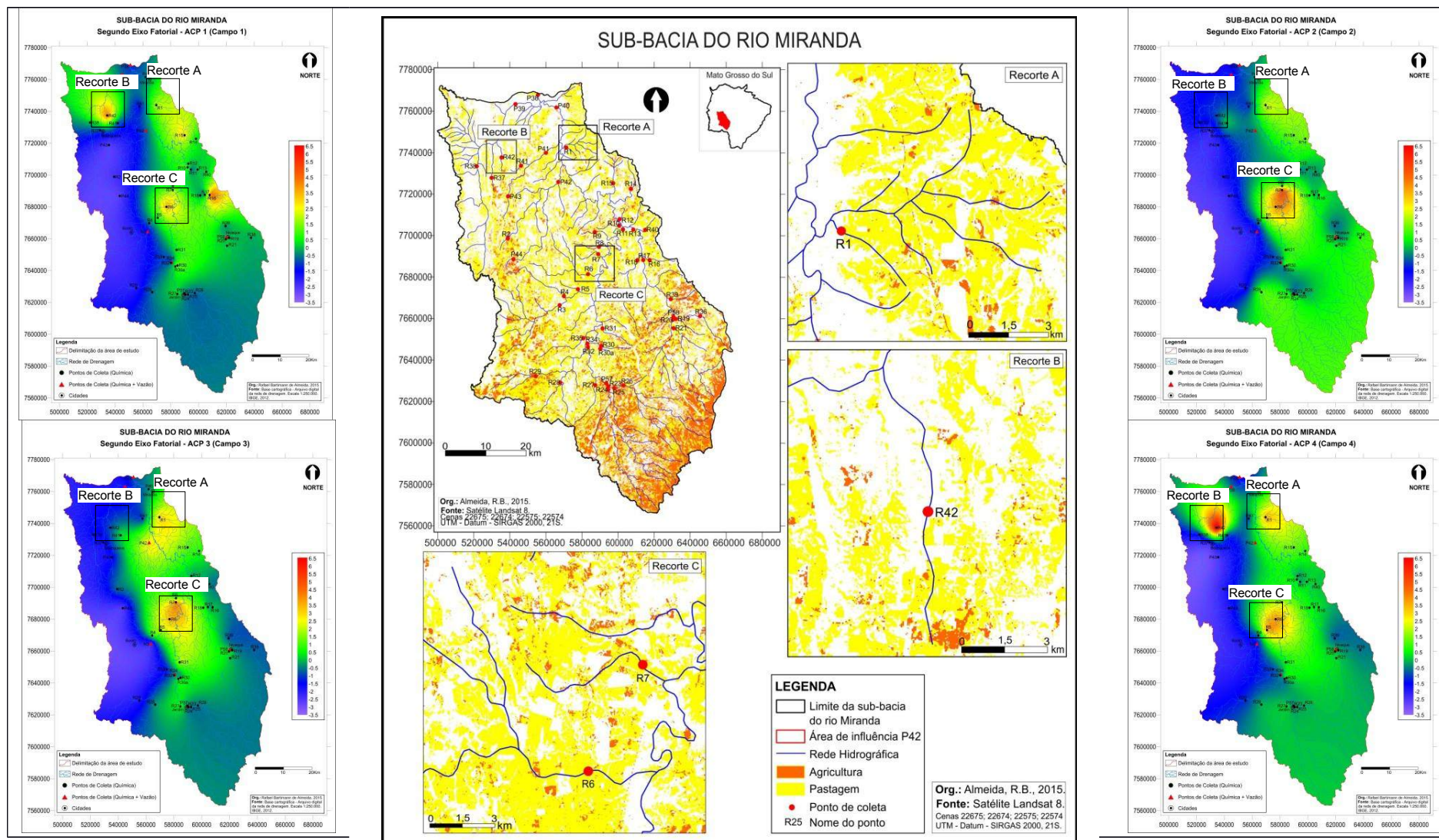


Figura 38 - Comparação entre o segundo eixo fatorial das ACP's com o uso e ocupação das terras (Processos Permanentes)

No leste da bacia, no ponto R16 (córrego Guaxupé), uma alteração local, similar na composição da água (aumento de K^+ , Cl^- e Na^+), aparece como um processo temporário no campo 1, o que parece confirmar uma influência do uso das terras (Figura 39, recorte B). Uma tendência similar (e temporária) pode ser observada no ponto R15 (córrego Taquaraí) durante a primeira coleta, e no ponto P42 (rio Chapena) durante a terceira coleta (Figura 39, Recortes A e C).

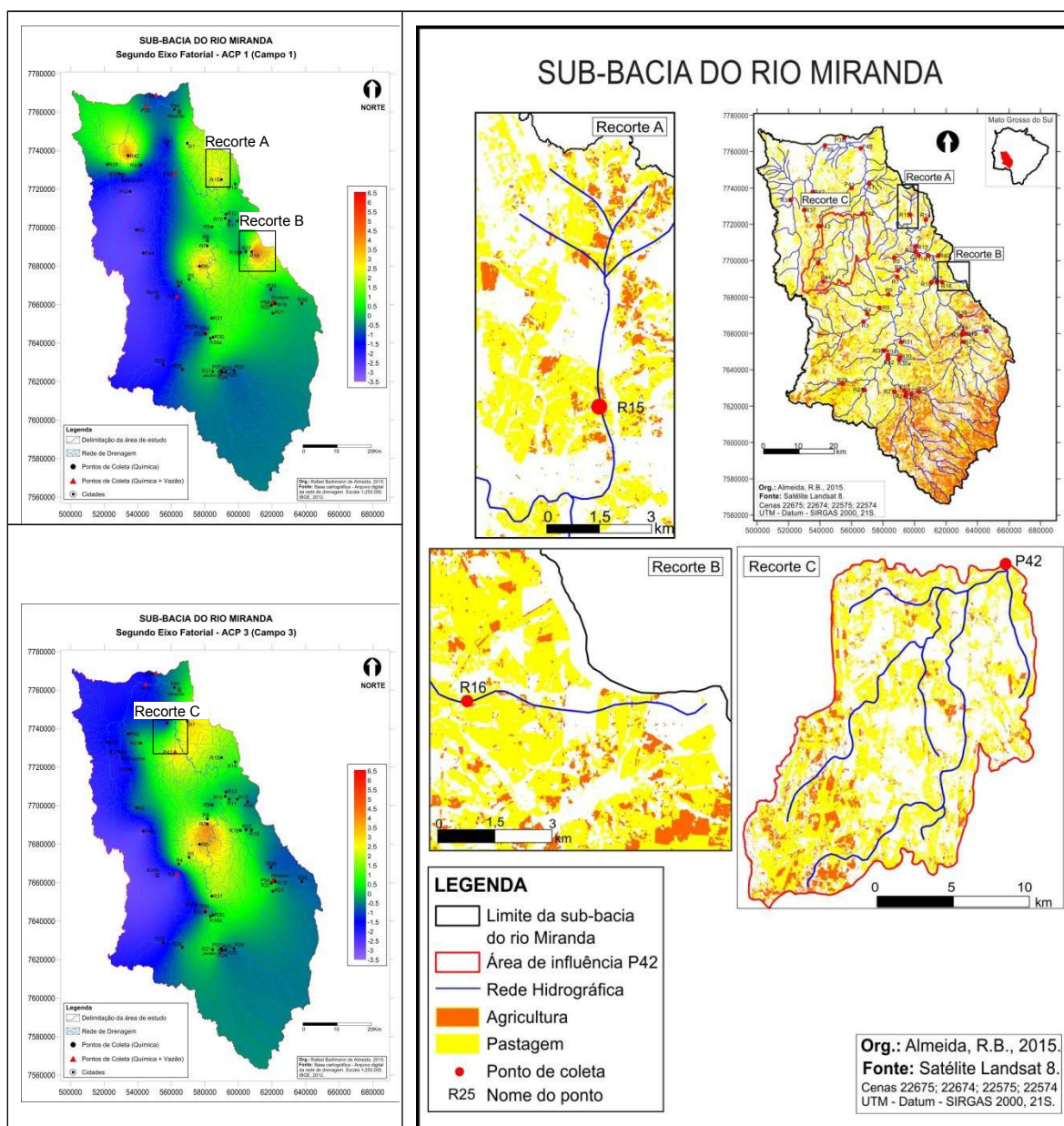


Figura 39 – Processos temporários e a relação com o uso das terras.

4.5.3 Outros processos

O terceiro eixo fatorial das quatro ACP's estabelece diferenças entre amostras predominantemente marcadas pelos teores de sódio (Na^+) e nitrato (NO_3^-). Entre os fatos pontuais a considerar nesta análise, tem destaque o caráter temporário dos processos, isto é, ocorrem durante uma ou duas coletas e não se repetem de forma contínua. Este é o caso das amostras R28 (rio Verde); P42 (rio Chapena); R7 (córrego Barreiro); R3 (rio Formoso) e R1 (córrego Poeira). O único ponto que apresenta caráter permanente é o R42 (córrego Acampamento), durante as coletas 1 e 4, lembrando que o córrego estava seco durante as coletas 2 e 3 (Foto 5 pg.74).

O eixo 3 destaca a porção nordeste, influenciada pelos teores de nitrato (NO_3^-) do ponto R42 (córrego Acampamento) nas ACP's 1 e 4. Destaca ainda, de forma secundária, a porção leste, marcada pelos valores de nitrato (NO_3^-) do ponto R29 (rio da Prata) nas ACP's 1 e 4. Na ACP2, os valores de nitrato (NO_3^-) são associados ao ponto R28 (rio Verde). Contudo, pode-se estabelecer que os processos ligados a estes pontos sejam provenientes de fontes difusas e não permanentes. As alterações na composição das águas são fracas, da ordem de 0,002 a 0,009 mmol/L (ou seja 0,12 a 0,55 mg/L) e qualquer componente do ciclo do nitrogênio pode levar a tais alterações.

Considerando por exemplo o ponto R28 (rio Verde), que tem 47% da sua área influenciada por atividades agrícolas e pecuária, esse apresentou uma elevação de 0,4 mg/L na concentração de nitrato (NO_3^-), facilitada pela transferência desse elemento para a rede de drenagem por meio do escoamento superficial durante os períodos chuvosos, cujo aumento ocorre justamente no período de início do plantio da soja (Figura 40, recorte B).

O ponto R29 (rio da Prata) apresentou valores elevados de nitrato (NO_3^-) durante o campo 4, quando ocorreram chuvas regionais na bacia. Este aumento pode estar ligado ao escoamento superficial proveniente de áreas onde ocorre o cultivo das culturas do milho e da soja (Figura 40, recorte B).

O ponto P42 (rio Chapena) aparece destacado na ACP3, evidenciando baixos teores de Sódio (Na^+). Trata-se de um processo temporário, pois ocorreu apenas na coleta realizada em janeiro de 2014. Provavelmente, este processo

está associado ao transporte de sedimentos e da carga dissolvida provenientes de áreas adjacentes, predominantemente marcadas pela presença de atividades agrícolas (Figura 40, recorte A).

O ponto de coleta R42 (córrego Acampamento) fica a jusante de uma represa (Foto 6) onde o desenvolvimento de algas, e em particular de cianobactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, pode trazer alterações importantes e temporárias no ciclo do nitrogênio nas suas diversas formas químicas (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+).



Foto 6 - Represamento do córrego Acampamento (Ponto R42).

4.5.4 A vazão do rio Miranda e seus principais afluentes

A vazão do ponto P38 (rio Miranda) é diretamente influenciada pela vazão dos seus principais afluentes (rio Formoso, rio Chapena, rio Salobra e rio Nioaque). Nestes rios, existe uma tendência de aumento da vazão a partir do mês de janeiro que pode estar ligado ao aumento das chuvas na sub-bacia do rio Miranda. A vazão máxima destes rios foi medida em julho, e a menor no mês de outubro.

Existe uma relação direta entre a vazão medida no P38 do rio Miranda (exutório da área de estudo) e as vazões dos seus principais afluentes. Porém, no campo 2, esta relação não é observada nos pontos R23 e R34, que estão localizados entre o alto e médio curso do rio Miranda, próximos a Serra de Maracajú (Figura 41).

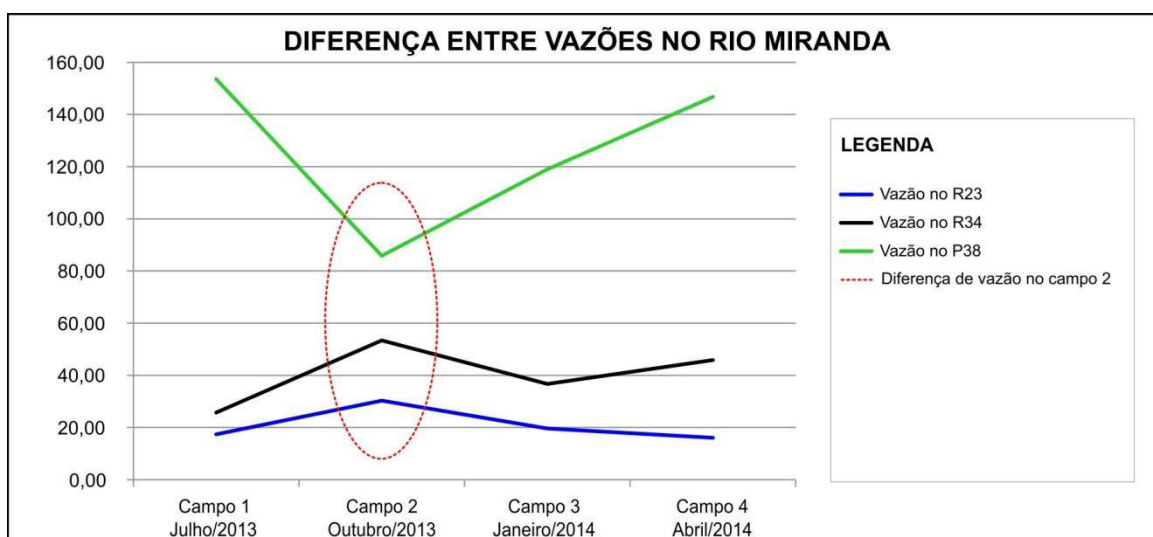


Figura 41 - Diferença de vazões ao longo do rio Miranda.

Esses pontos (R23 e R34) apresentam vazões elevadas no campo 2, fato que não corresponde a vazão medida no ponto P38. Essas vazões elevadas podem estar ligadas a chuvas ocasionais nas áreas de influência dos pontos (R23 e R34) medidos durante o período de coleta. Desta forma, a diferença de vazão destes pontos com o ponto P38 teria sido influenciada pela diferença de tempo entre as medidas. As medidas de vazão nos pontos R23 e R34 foram feitas no mesmo dia, enquanto a medida de vazão no P38 foi realizada um dia depois.

Considerando a velocidade média da água no R34 no dia da medida (0,478 m/s) e o percurso de 345 km do rio entre o R34 e o P38, esta carga excessiva de água levaria em média 8 dias para apresentar influência no ponto (P38).

Outro aspecto importante a considerar é o aumento excessivo da vazão no rio Miranda (P38) durante o campo 1, que não é proporcionalmente pelos rios Nioaque, Chapena e Formoso. Este fato ocorre em função do aumento da vazão no rio Salobra, que interfere diretamente no aumento da vazão do rio Miranda. Porém, existe uma diferença entre a vazão do rio Miranda e a vazão do rio Salobra. Essa diferença pode ser explicada pelas características da região. Por ser uma região de planície, o aumento excessivo da vazão no P39 provoca um extrapolamento do canal, e as águas passam a seguir em direção ao rio Miranda, também pela planície de inundação (Figura 42).

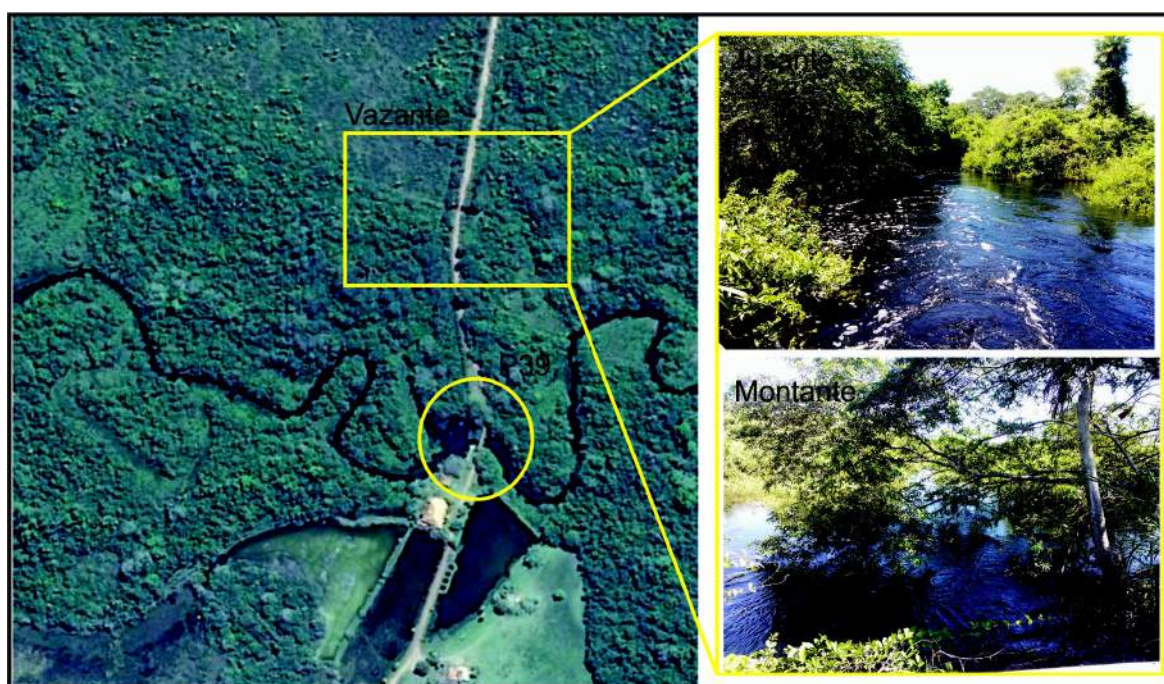


Figura 42 - Vazante do rio Salobra em atividade durante período de cheia.

4.5.5 Vazão e área drenada

As características de cada sub-bacia em particular, isto é, área drenada e vazão específica por campo apresentam-se bem relacionadas (Figura 43). Com base na linearidade dos resultados, podemos apontar que quantidade de água aumenta na proporção do aumento da área drenada. Este fato concorda com a

relação entre vazão e área drenada da Bacia do Alto Paraguai, que também apresenta aumento proporcional de vazão em função da área drenada (Gráfico 1).

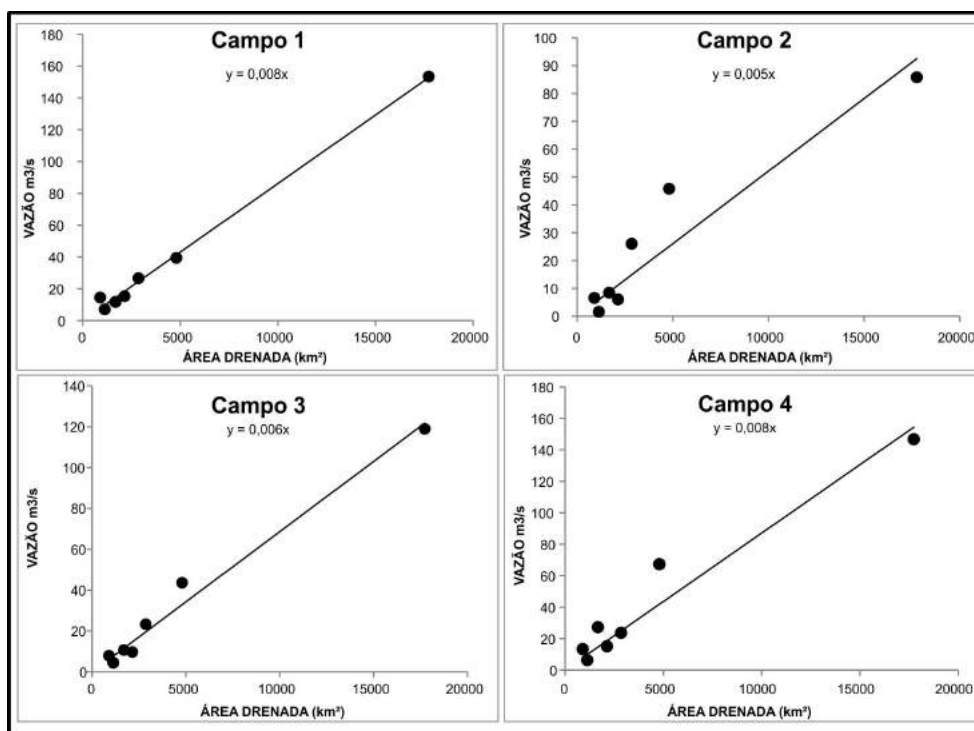


Figura 43 - Relação entre vazão e área drenada.

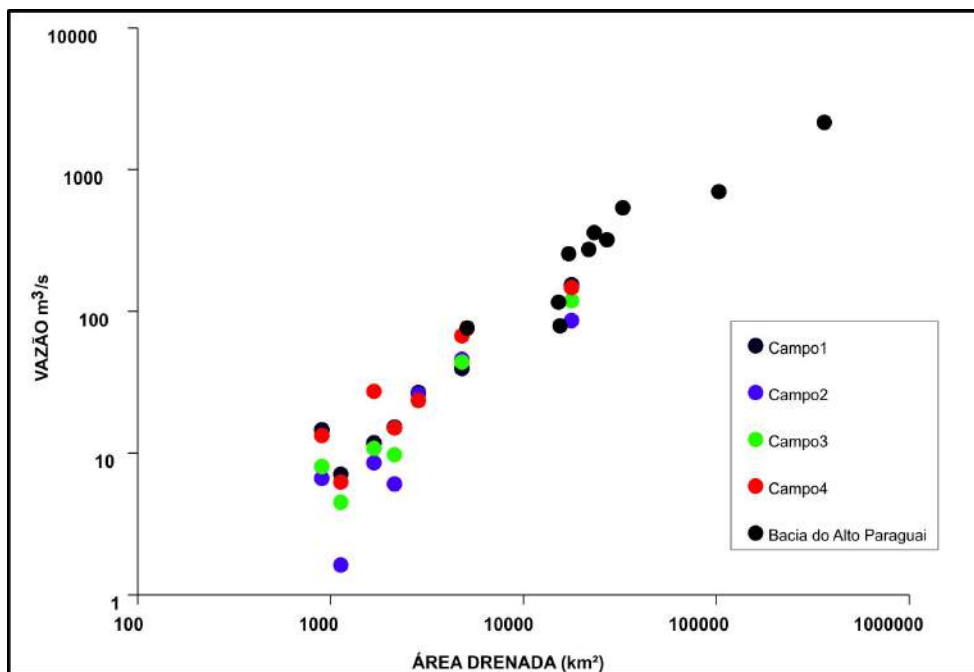


Gráfico1 - Relação entre vazão e área drenada em cada ponto amostrado e na Bacia do Alto Paraguai (REZENDE-FILHO et. al. 2012).

4.5.6 Carga de sedimentos suspensos e a carga total dissolvida

A análise da relação entre a carga de sedimentos suspensos e carga total dissolvida foi realizada de forma comparativa entre as sub-bacias monitoradas, considerando o uso e ocupação das terras e a litologia específica percorrida por cada rio.

Nas sub-bacias onde as rochas calcárias são predominantes, em todos os campos, a carga total dissolvida apareceu muito maior do que a carga de sedimentos suspensos. Contudo, nas sub-bacias onde predominam rochas areníticas e basálticas, essa relação aparece distorcida. Isso indica que dois fatores distintos interferem diretamente nas taxas de erosão da sub-bacia do rio Miranda.

O primeiro é a geologia local, nas sub-bacias onde predominam rochas calcárias, as alterações da paisagem em rochas calcárias ocorrem em função da erosão química, pois essas rochas apresentam maior taxa de solubilidade no contato com a água. Nas sub-bacias onde predominam rochas areníticas e basálticas, as modificações na paisagem sofrem maior interferência da erosão mecânica (Figura 44).

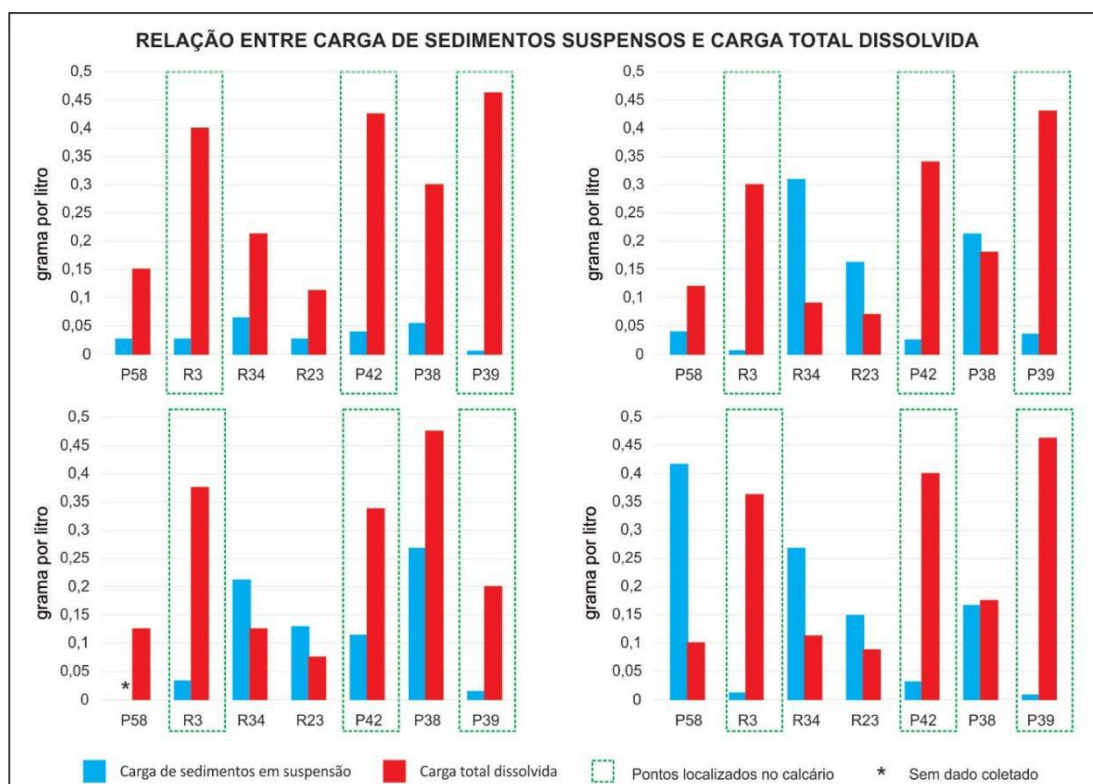


Figura 44 - Relação entre carga de sedimentos suspensos e carga total dissolvida.

Outro argumento a favor da geologia como fator importante nas taxas de erosão da sub-bacia do rio Miranda reside no tipo de uso das terras das áreas drenadas pelos pontos R3 (rio Formoso) e P39 (rio Salobra). O espaço ocupado por atividades agropecuárias na área do ponto R3 (rio Formoso) é muito maior do que o espaço antropizado na área do ponto P39, contudo, a carga de sedimentos em suspensão é baixa nos dois pontos. Isto comprova que o tipo de uso das terras não interfere na carga de sedimentos suspensos em bacias marcadas por rochas calcárias (Gráfico 2).

Já nas bacias onde o arenito é predominante (P58 e R23), as atividades antrópicas parecem interferir na carga de sedimentos suspensos (Gráfico 2), principalmente nos períodos onde a vazão aparece elevada. Isto indica uma contribuição do escoamento superficial na carga sólida transportada pelo rio Miranda.

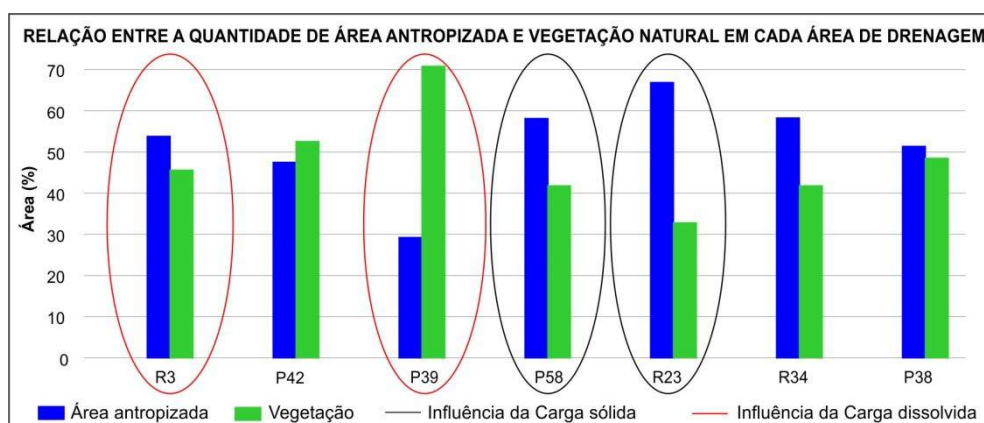


Gráfico 2 - Relação entre os tipos de uso da terra por área de drenagem.

Outro ponto a considerar é a elevada vazão do rio Miranda no ponto P38 no campo1, onde não existiu um aumento na carga em sedimentos transportados. A montante, o rio Miranda é influenciado pelo basalto e pelo arenito, porém, na sua foz, o rio recebe uma grande contribuição de vazão do rio Salobra, que é predominantemente marcado pela presença de rochas calcárias. Esta característica particular do rio Salobra justifica a baixa carga de sedimentos suspensos transportados pelo canal e também os elevados valores de carga dissolvida, principalmente Mg^{+} e Ca^{2+} . Assim, quando a vazão do rio Salobra aumenta, existe um aumento proporcional da vazão do rio Miranda no ponto P38, mas a carga de sedimentos não aumenta, pois a pequena quantidade de sedimentos transportados pelo rio Salobra não influencia o ponto P38.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi a aquisição de um banco de dados sobre a rede de drenagem da sub-bacia do rio Miranda ao longo do ano (em quatro coletas, julho/2013, outubro/2013, janeiro/2014 e abril/2014).

Os resultados forneceram uma linha de base da situação hidroquímica do Miranda e de seus afluentes, ou seja, um ponto de referência a partir do qual monitoramentos futuros poderão ser comparados.

A rede de drenagem da sub-bacia do rio Miranda atravessa uma diversidade de formações geológicas, dessa forma apresenta grande contraste nos elementos químicos e nos processos erosivos (físico e químico). Os resultados mostram uma distribuição lógica da variabilidade química das águas de superfície, com uma predominante influência da geologia local, fato comprovado pelos elevados valores de CE, no qual apresentam um perfil químico concordante com os produtos de alteração do calcário. A influência da litologia foi ressaltada pelo primeiro eixo fatorial nas quatro ACP's, representando aproximadamente 50% da variabilidade química das águas da sub-bacia do rio Miranda.

Contudo, se a análise do primeiro eixo fatorial permite sem nenhum problema relacionar a maior variabilidade das águas com a solubilização das rochas, o segundo eixo das ACP's é mais difícil de explicar e ressalta alterações locais com elementos químicos que são geralmente ligados ao uso das terras.

Já a informação carregada pelo terceiro eixo fatorial é muito pequena, principalmente ligada a aumentos em NO_3^- inferiores a 1 mg/L. Portanto não foi possível associar um processo em particular a esse eixo fatorial. Trata-se provavelmente de influências antrópicas variáveis no espaço e no tempo, sobretudo pouco marcadas em termos de composição química das águas.

Com base nos resultados, dois fatores distintos diferenciam a carga de sedimentos em suspensão entre as sub-bacias analisadas. O primeiro é a litologia local. Nas sub-bacias onde predomina o calcário (rio Salobra, rio Chapena e rio Formoso) parece ocorrer erosão via dissolução de minerais, o que contribui para o aumento da carga dissolvida (maior presença de elementos químicos ligados à rocha) e baixa carga sólida.

A presença das atividades agrícolas em região calcária não tem influência na carga dissolvida, o que indica um processo controlado principalmente pela litologia.

Em sub-bacias influenciadas por arenito e basalto, a carga sólida aumenta consideravelmente em períodos de maior vazão, que pode ser resultado de intensas chuvas locais associadas às atividades agropecuárias.

Os dados adquiridos no quadro desse trabalho vão contribuir para os monitoramentos futuros na evolução da qualidade das águas, e poderão também ser comparados com outras bacias vizinhas que apresentem as mesmas formações geológicas em proporções diferentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDON, M.M. **Os impactos ambientais no meio físico – erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária.** (Tese de doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos: EESC/USP, 274 p., mar. 2004.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Depósitos de origem glacial no território de Ponta Porã, Estado de Mato Grosso.** Anais da Academia de Ciências. Rio de Janeiro, 1945a.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Geologia do sudoeste mato-grossense.** Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, 1945b.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Geologia do centro-leste mato-grossense.** Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, 1954.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Geologia da Serra da Bodoquena.** Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, 1965.

ALVARENGA, C. J. S. TROMPETTE, R. **Evolução tectônica brasileira na faixa Paraguai:** A estruturação da região de Cuiabá. Revista Brasileira de Geociências, v. 23, 1993.

ALVARENGA, S. M. BRASIL, A. E. PINHEIRO, R. KUX, H. J. H. **Estudo geomorfológico aplicado à bacia do Alto Paraguai e Pantanaís mato-grossenses.** Salvador: Projeto RADAMBRASIL, Boletim Técnico; Serie Geomorfológica, 89-183 p., 1984.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Medida de descarga líquida em grandes rios.** Manual Técnico. 2º Edição. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília: ANA, 2014.

ANDERSON, R. E.; BLACK, W. C.; HAIR Jr., J. F.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados.** Editora: BOOKMAN COMPANHIA ED, edição 1, 600p, 2005.

ARAÚJO, H. J. T NETO, A. S. TRINDADE, C. A. H. PINTO, J. C. A. MONTALVÃO, R. M. G. DOURADO, T. D. C. PALMEIRA, R. C. B. TASSINARI, C. C. G. **Geologia.** In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL, Folha SF21. Campo-Grande. (Levantamento de Recursos Naturais, 28) 23-124 p.

ASSINE, M. L. **Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil.** Rio Claro, SP. Tese (Livre-Docência) – UNESP – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Geologia Sedimentar, Câmpus de Rio Claro, 2003.106p.

BARBIERO, L. REZENDE-FILHO, A. T. FURQUIM, S. C. FURIAN, S. SAKAMOTO, A. Y. VALLES, V. GRAHAM, R. FORT, M. FERREIRA, R. P. D. QUEIROZ NETO, J. P. **Soil morphological control n saline and freshwater lake hydrogeochemistry in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil.** *Geoderma* (Amsterdam), v. 148, p.91-106.

BHATT, M. P.; LIERMANN, L. J.; SAK, P. B. **How basalt weathering rates vary with time and scale of measurement.** In: Conference on Goldschmidt 2010 - Earth, Energy, and the Environment Location: Knoxville, TN Date: JUN 13-18, 2010. *GEOCHIMICA ET COSMOCHIMICA ACTA* Volume: 74, pages A86-A86. Published: JUN 2010

BRASIL. Ministério do Interior. **Estudo de desenvolvimento integrado da Bacia do Alto Paraguai:** Relatório de 1ª fase. Descrição física e recursos naturais. Brasília: MI-SUDECO. 1979. Tomo 2. 249p.

BRASIL. Lei 8.171 de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a Política Agrícola do Brasil, fixa fundamentos, define objetivos e competências institucionais.

BRASIL. Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentada o inciso XIX do art. 21 da constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei n° 8.001, de 12 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria geral. **Projeto RADAMBRASIL. Levantamento dos recursos naturais, v.28. Folha SF.21** Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982, 416p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL – Folha SE.21 Corumbá e parte da folha SE.20:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

CARDOSO, A. T. **Estudo Hidrossedimentológico em Três Bacias Embutidas no Município de Rio Negrinho – SC.** Dissertação (Mestrado) em Engenharia Ambiental. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2013.

CARVALHO, N. O. **Hidrologia da bacia do Alto Paraguai.** In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal. Corumbá. Anais. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.43-49.

CHAVES, J.; NEILL, C.; GERMER, S.; 2008. **Land management impacts on runoff sources in small Amazon watersheds.** *HYDROLOGICAL PROCESSES*. Volume: 22 Issue: 12. 1766-1775p. DOI: 10.1002/hyp.6803. 2008.

CHEN, K. JIAO, J. J. HUANG, J. HUANG, R. **Multivariate statistical evaluation of trace elements in ground water in a coastal area in Shenzhen, China.** ELSEVIER, Environmental Pollution, 147, 2007. Pages 771-780.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 2. ed., 1980.

CORREA, J. A. et. al. **Projeto Bodoquena:** relatório final. Goiânia, DNPM/CRPM (Relatório do arquivo técnico da DGM, v.1), 1976.

CPRM. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo.** Sistemas de Informações geográficas – SIG. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2004. CD-ROM (ISBN 85-7499-009-4)

CUSTODIO E. LLAMAS, M.R. **Hidrologia Subterrânea.** Barcelona: Ediciones Omega S.A, vol2. 1976.

DEL'ARCO, J. O. et. al. **Geologia.** In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL, folha SE 21 Corumbá e parte da folha SE 20 Rio de Janeiro, 1982. Levantamento de Recursos Naturais, 27.

DNOS. **Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai.** Rio de Janeiro. (BRASIL – Ministério do Interior). Departamento Nacional de Obras de Saneamento, Volumes: 1. Relatório Técnico; 2. Diversos; 3. Altura de Chuvas e 4. Fluvimetria. 1974.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FAURE, G. JONES, L. M. EASTIN, R. CHRISTNER, M. **Strontium Isotope Composition and Trace Element Concentrations in Lake Huron and its Principal Tributaries.** Report for office of Water Resources Research, US.Dept. Interior. Project N° B-004 – OHIO, 109 p.

FERRAZ, R. G. B. **Antropização da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda:** Alterações Climáticas, Recursos Naturais e Desenvolvimento. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Local). Campo Grande – Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), 2006.

FERREIRA, C.C. **Geotecnologias aplicadas a criação e organização de banco de dados geoambientais da bacia hidrográfica do rio Sucuriú - MS/BR.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas-MS, 2011.

FETTER C.W. **Applied Hydrogeology.** 2.ed. Merrill Publishing Company, University of Wisconsin, Oshkosh, 1988. 592pp.

FURQUIM, S. A. BARBIERO, L. GRAHAM, R. C. QUEIROZ NETO, J. P. FERREIRA, R. P. D. FURIAN, S. **Neoformation of mics in soils surrounding an alkaline-saline lake of the Pantanal wetland, Brazil.** Geoderma 154, 518-528 p. 2010a.

FURQUIM, S. A. GRAHAM, R. C. BARBIERO, L. QUEIROZ NETO, J. P. VIDAL-TORRADO, P. **Soil mineral genesis and distribution in saline lake landscape of the Pantanal wetland, Brazil**. *Geoderma* 154, 518-528 p. 2010b.

GIBBS, R. J. **Water chemistry of Amazon river**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 36. 1970. p.1061-1066.

GONÇALVES, A. SCHNEIDER, R. L. **Geologia do centro-leste de Mato Grosso**, Ponta Grossa, Petrobrás-DESUL, 1970.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

HAIR, J. F. JR. BLACK, W. BABIN, B. J. ANDERSON, R. E. TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

HEM, J.D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. USGS Water-Supply paper, 1985.2254, 263p.

HOLAND, S. M. **Principal components analysis (PCA)**. Department of Geology, University of Georgia, Athens, 2008.

HREN, M. T.; CHAMBERLAIN, C. P.; HILLEY, G. E.; BLISNIUK, P. M.; BOOKHAGEN, B. **Major ion chemistry of the Yarlung Tsangpo-Brahmaputra river: Chemical weathering, erosion, and CO₂ consumption in the southern Tibetan plateau and eastern syntaxis of the Himalaya**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.71: 2007. p.2907-2935.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Sistema fitogeográfico; Inventário das formações florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; Procedimentos para mapeamentos Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IMASUL. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda**. Campo Grande: SEMAC, 2014.

JABUR, I. C. SANTOS, M. L. **Revisão Estratigráfica da Formação Caiuá**. Boletim de Geografia. Universidade Estadual de Maringá – UEM. Ano 2; n.2. Jan., 1984

KER, J. C. **Latossolos do Brasil: uma revisão**. Geonomos/UFMG. Instituto de Geociências. 5ed. v1. 1997. p.17-40.

LACERDA FILHO, J.V. ABREU FILHO, W. VALENTE, C.R.; OLIVEIRA, C.C. ALBUQUERQUER, M.C. (Org's.) **Geologia e recursos minerais do Estado de Mato Grosso: texto dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado de Mato Grosso**. Escala 1:1.000.000. Cuiabá: CPRM/SICME-MT, 2004. 235p.

LARAQUE, A.; BERNAL, C.; BOURREL, L.; 2009. **Sediment budget of the Napo River, Amazon basin**, Ecuador and Peru Source: HYDROLOGICAL PROCESSES. Volume: 23, Issue: 25, 3509-3524p. DOI: 10.1002/hyp.7463. 2009.

LI, S. GUA, S. TANA, X. ZHANGA, Q. **Water quality in the upper Han River basin, China**: The impacts of land use/land cover in riparian buffer zone. ELSEVIER: Journal of Hazardous Materials, 2009.

LIMBERGER L.; CORRÊA, G. T. **Diagnóstico ambiental do ribeirão Lindóia (Londrina-PR). Aspectos físico-químicos e bacteriológicos**. Revista eletrônica da associação de geógrafos brasileiros. Seção Três Lagoas - MS, vol. 2, nº 2, ano 2, 2005.

MACIEL, P. **Tilito Cambriano no Estado de Mato Grosso**. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 1959.

MAQUET, J.-S.; CRAVE, A.; VIERS, J.; 2011. **Chemical weathering and atmospheric/soil CO² uptake in the Andean and Foreland Amazon basins**. CHEMICAL GEOLOGY. Volume: 287; Issue: 1-2, 1-26p. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2011.01.005. 2011.

MARTINS, Elisângela Rosemeri Curti. **Tipologias de lagoas salinas no Pantanal da Nhecolândia (MS)**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-14012013-172446/>>. Acesso em: 2015-04-29.

MENDES, J. C. PETRI, S. **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Instituto Nacional do Livro, 1971.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. **Monitoramento de bacias hidrográficas para identificar fontes de sedimentos em suspensão**. Ciência Rural, v. 41, n. 3, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento da cobertura vegetal**. Brasília : MMA, 2007.

MOLDAN, B., CERNY J. **Biogeochemistry of Small Catchment**: a tool for Environmental Research. SCOPE (Scientific Committee on the Problems of the Environment) Publication 51. John-Wiley, Índia, 1994. Available in: <http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope51/index.html> – acesso em 2003/2004.

MORAES, A. J. de. **Manual para avaliação da qualidade da água**. São Paulo: RIMA, 2001.

MORTATTI, J. PROBST, J. L. **Hidroggeoquímica de bacias de drenagem**. Piracicaba-SP: CENA, 1998.

NADAL-ROMERO, E.; REGÜÉS, D.; LATRON, J. **Relationships among rainfall, runoff, and suspended sediment in a small catchment with badlands**. *Catena*, v. 74, n. 2, p. 127-136, 2008.

NEILL, C.; CHAVES, J. E.; BIGGS, T.; 2011. **Runoff sources and land cover change in the Amazon: an end-member mixing analysis from small watersheds**. *BIOGEOCHEMISTRY* Volume: 105 Issue: 1-3: 7-18p. DOI: 10.1007/s10533-011-9597-8. 2011.

NOGUEIRA, V. L. et. al. **Projeto Bonito-Aquidauana**. Relatório Final. Goiânia, DNPM/CPRM (Relatório do arquivo técnico da DGM, v.1), 1978.

OLIVEIRA, M. D. **Estudos Limnológicos para monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul**. Corumbá: Embrapa Pantanal (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1517-1981; 54), 2003.61 p.

OWENS, P.; SLAYMAKER, O. **Late Holocene sediment yields in small alpine and subalpine drainage basins**, British Columbia. *Erosion, Debris flows and Environment in Mountain Regions*. n. 209, p. 147-154, 1992.

PEREIRA, M. C. B. MENDES, C. A. B. DIAS, F. A. LANGE, M. B. R. BECKER, M. BARRETO, S. R. GREHS, S. A. **Bacia Hidrográfica do rio Miranda**: Estado da Arte. Campo Grande-MS: Universidade Católica Dom Bosco, 2004. 177p.

PARIZOTTO, Tatiana Mascari. **Estudo morfológico e hidroquímico de pequenas depressões na Nhecolândia, Pantanal, MS**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-14012013-124940/>>. Acesso em: 2015-04-29

POR, F. D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) World's Largest Wetlands**. *Monographiae Biologicae* volume 73. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht, Boston, London. Printed in the Netherlands, 123 p.

QUEIROZ, M. M. A.; HORBE, A. M. C.; SEYLER, P.; MOURA, C. A. V. **Hidroquímica do rio Solimões na região entre Manacapuru e Alvarães**: Amazonas - Brasil. *Acta Amaz.* [online]. vol.39, n.4, 2009. pp. 943-952.

REZENDE-FILHO, A. T. **Variabilidade química das águas na Bacia do Alto Paraguai**: uma compartimentação do Pantanal Mato-grossense. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo). São Paulo: FFLCH-USP, 2011.

REZENDE-FILHO, A. T., FURIAN, S., VICTORIA, R. L., MASCRÉ, C., VALLES, V., BARBIERO, L. 2012. **Hydrochemical variability at the Upper Paraguay Basin and Pantanal wetland**, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 2723-2737, doi:10.5194/hess-16-2723-2012, 2012.

RODRIGUES F. CARVALHO O. Bacias - **Hidrográficas como Unidade de Planejamento e Gestão Geoambiental**: Uma Proposta Metodológica - REVISTA FLUMINENSE DE GEOGRAFIA 2 REVISTA ELETRÔNICA DA ASSOCIAÇÃO DOS GEÓGRAFOS BRASILEIROS - SEÇÃO NITERÓI ANO 1 - JUL/DEZ DE 2005 ISSN 1980-9018.

ROSS, J. & PRETTE, M. **Recursos hídricos e bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental**. Revista do Departamento de Geografia da FFLCH – USP: N° 12, 1998. p.89-121.

SALVI-SAKAMOTO, L. L. **A chuva na Bacia do Alto Paraguai**: contribuição ao estudo de aspectos das flutuações interanuais durante o século XX. Tese doutorado (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo).São Paulo: FFLCH-USP, 2001.

SCHOBENHAUS-FILHO, C. OLIVA, L. A. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, folha Corumbá (SE.21)**. Brasília, DNPM, 1979.

SEEGER, M.; ERREA, M. P.; BEGUERÍA, S.; ARNÁEZ, J.; MARTÍ, C; GARCÍA-RUIZ, J. M. **Catchment soil moisture and rainfall characteristics as determinant factors for discharge/suspended sediment hysteretic loops in a small headwater catchment in the Spanish pyrenees**. Journal of Hydrology, v. 288, n. 3-4, p. 299-311, 2004.

SIOLI, H. **Amazônia**: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. Editora Vozes, Petrópolis, 1983.

SOARES, P. C. **Divisão estratigráfica do mesozóico no Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, (5)4:229-51, dez, 1975.

STALLARD, R. F.; EDMOND, J. M. **Geochemistry of the Amazon**. 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. Journal of Geophysical Research, v.88: 1983. p.9671-9688.

STALLARD, R. F.; EDMOND, J. M. **Geochemistry of the Amazon**. 3. Weathering Chemistry and limits of dissolved inputs. Journal of Geophysical Research, v.92: 1987. p.8293-8302.

SYVITSKI, J. P.; PECKHAM, S. D.; HILBERMAN, R.; MULDER, T. **Predicting the terrestrial flux of sediment to the global ocean**: a planetary perspective. Sedimentary Geology, v. 162, n. 1-2, p. 5-24, 2003.

TEODORO, W. L. I.; TEIXEIRA, D. COSTA, D. J. L. FULLER, B. B. **Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, 20º Ed. 2007.

TROPMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: UNESP, 2004.

VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.L.R. LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 1991.

WALLING, D.E. **The sediment delivery problem**. Journal of Hydrology.69,209-237, 1983.

WALLING, D. E; WEBB, B. W. **Solutes in river systems**, in Trudgill, S. T. (Ed.), Solute Processes. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 251-327, 1986.

WALLING, D. E.; FANG, D. **Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers**. Global and Planetary Change, v. 39, n. 1-2, p. 111-126, 2003.

WESTRA, S. BROWN, C. LALL, U. SHARMA, A. **Modeling multivariable hydrological series: Principal component analysis or independent component analysis?** Water Resources Research, vol.43, W06429, doi:10.1029/2006WR005617, 2007.

WILLIAMS, G. P. **Sediment Concentration Versus Water Discharge during Single Hydrologic Events in Rivers**. Journal of Hydrology, v. 111, n. 1-4, p. 89-106, 1989.

ZABALETA, A.; MARTÍNEZ, M.; URIARTE, J. A.; ANTIGUEDAD, I. **Factors controlling suspended sediment yield during runoff events in small headwater catchments of the Basque Country**. Catena, v. 71, n. 1, p. 179-190, 2007.

ZAVATINI, J. A. **A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul**. Tese doutorado. (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo). São Paulo: FFLCH-USP, 1990.

ZHANG, Zhao. TAO, Fulu. DU, J. SHI, P. YU DEYONG. MENG, Y. Yu SUN. **Surface water quality and its control in a river with intensive human impacts- a case study of the Xiangjiang River, China**. ELSEVIER: Journal of Environmental Management, 2010.