

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Indicadores de qualidade de água em sistema de pagamentos por
serviços ambientais. Estudo de caso: Extrema - MG**

César Piccirelli Santos

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

**Piracicaba
2014**

César Piccirelli Santos
Engenheiro Florestal

Indicadores de qualidade de água em sistema de pagamentos por serviços ambientais. Estudo de caso: Extrema – MG

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PLÍNIO BARBOSA DE CAMARGO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Santos, César Piccirelli

Indicadores de qualidade de água em sistema de pagamentos por serviços ambientais.
Estudo de caso: Extrema - MG / César Piccirelli Santos. - - versão revisada de acordo com a
resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.
105 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de
Energia Nuclear na Agricultura, 2014.

1. Conservação 2. Recursos Hídricos 3. Pagamentos por Serviços Ambientais
4. Indicadores 5. Qualidade da Água I. Título

CDD 628.16
S237i

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICO

Ao meu queridíssimo avô Wardemá!

Com todo amor e saudade

Satispaca Pacatiça!

AGRADECIMENTOS

Ao Plínio Barbosa de Camargo por todos as contribuições durante a execução deste e outros trabalhos. Pela amizade sincera e por todas as idéias trocadas, ensinamentos, orientações e pelas oportunidades ao longo destes anos

Ao meu amor Raquel Izidoro que tem muita paciência com o Anacleto e sempre esteve do meu lado tanto nos momentos bons quanto nos ruins. Obrigado Angela!

Aos meus pais que sempre me amaram, apoiaram, incentivaram e passaram valores importantes para hoje ser a pessoa que sou

Aos meus irmãos Bruno Pato e Thais pelo amor e amizade ao longo desta caminhada

A Fabiana Fracassi pela ajuda e paciência incomensuráveis durante as atividades no laboratório. Vencemos o F.I.A! Valeu mesmo Fa!

Aos amigos Wilson (Urso) e Robson que carregam “grande responsabilidade nas costas” e sempre proporcionaram fantásticos momentos de risadas e de ciência também É CLARO! Que tenham força para carregar esse fardo!

Ao Edmar que apesar de me fazer levantar as 5 da manhã pra ir a campo participou e colaborou em incontáveis coletas e nos fez dar muitas risadas com suas piadas lusitanas

Ao Zebu pelo acolhimento, pela ajuda nas análises estatísticas dos dados deste projeto e pelos picolés do Sr. Bigode nos dias de calor EXTREMO em Piracicaba

Ao GEPURA e seus integrantes que ajudaram em diversas atividades no laboratório (Rard, Pão, Fralda, Pleta, Mundiça, Rasante, Maísa, Anauê, etc) que se tornaram grandes amigos ao longo destes anos

Ao Felipinho e Freeshop pelas risadas e companhia nos dias de TOC

A todos os alunos, estagiários, funcionários e professores do LEI que sempre me trataram com respeito e consideração

Ao Dr. Bardon que esteve presente em todas as coletas e foi de suma importância para execução deste projeto. Meus sinceros agradecimentos!

A toda equipe da TNC e a Prefeitura de Extrema e seus funcionários que colaboraram essencialmente com a execução deste projeto

Ao João Guimarães da TNC pela confiança e colaboração direta com a geração dos mapas de uso e ocupação do solo

Ao Paulinho da Prefeitura de Extrema pelas portas abertas para o desenvolvimento deste projeto

Ao Sr. Devanir Garcia e ao Sr. Pedro Cunha da ANA pelas informações fornecidas

Ao Elias e o Sr. Cícero, residentes das Posses, pela disposição e colaboração na realização das coletas. Muito obrigado!!!

Aos amigos Ripa e Sião (Natassia) pelos anos de convívio, gargalhadas incontáveis, ideias infinitas e cervejas geladas

A todos os amigos que moraram na república Filhos do Lixo e também proporcionaram muitas lições de vida e amizade sincera

Aos amigos Carleti, Thaisa e sua filha Helena pela cumplicidade e amizade verdadeira

A república Maracangalha e seus moradores e ex moradores que sempre estarão no coração!

A Sílvia por toda orientação e compreensão nos momentos mais difíceis. AHOY!!!!!!

A FAPESP pela oportunidade e bolsa concedida (Processo nº 2011/14887-1)

Ao programa PPGI Ecologia Aplicada e seus funcionários

A Mara Casarin por toda ajuda, atenção e carinho durante estes anos

Por fim a todos que contribuíram direta ou indiretamente para execução deste projeto!!!

VALEU!!!!!!

*“Como o rastro suave de um raio solar
Minha mente me leva onde eu possa adentrar
Viajo por lugares que eu não sei onde estão
Escuto vozes, vejo luzes, que eu não sei pra onde vão
Vivendo numa sinestesia total,
Me lembro de repente o plano é transcendental
Acordo nesse mundo mas não lembro o por quê
Mas agradeço todo dia pelo novo amanhecer”*

Bruno Pato

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Hipótese de Trabalho	24
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 Bacias de Drenagem e a Qualidade das Águas	27
2.2 Pagamentos por Serviços Ambientais e a conservação de Recursos Hídricos	29
2.3 Pagamentos por Serviços Ambientais em Extrema MG	31
2.4 Indicadores de Qualidade de Água	32
3 MATERIAL E METODOS	35
3.1 Caracterização da Área de Estudo	35
3.2 Locais de Amostragens	36
3.3 Georreferenciamento dos Pontos de Coleta e Caracterização do Entorno.....	38
3.4 Coletas de dados	43
3.4.1 Parâmetros abióticos.....	43
3.4.2 Carbono Inorgânico Dissolvido (CID)	43
3.4.3 Carbono Orgânico Dissolvido (COD)	44
3.4.4 Consumo de Oxigênio	44
3.4.5 N-NO ₃ e N-NH ₄	44
3.5 Análises Estatísticas.....	45
3.6 Caracterização do Regime de Chuvas no período de Amostragem	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 CE, OD, COD, CID, pH e DBO	47
4.2 Análises das Nascentes	50
4.2.1 Correlações em áreas de nascentes da Micro-Bacia do Ribeirão das Posses	55
4.2.2 Correlações nas nascentes das micro-bacias dos Ribeirões Posses e Salto	66
4.3 Análises do Ribeirão das Posses	69
4.4 Análises da foz do Ribeirão das Posses e sua influência no Rio Jaguari.....	71
4.5 Análises do consumo de oxigênio dissolvido na Micro-Bacia do Ribeirão das Posses e do Ribeirão Salto.....	75
4.6 Vegetação, uso do solo e as influências na qualidade das águas	78
5 CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	83
ANEXOS	87

RESUMO

Indicadores de qualidade de água em sistema de pagamentos por serviços ambientais. Estudo de caso: Extrema – MG

O presente trabalho buscou encontrar indicadores através da análise de parâmetros de qualidade da água, que sirvam como referência para avaliação de áreas com práticas conservacionistas, oriundas de um sistema de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA). A área estudada foi implantada pela Prefeitura do Município de Extrema, MG, na Micro-Bacia do Ribeirão das Posses, durante a estruturação do plano de manejo do município. Este estudo foi desenvolvido em parceria com a organização não governamental (ONG) The Nature Conservancy (TNC) e com a prefeitura de Extrema, MG, e buscou comparar áreas reflorestadas com diferentes idades de plantio, remanescentes florestais e áreas de agropecuária, analisando as melhoras nas questões que envolvem a qualidade da água. As avaliações de qualidade de água apresentaram respostas que variaram de acordo com o tempo de implantação dos PSA e os índices de vegetação nas áreas de drenagem de cada ponto e em relação à sazonalidade ao longo das 22 campanhas de coleta. Os resultados obtidos demonstraram que dentre os parâmetros avaliados, a CE e o CID apresentaram-se como possíveis parâmetros de qualidade da água que poderão ser enquadrados como os indicadores de alteração em função de áreas de PSA. Os resultados demonstraram que os dados analisados durante o desenvolvimento do projeto, indicam que existe uma influência significativa da presença de vegetação arbórea e o isolamento no entorno das nascentes, em reduzir o aporte de sedimentos e nutrientes causados pelas ações antrópicas de uso e ocupação do solo, assim como os efeitos da sazonalidade apresentada neste estudo. As concentrações de CE e DIC encontradas em PSA mais antigo e remanescentes são menores quando comparadas a PSA mais recentes. Além disso a porcentagem de vegetação nas áreas de drenagem demonstrou correlações significativas com a variação destes parâmetros. O isolamento, a presença de vegetação do entorno e seu estado de desenvolvimento, reduzem os efeitos causados pelo carreamento destes nutrientes, sedimentos e cargas orgânicas através das águas das chuvas e contribuem para a conservação dos recursos hídricos da região.

Palavras-chave: Conservação; Recursos Hídricos; Pagamentos por Serviços Ambientais; Indicadores; Qualidade da Água

ABSTRACT

Indicators of water quality in a payments for environmental services system. Case Study: Extrema – MG

This study aimed to find indicators through analysis of water quality parameters , which serve as a reference for evaluation of areas with conservation practices, derived from a system of Payments for Ecosystem Services (PES). The study area was implemented by the Municipality of Extrema , MG , in Ribeirão das Posses micro-basin during the structuring of the management plan of the municipality. This study was developed in partnership with non-governmental organization (NGO) The Nature Conservancy (TNC) of Brazil and the prefecture of Extrema, MG , and aimed to comparing reforested areas with different ages of plantation, forest fragments and agricultural areas improvements in analyzing the issues involving water quality. The water quality evaluations demonstrated that responses varied according to the time of implantation of the PES and vegetation indices in the drainage areas of each point and in relation to seasonality over the 22 collection campaigns . The results showed that among the evaluated parameters, the EC and the DIC presented themselves as potential water quality parameters that can be framed as indicators of change in terms of areas of PES. The results showed that the data analyzed during the development of the project indicates a significant influence of the presence of forest vegetation and the insulation surrounding the springs, to reduce the accumulation of sediments and nutrients caused by human actions and land use as well as seasonal effects presented in this study. The isolation the presence of the surrounding vegetation and its state of development reduces the effects caused by the entrainment of these nutrient sediments and organic loads and contribute to the conservation of water resources in the region

Keywords: Conservation, Water Resources; Payments for Environmental Services, Water Quality; Indicators

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização Geográfica da micro-bacia das Posses	36
Figura 2 - Mapa com a rede de coleta na micro-bacia do Ribeirão das Posses.....	37
Figura 3 - Nascente a montante (Posses)	41
Figura 4 - Encontro do Posses e um afluente.....	41
Figura 5 - Área de pasto no Ribeirão Posses	41
Figura 6 – Área de pasto com Eucalipto	41
Figura 7 - Rescente implantação de PSA.....	41
Figura 8 - Nascente cercada em área de pasto.....	41
Figura 9 - Rio Jaguari.....	42
Figura 10 - Foz do Ribeirão das Posses desaguando no Rio Jaguari.....	42
Figura 11 - Vista do Entorno do Rio Jaguari	42
Figura 12 - Conversa com moradores (Posses).....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação da condutividade elétrica em nascentes com diferentes idades de implantação de PSA e remanescentes florestais	51
Gráfico 2 - Variação de CE em PSA mais antigo e remanescente florestal na micro-bacia das Posses	52
Gráfico 3 - Variação entre PSA mais antigo e dois PSA mais recentes.....	52
Gráfico 4 - Variação entre PSA intermediário e remanescente	53
Gráfico 5 - Distribuição dos valores de Condutividade Elétrica por coleta em pontos de nascentes e remanescentes florestais.....	54
Gráfico 6 - Distribuição das concentrações de CID (mg.L-1) por coleta em pontos de nascentes e remanescentes florestais.....	55
Gráfico 7 – Correlação entre a porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de condutividade elétrica das nascentes e remanescentes na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso.....	57
Gráfico 8 – Correlação entre a porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de condutividade elétrica das nascentes e remanescentes na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco	57
Gráfico 9–Porcentagem de vegetação na área de drenagem e as concentrações médias de condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso.....	58
Gráfico 10 - Porcentagem de vegetação na área de drenagem e as concentrações médias de condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco	58
Gráfico 11 - Correlação entre a porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de carbono inorgânico dissolvido das nascentes e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso.....	60
Gráfico 12 - Correlação entre a porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de carbono inorgânico dissolvido das nascentes e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco	60

Gráfico 13 - Porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de concentração de carbono inorgânico dissolvido por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso.....	61
Gráfico 14 - Porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de concentração de carbono inorgânico dissolvido por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco	61
Gráfico 15 - Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescente da micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso	62
Gráfico 16 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescente da micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco.....	63
Gráfico 17 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso	63
Gráfico 18 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco	64
Gráfico 19 - Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescente da micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco.....	65
Gráfico 20 - Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescente da micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco.....	65
Gráfico 21 – Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescentes estudados no período chuvoso.....	66
Gráfico 22 - Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescentes estudados no período seco	67

Gráfico 23 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescentes estudados no período chuvoso.....	67
Gráfico 24 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescentes estudados no período seco	68
Gráfico 25 – Variação da condutividade elétrica ao longo do Ribeirão das Posses após a entrada de nascentes	69
Gráfico 26 – Correlação das concentrações médias de condutividade elétrica com a % de área de preservação permanente cercada no Ribeirão das Posses no período chuvoso	71
Gráfico 27 - Correlação das concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido com a % de área de preservação permanente cercada no Ribeirão das Posses no período chuvoso	71
Gráfico 28 - Influência do Ribeirão das Posses na condutividade elétrica do Rio Jaguari	72
Gráfico 29 – Contribuição do Ribeirão das Posses na variação de carbono orgânico dissolvido no Rio Jaguari	73
Gráfico 30 – Contribuição do Ribeirão das Posses na variação do carbono orgânico dissolvido do Rio Jaguari no período seco	74
Gráfico 31 - Contribuição do Ribeirão das Posses na variação do carbono inorgânico dissolvido do Rio Jaguari no período seco	74
Gráfico 32 - Valores médios do consumo de oxigênio em cada ponto amostral.....	75
Gráfico 33 - Variação do consumo médio de oxigênio ao longo do percurso do Ribeirão das Posses	77
Gráfico 34 – Variação do consumo médio de oxigênio ao longo do percurso do Ribeirão das Posses	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Localização dos pontos de amostragem	39
Tabela 2 – Médias e desvios padrão dos parâmetros analisados nos pontos amostrais da micro-bacia do Ribeirão das Posses	48
Tabela 3 – Médias e desvios padrão dos parâmetros analisados nos pontos amostrais da micro-bacia do Ribeirão Salto.....	49
Tabela 4 – Médias e desvios padrão dos parâmetros analisados nos pontos amostrais correspondentes a nascentes e remanescentes	49
Tabela 5 – Médias e desvios padrão dos parâmetros analisados nos pontos amostrais da montante à jusante do Ribeirão das Posses.....	49

1 INTRODUÇÃO

O continente sul americano possui uma grande abundância de rios em seu território. Dentre as diversas funções que representam, destacam-se seu papel ecológico, econômico e social. Os cursos de água presentes nas diversas bacias do continente participam da manutenção dos ecossistemas encontrados na região, no que diz respeito à flora e fauna, e se apresentam como importante reserva de água doce utilizável para fins de abastecimento (TUNDISI, 2005).

O Brasil possui a segunda maior quantidade de água doce disponível no mundo, representando quase 12% do total. Apesar da quantidade, a maior parte destas águas está concentrada na região norte do país, representando cerca de 70% do total disponível e abastecendo apenas 7% da população brasileira, enquanto os outros 93% da população são abastecidos com aproximadamente 30% do total de água doce disponível (FORJAZ, 2007). Este fator de distribuição desigual da água no país faz com que muitas regiões passem por situações de racionamento e falta de acesso a este recurso para o cumprimento de suas necessidades básicas.

Neste contexto, nota-se que a água representa um recurso escasso em algumas regiões do país, tornando a sua conservação um fator essencial para o desenvolvimento das diversas atividades praticadas pela indústria e agricultura, bem como da população, que depende do abastecimento de água para manutenção das atividades diárias. Os fatores de degradação devem ser estudados e avaliados com o intuito de criar propostas para minimizar os efeitos, ou até mesmo erradicá-los, das atividades e ações que exercem influência negativa na manutenção dos recursos hídricos, através de manejos mais adequados às condições de solo, clima e vegetação de cada região.

Práticas conservacionistas como as aplicadas no Município de Extrema, MG, buscam através de atividades de reflorestamento e ações de conservação do solo, reduzir os impactos causados ao longo tempo nas micro-bacias da região e desta forma contribuir de forma significativa para o aumento da qualidade e quantidade de água. Para realização destas atividades o município possui um programa de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) que remunera financeiramente os proprietários rurais que aderirem ao projeto de conservação em suas propriedades. A prefeitura como facilitadora deste processo fornece a mão de obra, as mudas florestais e o cercamento para isolar estas áreas da ação de pisoteio do gado e

transito de máquinas agrícolas, buscando desta forma reduzir os impactos das ações antrópicas e melhorar a qualidade das águas no município.

O estudo tem como principal objetivo avaliar a qualidade da água dos corpos hídricos da Micro-Bacia do Ribeirão das Posses, Extrema, MG, ao longo do tempo de implantação e buscar através destes levantamentos, possíveis indicadores que possibilitem servir como ferramentas para embasar as propostas apresentadas pelo projeto “Conservador das Águas”, no município de Extrema, MG, em relação à implantação dos Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA).

Para tanto, foram caracterizadas as áreas do entorno dos cursos de água da bacia que se encontram nas áreas de preservação permanente e nas áreas mais antropizadas, beneficiadas pelo programa de reflorestamento, buscando uma avaliação de parâmetros indicadores que possam servir como ferramentas para diagnóstico da possível melhora do sistema hidrológico da micro-bacia e de futuras áreas a serem estudadas. Foram analisados parâmetros como oxigênio dissolvido, demanda biológica de oxigênio, condutividade elétrica, fontes de carbono orgânico e inorgânico dissolvidos, e fontes de nitrogênio nas formas de nitrato e amônio, buscando encontrar dentre os parâmetros de qualidade avaliados, parâmetros que pudessem diagnosticar as melhoras trazidas pelas práticas conservacionistas realizadas ao longo do tempo em relação à qualidade das águas nestas micro-bacias.

1.1 Hipótese de Trabalho

Este projeto partiu da seguinte hipótese inicial: *“os parâmetros de qualidade de água avaliados na micro-bacia apresentarão valores diferenciados em áreas ocupadas por sistemas agropecuários, áreas florestadas remanescentes e entre as áreas reflorestadas com diferentes idades de plantio”*.

Esta hipótese é embasada pelo fato de que a ocupação do solo em relação à cobertura vegetal e as atividades antrópicas, como a agropecuária, influenciam no transporte de matéria orgânica, nutrientes e sedimentos, culminando em alterações nos parâmetros avaliados com relação ao metabolismo das bacias hidrográficas (SILVA, 2005).

Para testar esta hipótese inicial pretende-se responder as seguintes questões:

- *“Quais são os padrões de variação dos parâmetros de qualidade de água avaliados em reflorestamentos de diferentes idades?”*
- *“Existem diferenças sazonais em áreas com diferentes idades de reflorestamento?”*
- *“Quais parâmetros avaliados podem servir como indicadores?”*

Para responder a essas perguntas foram realizados estudos na Micro-Bacia do Ribeirão das Posses, no Município de Extrema, em áreas reflorestadas com diferentes idades de plantio e diferentes graus de alterações antrópicas causadas pelas práticas agropecuárias, avaliando-se a composição química da água e os parâmetros que possam servir como indicadores.

Quando as áreas que recobrem os solos são alteradas com relação à sua composição, ocorrem mudanças no ciclo hidrológico variando o grau de impacto de acordo com qual habitat os reflorestamentos e práticas agropecuárias estão substituindo. No caso de plantações desenvolvidas em áreas que antes eram cobertas por pastagens, a mudança inicial na hidrologia será rápida tornando-se progressivamente mais pronunciada na medida em que os reflorestamentos vão amadurecendo (MOSCA, 2003).

Da mesma forma podemos dizer que as alterações na ciclagem dos nutrientes serão dadas de diferentes formas de acordo com o uso do solo. Estas podem ser identificadas através de análises químicas que representam uma ferramenta muito útil em estudos ambientais. Dessa forma, a identificação de indicadores pode ser realizada através da análise de parâmetros de qualidade de água, visto que estes refletem as características do entorno.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bacias de Drenagem e a Qualidade das Águas

As bacias de drenagem são consideradas unidades de gerenciamento estratégicas para o manejo ambiental do ponto de vista ecológico, social e econômico, pois desempenham papel fundamental na dinâmica dos ciclos dos elementos essenciais para o desenvolvimento de diversas formas de vida. As alterações ambientais causadas pelos diferentes usos e ocupação do solo, podem modificar significativamente as estruturas e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, influenciando de forma negativa a qualidade dos recursos hídricos prejudicando o desenvolvimento das diversas formas de vida aquáticas e encarecendo os sistemas de tratamento de água para o abastecimento dos diversos setores da sociedade.

A contaminação dos rios é um problema ocasionado por fontes pontuais, como canalizações de esgotos, efluentes industriais, e por fontes difusas como escoamento em áreas agrícolas que transportam sedimentos, cargas orgânicas, pesticidas e fertilizantes. O excesso de cargas orgânicas nos rios podem comprometer os níveis de oxigênio dissolvido presentes na água, assim como os sedimentos carregados pelo escoamento superficial podem ocasionar o assoreamento de corpos hídricos, prejudicando desta maneira os diversos usos da água.

Atualmente muito vem sendo debatido a cerca da degradação causada aos corpos hídricos nas diversas regiões do Brasil. Tais debates vêm embasados por diversos autores (MERTEN E MINELLA, 2002; AVILA, 2005; FERRAZ et al., 2009) que avaliaram a influência das ações antrópicas no que diz respeito à qualidade e quantidade de água disponível para o consumo, sendo estas muitas vezes afetadas pela ocupação desordenada e práticas de manejo inadequadas do solo.

A qualidade das águas é determinada em função dos processos pelos quais ela passa ao longo de seu ciclo. Em rios que drenam bacias sem a interferência humana, o que segundo Malmqvist e Rundle (2002) e Meybeck (2003), nos dias atuais são escassos, contém em sua água, partículas e solutos compostos principalmente por influências do clima, da vegetação, dos solos e das rochas presentes em sua bacia de drenagem.

Em bacias hidrográficas com grande perturbação antrópica, são observadas mudanças na química das águas dos rios (BIGGS et al., 2002). Entre as ações antrópicas destacam-se as constantes mudanças na cobertura do solo que acontecem em ritmo acelerado, o que ocasiona grande alteração na qualidade das águas que pode ser percebida não apenas na própria bacia de drenagem, mas também nos ecossistemas adjacentes e a jusante das bacias de drenagem (TURNER E RABALAIS, 2003). Além disso, Ometto et al., (2000) observaram que nesses casos a capacidade do meio de comportar comunidades bióticas torna-se bastante alterada.

Para analisar os impactos causados aos corpos hídricos, avaliações de parâmetros físico-químicos, bem como a caracterização do entorno, servem como ferramentas para diagnosticar o grau de impacto sobre a qualidade da água.

Uma das ferramentas empregadas no estudo de bacias hidrográficas, visando antecipar os conhecimentos de possíveis impactos causados à qualidade da água, são as avaliações hidrológicas (GARCIA, 2005). Este tipo de estudo é eficaz para a avaliação das condições de conservação ambiental em corpos hídricos, atuando como uma forma de evitar que o grau de impacto aumente nestas bacias, possibilitando fornecer subsídios a futuras tomadas de decisões que minimizem as perdas e prejuízos causados aos ecossistemas.

Além disso, as avaliações hidrológicas realizadas periodicamente servem como modelo para análise da variação das características químicas da água de acordo com as diferentes variações ao longo do ciclo hidrológico, possibilitando uma correlação entre as características apresentadas e a época do ano em que são feitas as amostragens.

Outra variável para diagnóstico ambiental que deve ser considerada é a análise da composição vegetal de uma determinada região e seu estado de conservação. A ausência de composição vegetal nas áreas de nascentes, no entorno dos córregos, e nos topos de morro, podem servir como fatores de degradação a serem observados, sendo que em situações onde se encontram inadequadas, influenciam negativamente a manutenção dos recursos hídricos (TUNDISI E TUNDISI, 2010).

Apesar de a maioria dos estudos realizados ao longo dos últimos anos contemplarem as grandes bacias e grandes rios, as bacias de pequena ordem são uma importante ferramenta na identificação das mudanças no uso da terra, principalmente devido à sua efetividade no processamento e transporte de diversos

elementos como C, N e íons oriundos do solo e da ocupação do entorno (THOMAZ, 2004). Em bacias de pequenas escalas, as respostas às variações ocasionadas pelas precipitações são mais evidentes e possuem oscilações mais intensas em relação às características geoquímicas e de uso e ocupação do solo, demonstrando que as áreas de bacias de pequena ordem representam uma escala de estudo adequada para avaliar o comportamento da água e do transporte de nutrientes e sedimentos. Assim podemos destacar que os estudos realizados nestas áreas podem contribuir para um diagnóstico relevante em menor escala de tempo, da influência de ações conservacionistas das áreas do entorno destas micro-bacias.

Desta forma o código florestal em vigência aliado às práticas de restauração e conservação da vegetação nativa nas áreas de preservação permanente (APP), representam uma importante função na conservação dos recursos hídricos, devendo ser fiscalizados e incentivados através de programas que apoiem e fomentem as ações de proteção a estes ecossistemas. Dentro destas práticas, podemos citar o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) voltados à conservação ambiental, que contribuem para a reestruturação da cobertura vegetal nas bacias, preservando desta forma os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, e a proteção do solo, contribuindo assim para a manutenção do ecossistema e de seus serviços ambientais.

2.2 Pagamentos por Serviços Ambientais e a conservação de Recursos Hídricos

Segundo Wunder (2005), um pagamento por serviços ambientais é uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido ou uma forma de uso da terra, possa assegurar este serviço que é comprado por pelo menos um comprador através de um provedor, sob a condição de que o provedor garanta a provisão deste serviço.

Em princípio, pode ser comprador de um serviço ambiental qualquer pessoa física ou jurídica que tenha disposição a pagar pelo mesmo. Dentre os possíveis beneficiados por estas práticas estão as empresas privadas, o setor público e Organizações Não Governamentais – ONG nacionais ou internacionais, entre outros.

Uma distinção básica relacionada ao tipo de comprador pode ser feita, entre PSA privados (aqueles financiados diretamente pelos usuários dos serviços) e por PSA públicos (onde o Estado atua como comprador, representando os usuários de serviços ambientais).

A manutenção dos serviços ambientais pode ser entendida como as atividades humanas que contribuem para manter ou aumentar a provisão de benefícios para o meio ambiente (CHOMITZ et al., 1999). Com a publicação da Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005), grande parte da literatura passou a adotar o termo “serviço ecossistêmico” para referir-se àquilo que, de acordo com Daily (1997), abrange as condições e os processos pelos quais os ecossistemas sustentam a vida humana.

De acordo com Wunder (2005), o PSA deve atender a cinco critérios básicos, sendo estes, a existência de um serviço ambiental definido, a existência de ao menos um vendedor destes serviços, a existência de um comprador do serviço oferecido, transações voluntárias entre as partes (comprador/vendedor) e os pagamentos estarem vinculados a um contrato referente aos serviços ambientais fornecidos e prestados. Um sistema de pagamentos por serviços ambientais voltados a manutenção dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica deve atender a critérios de redução de impactos como, redução da erosão, aumento da cobertura vegetal remanescente, os vendedores devem ser produtores rurais a montante da bacia e que através das ações conservacionistas em suas propriedades contribuem para a melhoria dos recursos hídricos e conservação dos solos, fornecendo um serviço aos compradores que estão a jusante da bacia e se beneficiam destes serviços através de uma contrapartida financeira (ZOLIN, 2010).

Em regiões com escassez de água, perdas florestais, regiões com impactos oriundos de uso e ocupação dos solos, regiões onde o desenvolvimento das cidades aumentam a demanda por água em volume e de melhor qualidade, são áreas consideradas com alto potencial e até mesmo estratégicas para a implantação dos sistemas de PSA.

É nessa perspectiva que o mecanismo de PSA tem sido eficiente para a recuperação e conservação do meio ambiente, em especial com relação às bacias hidrográficas. Um dos aspectos mais discutidos na literatura recente sobre instrumentos econômicos de conservação é aquele que ressalta a importância da internalização dos benefícios ambientais globais gerados pelos serviços

ecossistêmicos, e assim podendo ser transformada em incentivos econômicos a partir dos indicadores de qualidade, gerados em atividades como as avaliações hidrológicas.

Assim, uma transação do tipo PSA contribui significativamente para os planos de gestão de bacias hidrográficas, podendo servir como modelo para o planejamento em diversas bacias que apresentem potenciais para a implementação de práticas de pagamentos por serviços ambientais.

Para o desenvolvimento destes projetos, deve-se entender que o PSA apenas faz sentido, se ele aumentar a provisão de um ou mais serviços ambientais em comparação com um cenário hipotético sem o PSA. Desta forma, fica evidente o fato de que estudos e pesquisas que tragam indicadores eficientes na análise destes sistemas são de suma importância para a conservação dos recursos hídricos e ambientais de modo geral.

2.3 Pagamentos por Serviços Ambientais em Extrema MG

Devido às práticas de manejo adotadas nas áreas rurais no município de Extrema, MG, conjuntamente com a retirada da vegetação nativa, muitas áreas referentes às áreas de preservação permanente não possuem cobertura vegetal e estão expostas as ações que ocasionam impactos, como o pisoteio do gado leiteiro e o manejo inadequado do solo. Estas ações podem provocar um aporte elevado de sedimentos e um conseqüente assoreamento dos corpos hídricos da micro-bacia, assim como alterar as características químicas da água.

A principal importância nas práticas de conservação e o estudo dos corpos hídricos do município de Extrema, é que estes podem ser considerados essenciais e estratégicos devido à sua localização geográfica na cabeceira da Bacia do Rio Piracicaba, sendo esta bacia a responsável em contribuir para o abastecimento de cerca de 12 milhões de pessoas da Grande São Paulo e da região metropolitana de Campinas.

Neste contexto, com o intuito de minimizar os impactos causados pelas práticas adotadas pela população rural da micro-bacia do Ribeirão das Posses, a Prefeitura Municipal de Extrema (PME) em conjunto com a organização não governamental (ONG) The Nature Conservancy (TNC), implementaram o Projeto “Conservador das Águas”.

O Projeto “Conservador das Águas” foi criado no município de Extrema MG pela lei municipal nº 2.100 de 21 de dezembro de 2005 e foi a primeira iniciativa municipal brasileira de implantação de um projeto de PSA voltado a relação existente entre as florestas ripárias e os serviços que estas prestam na conservação dos solos e na manutenção hidrológica das bacias.

As ações adotadas por este projeto buscaram através do plano de manejo proposto para a Micro-Bacia do Ribeirão das Posses, recuperar e isolar as áreas referentes às Áreas de Preservação Permanente (APP), visando a aplicação de práticas conservacionistas do solo e do saneamento ambiental nas propriedades rurais.

Todas as ações praticadas na micro-bacia foram baseadas na hipótese de que a partir do reestabelecimento das APP's e de práticas de manejo do solo mais adequados, a qualidade e quantidade de água na micro-bacia terá melhoras significativas, evidenciando os indicadores que justificarão, assim, as ações de PSA propostas.

Neste contexto, a necessidade de estudos que procurem avaliar a eficiência dos reflorestamentos realizados pelo projeto “Conservador das Águas”, tem papel extremamente importante para um diagnóstico destas áreas e de sua contribuição para a manutenção dos recursos hídricos da região.

2.4 Indicadores de Qualidade de Água

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no levantamento de variáveis que possivelmente possam se correlacionar às alterações ocorridas na micro-bacia, sejam estas por razões de ações oriundas de causa natural ou alterações antrópicas.

Cada sistema hidrológico possui diferentes características, o que dificulta encontrar variáveis que possam servir como indicadores para qualquer outro sistema, resultando em dados que possam responder bem a micro bacias estudadas especificamente (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Para estes estudos então, torna-se de suma importância a realização de trabalhos de campo que possam definir os parâmetros indicadores de qualidade de água que reflitam as intervenções encontradas nas bacias estudadas.

As interações entre as diversas variáveis mensuradas nas amostras de água constituem no ponto de partida para avaliação da qualidade da água, desde que estas interações sejam obtidas de uma distribuição amostral no espaço e no tempo das variáveis do sistema a ser estudado (HARMANCIOGLU et al., 1998).

Neste aspecto, o uso de indicadores de qualidade de água é uma tentativa que os programas de monitoramento de águas superficiais procuram estabelecer como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível recuperação ou deterioração dos recursos hídricos da bacia hidrográfica ao longo do tempo.

A qualidade das águas é medida através da avaliação de características físico-químicas e biológicas dos componentes existentes que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas.

3 MATERIAL E METODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A unidade de estudo adotada foi a micro-bacia hidrográfica do Ribeirão das Posses, localizada no extremo sul de Minas Gerais, no município de Extrema (Figura 1). A micro-bacia faz parte da Bacia hidrográfica do Rio Jaguarí, um dos rios contribuintes do Reservatório do Complexo Cantareira no estado de São Paulo, estando inserida na área de jurisdição referente ao Comitê de Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ).

A região de Extrema está situada na interface entre duas fisionomias de vegetação distintas, de ampla distribuição no Brasil – a Mata Atlântica e as Florestas Semidecíduas (LEITÃO-FILHO, 1982, 1987), apresentando características climáticas com verões brandos e suaves, e grandes períodos de estiagem durante o inverno.

As atividades antrópicas transformaram a paisagem do município em vegetações homogêneas constituídas em sua maior parte por pastagens, áreas pequenas de lavouras (batata, bucha e de subsistência) e alguns fragmentos de plantios florestais com eucaliptos. Nestas áreas antropizadas, a vegetação nativa sofreu uma pressão seletiva no sentido da adaptação aos ambientes abertos e às formas de manejo empregadas nas atividades agrícolas (TNC, 2009 informações pessoais).

A micro-bacia do Ribeirão das Posses possui relevo com altitudes variando entre 1144 a 1739 m, possuindo aproximadamente 1.200 hectares divididos em mais de 100 propriedades rurais, que sustentam atividade agrícola de subsistência e a pecuária de leite, sendo uma pequena fração da produção comercializada localmente.

Como principal ocupação da área, Silva et al. (2008), identificaram que o uso do solo dominante é a pastagem, ocupando 76% da área total da micro-bacia onde muitas delas encontram-se degradadas, com unidades animais acima de sua capacidade de suporte.

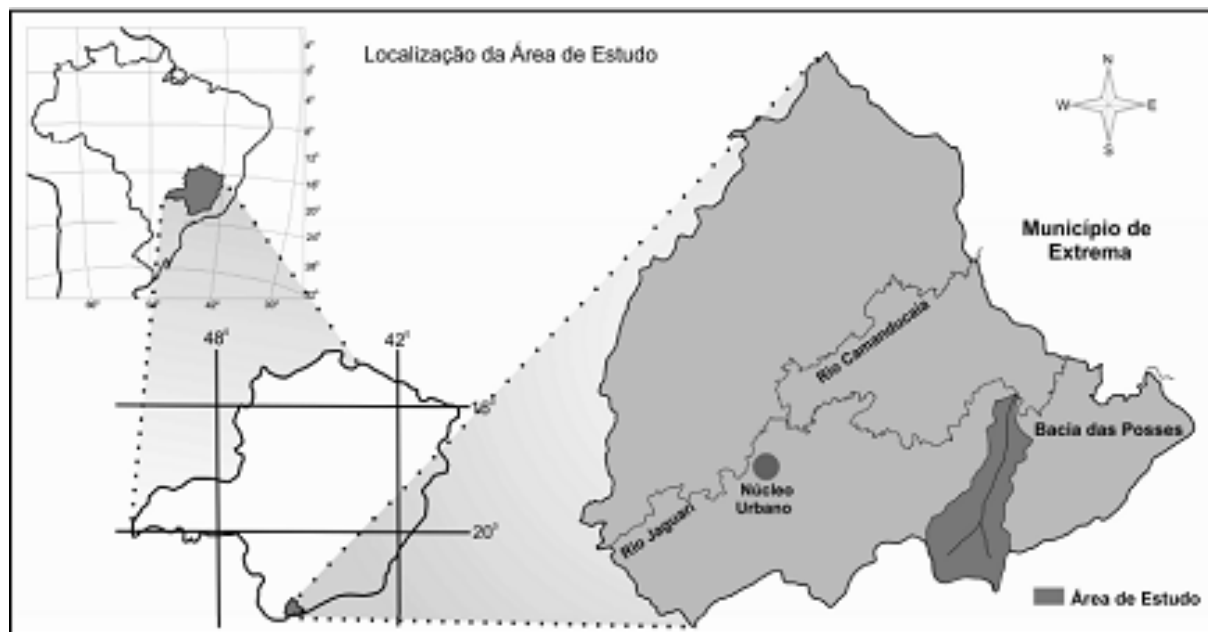


Figura 1 - Localização Geográfica da micro-bacia das Posses

Fonte: Azevedo (2008)

3.2 Locais de Amostragens

Foram amostrados 17 pontos na Micro-Bacia do Ribeirão das Posses (Figura 2), distribuídos de forma a contemplar áreas de nascentes, áreas ocupadas por práticas agropecuárias, e áreas com cobertura vegetal de espécies nativas implantadas pelo Projeto “Conservador das Águas”, bem como áreas de remanescentes florestais. Estes pontos foram escolhidos de acordo com os diferentes graus de perturbação e as diferentes idades dos reflorestamentos, procurando desta forma avaliar a relação entre as diferentes coberturas do solo e a alteração dos parâmetros de qualidade da água.

Para complementar os estudos realizados na micro-bacia das Posses, foram coletados seis pontos na micro-bacia do Ribeirão Salto e dois pontos no Rio Jaguari localizados antes e após a entrada do Ribeirão das Posses. A micro-bacia do Ribeirão Salto apresenta uma maior quantidade de remanescentes florestais, que podem apresentar uma resposta diferente em relação às áreas da micro-bacia das Posses. Além disso, foram adicionados dois pontos de coleta em nascentes que desaguam diretamente no Jaguari em áreas que puderam ser acompanhadas desde

o começo das ações de preservação, buscando desta forma avaliar a influência do tempo de implantação e as respostas na qualidade da água.

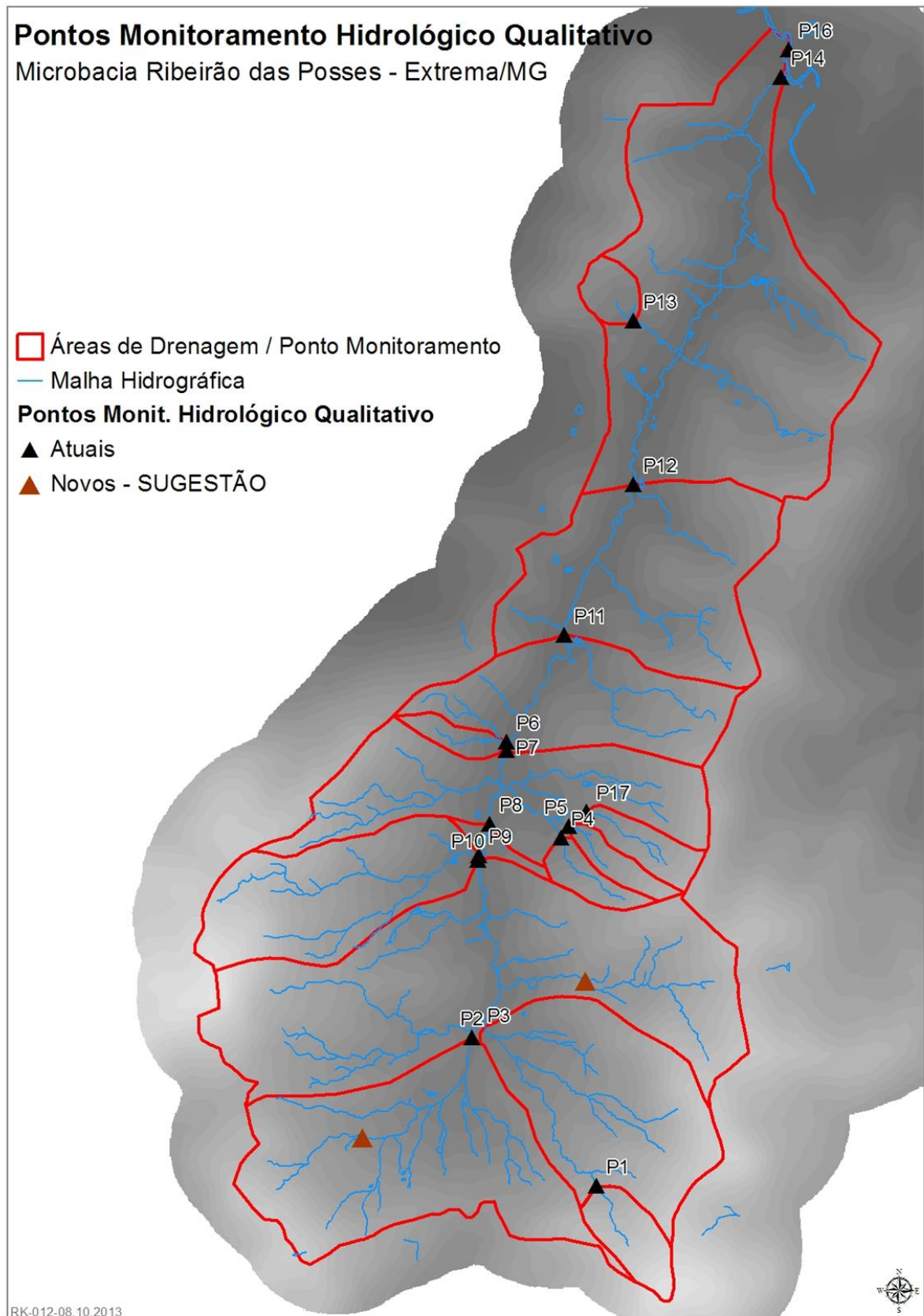


Figura 2 - Mapa com a rede de coleta na micro-bacia do Ribeirão das Posses
Fonte: TNC (2013)

3.3 Georreferenciamento dos Pontos de Coleta e Caracterização do Entorno

Na rede de avaliação hidrológica determinada, foram coletadas amostras para realização das análises em campo e em laboratório, assim como os pontos de coleta foram georreferenciados com a ajuda de um GPS Garmin eTrex®, servindo como referência para a geração de uma tabela (Tabela 1) com dados que possibilitaram o desenvolvimento de mapas de caracterização do entorno dos pontos da Micro-bacia

Tabela 1 – Localização dos pontos de amostragem

Micro-bacia	Referência do Ponto Amostral	Coordenadas Geográficas (S/O)
Posses	P1 – PSA 7 anos	22° 53' 14,9" / 46° 14' 31,71"
Posses	P2 – Ponto no Ribeirão Posses	22° 52' 48,1" / 46° 14' 49,3"
Posses	P3 – Ponto no Ribeirão Posses	22° 52' 45,9" / 46° 14' 47,1"
Posses	P4 – PSA 4 anos	22° 52' 11,6" / 46° 14' 31,4"
Posses	P5 – PSA 4 anos	22° 52' 11,6" / 46° 14' 31,4"
Posses	P6 – Nascente	22° 51' 55,2" / 46° 14' 42,6"
Posses	P7 – Ponto Ribeirão Posses	22° 51' 55,2" / 46° 14' 42,6"
Posses	P8 – Ponto Ribeirão Posses.	22° 52' 09,5" / 46° 14' 45,1"
Posses	P9 – Remanescente	22° 52' 16,2" / 46° 14' 48,3"
Posses	P10 – Ponto Ribeirão Posses	22° 52' 16,2" / 46° 14' 48,3"
Posses	P11 – Ponto Ribeirão Posses	22° 51' 34,3" / 46° 14' 31,0"
Posses	P12 – Ponto Ribeirão Posses	22° 51' 07,7" / 46° 14' 17,6"
Posses	P13 – PSA 3 anos	
Posses	P14 – Foz Ribeirão das Posses	22° 49' 53,8" / 46° 13' 48,6"
Posses	P15 – Jaguari antes do Posses	22° 50' 14,1" / 46° 13' 18,3"
Posses	P16 – Jaguari depois do Posses	22° 49' 49,49" / 46° 13' 46,2"
Posses	P17 – PSA 4 anos	22° 52' 07,6" / 46° 14' 27,7"
Salto	S1 – Ponto no Ribeirão Salto	22° 51' 36,4" / 46° 13' 08,7"
Salto	S2 – Ponto no Ribeirão Salto	22° 51' 56,3" / 46° 13' 19,0"
Salto	S3 – Remanescente	22° 51' 58,5" / 46° 13' 14,2"
Salto	S4 – Nascente	22° 51' 58,5" / 46° 13' 14,2"
Salto	S5 – Ponto no Ribeirão Salto	22° 51' 35,8" / 46° 13' 06,1"
Salto	S9 – Ponto Foz Ribeirão Salto	22° 50' 16,5" / 46° 13' 05,9"
Jaguari	S7 – PSA 2 anos	22° 49' 20,1" / 46° 12' 16,9"
Jaguari	S8 – PSA 2 anos	22° 49' 20,3" / 46° 12' 20,3"

Visando complementar as atividades de campo, foram tiradas fotos de cada ponto de coleta buscando elaborar um banco de imagens que contribuísse na visualização de fatores que possam contribuir para análise da área do entorno dos pontos. Alguns pontos adotados para a rede de avaliação hidrológica podem ser observados nas figuras abaixo e demonstram a diferença do uso do solo na bacia.

A Figura 3 representa uma nascente situada a montante da micro-bacia e que foi protegida através da instalação de cercas que evitam o pisoteio do gado e o trânsito de pessoas e máquinas. Nesta área o plantio foi realizado a cerca de 7 anos e apresenta espécies arbóreas em bom estágio de desenvolvimento.

Na Figura 4, podemos observar o local onde ocorre a junção do Ribeirão das Posses com um de seus afluentes, onde o entorno desta área apresenta um pequeno remanescente florestal com vegetação arbórea. Neste local estão situados dois pontos de coleta, buscando avaliar a qualidade de água no afluente e a sua contribuição para a alteração na qualidade do Ribeirão das Posses após sua junção.

A Figura 5 ilustra um ponto de coleta onde se pode notar a presença de uma área de pasto por onde passa o Ribeirão das Posses. Esta área contém poucos exemplares de vegetação arbórea e arbustiva, e apresenta sinais de assoreamento devido à perda de solo ocasionada pelas práticas de manejo da pastagem.

Um ponto de coleta apresentado na Figura 6 está situado em uma área que apresenta peculiaridades em relação a outros pontos amostrados devido à presença de uma extensa área de pastagem, que está localizada ao lado de uma monocultura de eucalipto.

Nas Figuras 7 e 8 temos imagens de duas nascentes beneficiadas pelo projeto “Conservador das Águas” onde foram realizados os plantios e cercamento para conservação de das Áreas de Preservação Permanente (APP) em áreas de pasto. A Figura 8 representa uma imagem de um PSA que está implantado há quatro anos e já possui um desenvolvimento das árvores (à direita da imagem) mais avançado do que na Figura 7 (PSA com 2 anos).

As Figuras 9, 10 e 11 são referentes ao Rio Jaguari e a Foz do Ribeirão das Posses, onde foram realizadas coletas de amostras para verificar a qualidade da água nestes dois corpos hídricos. Já na Figura 12 podemos observar a conversa com moradores das Posses, que foram muito receptivos durante a execução do projeto e contribuíram com informações pessoais adquiridas ao longo dos anos de residência na micro-bacia.



Figura 3 - Nascente a montante (Posses)

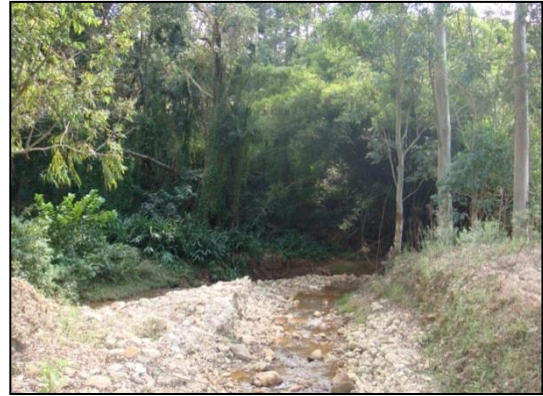


Figura 4 - Encontro do Posses e um afluente



Figura 5 - Área de pasto no Ribeirão Posses



Figura 6 – Área de pasto com Eucalipto

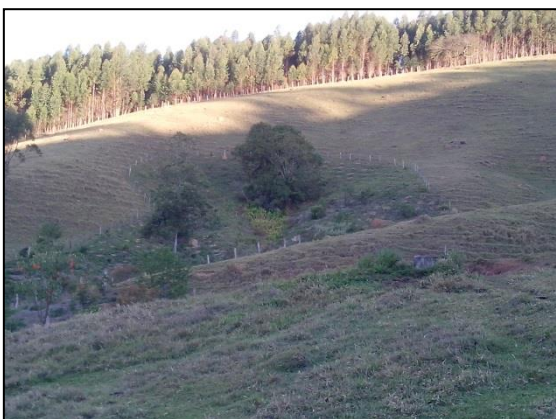


Figura 7 - Rescente implantação de PSA



Figura 8 - Nascente cercada em área de pasto



Figura 9 - Rio Jaguari



Figura 10 - Foz do Ribeirão das Posses desaguando no Rio Jaguari



Figura 11 - Vista do Entorno do Rio Jaguari



Figura 12 - Conversa com moradores (Posses)

3.4 Coletas de dados

As atividades de campo na região do município de Extrema tiveram início no dia 13/05/2011, tendo sido realizada a última coleta no dia 15/10/2013. Neste período foram observadas as diferentes características de entorno, definidos os pontos de coleta e realizadas 22 coletas de amostras durante a execução do projeto, com a finalidade de contemplar as diversidades apresentadas no ciclo hidrológico na região. Neste período foi coletada uma amostra por ponto de análise buscando contemplar a maioria dos meses durante o período de desenvolvimento do projeto.

As amostras foram coletadas com auxílio de uma garrafa de Niskin, de onde foram retiradas sub-amostras para análises biogeoquímicas e de parâmetros abióticos.

3.4.1 Parâmetros abióticos

Durante as coletas, as amostras de água foram coletadas na sub-superfície dos rios, e foram realizadas medições in loco das seguintes variáveis: temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido (eletrodo específico da marca YSI, modelo 5905), pH (Orion pH meter - model EA940) e condutividade elétrica (Digital Conductivity Meter - Amber Science Inc., Model 2052).

3.4.2 Carbono Inorgânico Dissolvido (CID)

Foram analisadas três réplicas de aproximadamente 60 mL de amostra filtradas em membranas de acetato de celulose (0,45 μm), que foram acondicionadas em frascos de polietileno de alta densidade, preservadas em Thymol e armazenadas sob refrigeração até o momento da análise. O CID foi analisado em equipamento Shimadzu TOC 5000A por detecção em infravermelho. Para cada lote de análise foram realizadas análises de amostras certificadas.

3.4.3 Carbono Orgânico Dissolvido (COD)

Foram filtradas três réplicas, de aproximadamente 30 mL, em membranas de fibra de vidro (GF/F) pré-calcinadas a 500°C por 5 horas, que foram acondicionadas em frasco de vidro calcinado, preservadas com 30µL de cloreto de mercúrio (HgCl_2 - 250 µM) e armazenadas sob refrigeração até o momento da análise. As amostras foram analisadas em instrumento Shimadzu TOC 5000A por detecção em infravermelho, que permite quantificar o CO_2 gerado na queima do carbono orgânico após conversão, por acidificação, do carbono inorgânico. Para cada lote de análise foram realizadas análises de amostras certificadas.

3.4.4 Consumo de Oxigênio

Para determinação do consumo de oxigênio nos pontos amostrais foram coletados e armazenados 6 frascos de vidro, com capacidade para 100ml, em cada ponto de coleta. Três denominados controle, foram imediatamente preservados com Cloreto de Mercúrio (HgCl_2 - 0,5 µM) e colocados junto aos demais, para incubar no escuro. Após aproximadamente sete dias (período calculado em função da concentração de oxigênio medida no momento da coleta), o conteúdo de oxigênio dissolvido de todos os frascos foi quantificado amperometricamente. Assim, pode ser observado o consumo de oxigênio durante o período de incubação.

3.4.5 N-NO₃ e N-NH₄

Foram filtrados aproximadamente 60 mL de amostras em membranas de acetato de celulose (0,45µM), acondicionados em frascos de polietileno de alta densidade e mantidas congeladas até o momento da análise. Todas as amostras receberam, para fins de preservação, 1% v/v de ácido sulfúrico (95-97%). As concentrações de N-NH₄ e N-N₃ foram analisadas usando um sistema automático de injeção de fluxo contínuo (FIA – Flow Injection Analysis). O N-NH₄ foi medido por condutivimetria, pelo método de Solórzano (1969). O N-NO₃ foi determinado por espectrofotometria na forma de N-NO₂, após redução com o catalisador cádmio e reação com sulfanilamida e N-naftil.

3.5 Análises Estatísticas

As análises foram realizadas de forma descritiva e analítica com o uso do pacote estatístico STATISTICA versão 12 para Windows (STATSOFT, INC., 2012). Para as análises, utilizou-se o nível de significância de 5 %.

A normalidade dos dados foi testada utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk. A maioria dos dados não seguiu uma distribuição normal, sendo, portanto empregada transformações Box-Cox, visando à normalização dos mesmos.

Após as transformações, testes estatísticos paramétricos foram empregados. Assim, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente ao teste unequal N, com o propósito de distinguir as diferenças entre as nascentes com diferentes idades de PSA e os remanescentes florestais nas bacias estudadas.

3.6 Caracterização do Regime de Chuvas no período de Amostragem

De acordo com registros históricos de precipitação pluviométrica, o período seco na região do Município de Extrema ocorre entre os meses de Maio a Setembro enquanto o período chuvoso ocorre entre os meses de Outubro a Abril. Os Índices médios são de 1477 mm anuais bem distribuídos ao longo do ano. Entretanto, o regime pluviométrico durante o período de realização deste estudo apresentou aspectos bastante peculiares, sendo necessária uma análise mais detalhada para sua definição. Para determinação do período seco e chuvoso ao longo das campanhas de coletas, foi utilizado um banco de dados da Prefeitura Municipal de Extrema - MG, que contavam com o registro das precipitações diárias de cinco pluviômetros distribuídos da montante à jusante da micro-bacia das Posses desde o ano de 2009. Para interpretação dos resultados encontrados nos pontos localizados na micro-bacia do Salto e no Rio Jaguari, foram adotados os valores médios registrados na micro-bacia das Posses visto que são áreas que compartilham os mesmo divisores de águas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram interpretados segundo uma abordagem sazonal, verificando-se as possíveis tendências de variações na composição química da água ao longo do período de realização do estudo, e segundo uma abordagem espacial, verificando as possíveis diferenças ao longo das áreas com diferentes idades de plantio, buscando assim encontrar os parâmetros que apresentam potencial para ser considerados possíveis indicadores e que possam avaliar a eficiência das áreas implantadas pelo projeto “Conservador das Águas”.

4.1 CE, OD, COD, CID, pH e DBO

Este item visa expor em forma de tabelas alguns dos parâmetros estudados e apresentar as concentrações médias e desvio padrão em cada ponto de amostragem. Os valores presentes nestas tabelas e gráficos são referentes as amostragens realizadas, onde alguns parâmetros apresentaram variações distintas entre os pontos amostrados.

Nas tabelas 2 e 3 os dados foram organizados por bacia estudada, procurando, desta forma, facilitar a visualização dos padrões presentes em cada área estudada.

A Tabela 4 apresenta as concentrações encontradas nas nascentes beneficiadas pelo programa de PSA e em remanescentes das bacias de Posses e Salto. Nesta tabela observou-se que o desvio padrão e a média das concentrações para o parâmetro CE, diminuem de acordo com a idade de implantação do PSA, onde S7 (PSA 2 anos) apresentou médias mais altas e maior desvio padrão do que os encontrados em P1 e em áreas de florestas remanescentes. Além disso, os pontos P4 e P5 (PSA 4 anos) apresentaram valores mais altos do que P1, porém mais baixos do que os encontrados em S7, o que demonstra uma possível tendência temporal na redução dos valores de CE devido às ações de isolamento e reflorestamento realizadas no entorno.

A tabela 5 apresenta os valores dos pontos de amostragem ao longo do Ribeirão das Posses organizados em ordem geográfica de localização da montante à foz do ribeirão. Este formato apresentado tem o intuito de expor as variações nas concentrações dos parâmetros de acordo com o fluxo do rio na bacia.

Nas tabelas pode-se observar que os valores referentes ao pH não apresentaram grande variação, sendo apenas mais perceptíveis os valores mais ácidos encontrados nas nascentes do que os encontrados ao longo do percurso dos ribeirões. Os dados de oxigênio dissolvido apresentaram em média valores acima de 7 mg.L^{-1} para todos os pontos, com exceção do ponto S7 que é uma nascente impactada que teve as ações de PSA recentemente instaladas, podendo ser esta a razão pela qual os valores apresentaram média em torno de $5,7 \text{ mg.L}^{-1}$.

Os dados obtidos através da análise dos parâmetros de qualidade da água apresentaram diferenças em relação aos diferentes pontos de coleta, contribuindo para um diagnóstico dos possíveis indicadores das influências do PSA na qualidade das águas do Município.

Tabela 2 – Médias e desvios padrão dos parâmetros analisados nos pontos amostrais da micro-bacia do Ribeirão das Posses

Pontos	pH	Cond. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (mg.L^{-1})	CID (mg.L^{-1})	COD (mg.L^{-1})	N-NO3 (mg.L^{-1})	N-NH4 (mg.L^{-1})
P1	6,6 ± 0,3	36 ± 5	8,3 ± 1,2	9,6 ± 2,9	2,6 ± 1,7	0,09 ± 0,08	0,044 ± 0,058
P2	6,7 ± 0,3	66 ± 12	7,6 ± 1,1	16,0 ± 6,7	2,6 ± 1,0	0,05 ± 0,09	0,067 ± 0,054
P3	6,9 ± 0,3	54 ± 8	8,5 ± 1,0	13,8 ± 4,3	2,6 ± 1,5	0,02 ± 0,03	0,055 ± 0,046
P4	7,1 ± 0,3	60 ± 9	8,3 ± 1,0	16,8 ± 6,4	1,7 ± 0,9	0,02 ± 0,03	0,041 ± 0,027
P5	7,1 ± 0,3	68 ± 10	8,5 ± 1,0	17,2 ± 3,8	1,6 ± 1,0	0,01 ± 0,01	0,031 ± 0,031
P7	7,0 ± 0,3	53 ± 8	8,7 ± 1,0	12,1 ± 4,7	3,2 ± 2,7	0,04 ± 0,04	0,077 ± 0,080
P8	7,0 ± 0,4	53 ± 8	8,6 ± 1,0	14,1 ± 3,5	3,8 ± 3,1	0,07 ± 0,10	0,080 ± 0,081
P9	7,1 ± 0,3	39 ± 6	8,8 ± 1,0	10,0 ± 3,1	2,6 ± 2,3	0,04 ± 0,04	0,043 ± 0,033
P10	6,8 ± 0,4	57 ± 9	8,0 ± 1,0	13,5 ± 4,1	2,8 ± 1,3	0,06 ± 0,06	0,152 ± 0,083
P11	7,0 ± 0,3	54 ± 9	8,4 ± 1,0	12,9 ± 4,7	2,8 ± 2,4	0,07 ± 0,09	0,117 ± 0,010
P12	6,9 ± 0,3	55 ± 10	7,9 ± 1,0	12,9 ± 5,9	4,0 ± 3,9	0,05 ± 0,03	0,122 ± 0,098
P13	6,2 ± 0,4	64 ± 21	6,8 ± 1,1	13,6 ± 6,2	4,7 ± 3,2	0,01 ± 0,01	0,038 ± 0,039
P14	7,0 ± 0,3	80 ± 33	8,0 ± 1,0	14,9 ± 5,3	5,3 ± 5,2	0,09 ± 0,06	0,139 ± 0,226
P15	6,8 ± 0,4	26 ± 5	9,0 ± 1,2	6,7 ± 2,9	3,9 ± 3,1	0,20 ± 0,10	0,085 ± 0,059
P16	6,8 ± 0,4	26 ± 5	8,9 ± 1,1	5,8 ± 1,8	4,2 ± 3,6	0,16 ± 0,09	0,064 ± 0,088
P17	7,0 ± 0,3	64 ± 11	8,3 ± 1,0	15,7 ± 5,3	3,7 ± 2,9	0,13 ± 0,13	0,038 ± 0,036

Tabela 3 – Médias e desvios padrão dos parâmetros analisados nos pontos amostrais da micro-bacia do Ribeirão Salto

Pontos	pH	Cond.($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (mg.L ⁻¹)	CID (mg.L ⁻¹)	COD (mg.L ⁻¹)	N-NO3 (mg.L ⁻¹)	N-NH4 (mg.L ⁻¹)
S1	7,1 ± 0,3	66 ± 15	8,6 ± 1,2	15,4 ± 5,5	4,0 ± 2,2	0,11 ± 0,05	0,071 ± 0,075
S2	7,0 ± 0,2	55 ± 7	8,6 ± 1,0	12,3 ± 4,4	3,6 ± 2,1	0,11 ± 0,06	0,063 ± 0,059
S3	7,2 ± 0,2	50 ± 10	8,9 ± 1,1	12,5 ± 5,2	2,8 ± 1,2	0,05 ± 0,02	0,046 ± 0,052
S4	7,2 ± 0,4	56 ± 8	8,3 ± 1,1	14,3 ± 5,7	4,3 ± 3,8	0,03 ± 0,03	0,035 ± 0,054
S5	6,9 ± 0,3	55 ± 7	8,2 ± 1,1	12,3 ± 4,5	3,7 ± 2,5	0,11 ± 0,05	0,140 ± 0,101
S7	6,5 ± 0,4	82 ± 44	5,0 ± 1,3	18,9 ± 9,3	3,0 ± 2,7	0,01 ± 0,01	0,067 ± 0,066
S8	6,8 ± 0,2	63 ± 13	8,1 ± 0,9	16,7 ± 7,4	3,4 ± 3,3	0,04 ± 0,10	0,045 ± 0,057
S9	6,8 ± 0,3	54 ± 7	7,8 ± 1,0	11,9 ± 4,3	3,8 ± 2,8	0,12 ± 0,04	0,166 ± 0,156

Tabela 4 – Médias e desvios padrão dos parâmetros analisados nos pontos amostrais correspondentes a nascentes e remanescentes

Pontos	pH	Cond.($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (mg.L ⁻¹)	CID (mg.L ⁻¹)	COD (mg.L ⁻¹)	N-NO3 (mg.L ⁻¹)	N-NH4 (mg.L ⁻¹)
P1	6,6 ± 0,3	36 ± 5	8,3 ± 1,2	9,6 ± 2,9	2,6 ± 1,7	0,09 ± 0,08	0,044 ± 0,058
P4	7,1 ± 0,3	60 ± 9	8,3 ± 1,0	16,8 ± 6,4	1,7 ± 0,9	0,02 ± 0,03	0,041 ± 0,027
P5	7,1 ± 0,3	68 ± 10	8,5 ± 1,0	17,2 ± 3,8	1,6 ± 1,0	0,01 ± 0,01	0,031 ± 0,031
P9	7,1 ± 0,3	39 ± 6	8,8 ± 1,0	10,0 ± 3,1	2,6 ± 2,3	0,04 ± 0,04	0,043 ± 0,033
P13	6,2 ± 0,4	64 ± 21	6,8 ± 1,1	13,6 ± 6,2	4,7 ± 3,2	0,01 ± 0,01	0,038 ± 0,039
P17	7,0 ± 0,3	64 ± 11	8,3 ± 1,0	15,7 ± 5,3	3,7 ± 2,9	0,13 ± 0,13	0,038 ± 0,036
S3	7,2 ± 0,2	50 ± 10	8,9 ± 1,1	12,5 ± 5,2	2,8 ± 1,2	0,05 ± 0,02	0,046 ± 0,052
S4	7,2 ± 0,4	56 ± 8	8,3 ± 1,1	14,3 ± 5,7	4,3 ± 3,8	0,03 ± 0,03	0,035 ± 0,054
S7	6,5 ± 0,4	82 ± 44	5,0 ± 1,3	18,9 ± 9,3	3,0 ± 2,7	0,01 ± 0,01	0,067 ± 0,066
S8	6,8 ± 0,2	63 ± 13	8,1 ± 0,9	16,7 ± 7,4	3,4 ± 3,3	0,04 ± 0,10	0,045 ± 0,057

Tabela 5 – Médias e desvios padrão dos parâmetros analisados nos pontos amostrais da montante à jusante do Ribeirão das Posses

Pontos	pH	Cond. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (mg.L ⁻¹)	CID (mg.L ⁻¹)	COD (mg.L ⁻¹)	N-NO3 (mg.L ⁻¹)	N-NH4 (mg.L ⁻¹)
P2	6,7 ± 0,3	66 ± 12	7,6 ± 1,1	16,0 ± 6,7	2,6 ± 1,0	0,05 ± 0,09	0,067 ± 0,054
P1	6,6 ± 0,3	36 ± 5	8,3 ± 1,2	9,6 ± 2,9	2,6 ± 1,7	0,09 ± 0,08	0,044 ± 0,058
P10	6,8 ± 0,4	57 ± 9	8,0 ± 1,0	13,5 ± 4,1	2,8 ± 1,3	0,06 ± 0,06	0,152 ± 0,083
P9	7,1 ± 0,3	39 ± 6	8,8 ± 1,0	10,0 ± 3,1	2,6 ± 2,3	0,04 ± 0,04	0,043 ± 0,033
P8	7,0 ± 0,4	53 ± 8	8,6 ± 1,0	14,1 ± 3,5	3,8 ± 3,1	0,07 ± 0,10	0,08 ± 0,081
P7	7,0 ± 0,3	53 ± 8	8,7 ± 1,0	12,1 ± 4,7	3,2 ± 2,7	0,04 ± 0,04	0,077 ± 0,080
P11	7,0 ± 0,3	54 ± 9	8,4 ± 1,0	12,9 ± 4,7	2,8 ± 2,4	0,07 ± 0,09	0,117 ± 0,010
P12	6,9 ± 0,3	55 ± 10	7,9 ± 1,0	12,9 ± 5,9	4 ± 3,9	0,05 ± 0,03	0,122 ± 0,098
P13	6,2 ± 0,4	64 ± 21	6,8 ± 1,1	13,6 ± 6,2	4,7 ± 3,2	0,01 ± 0,01	0,038 ± 0,039
P14	7,0 ± 0,3	80 ± 33	8,0 ± 1,0	14,9 ± 5,3	5,3 ± 5,2	0,09 ± 0,06	0,139 ± 0,226

Dentre os parâmetros apresentados nas tabelas apenas a condutividade elétrica e o carbono inorgânico dissolvido apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os pontos. Os valores médios da condutividade elétrica da água apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) quando comparadas as áreas de PSA mais antigo e de remanescentes com os pontos de áreas mais impactadas e com desenvolvimento intermediário dos reflorestamentos. Os pontos que contemplam os PSA de dois, três e quatro anos de implantação não apresentaram diferenças significativas entre si ($p > 0,05$).

Para os valores de carbono inorgânico dissolvido foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) do ponto P1 (PSA 7 anos) e dos pontos de remanescente P9 e S3, em relação aos valores médios encontrados em P5 e S7. O ponto P5 é a nascente que possui menor porcentagem de cobertura vegetal na área de drenagem e o ponto S7 apresenta vegetação da área de drenagem em estágio inicial de desenvolvimento e maiores variações das concentrações analisadas ao longo do tempo, fatores que podem contribuir para as diferenças encontradas nas concentrações médias de CID.

4.2 Análises das Nascentes

Durante os levantamentos realizados, a CE apresentou-se como possível indicador de melhora da qualidade da água nas nascentes. As nascentes beneficiadas pelo programa, com cobertura vegetal em diferentes estágios de desenvolvimento, apresentaram valores de CE que variaram entre si ao longo das coletas, apresentando distinções quando comparadas com áreas de remanescentes florestais como pode ser observado no Gráfico 1.

O ponto P1 contempla a área mais antiga beneficiada através do programa de PSA e apresenta valores muito próximos dos encontrados no remanescente florestal, contemplado pelo ponto P9 (Gráfico 2).

Os pontos S7 e S8 contemplaram nascentes que foram isoladas e tiveram o início dos plantios há dois anos, apresentando maiores valores de condutividade elétrica e variações mais bruscas em relação aos pontos onde o PSA está instalado há mais tempo como é o caso do P1 (Gráfico 3).

Os valores analisados no ponto P17 foram intermediários quando comparados aos valores encontrados em nascentes que estão há mais tempo beneficiadas pelo

programa de PSA e do que os valores encontrados em áreas com início dos plantios há menos tempo, como é o caso dos pontos S7 e S8. As ações de reflorestamento no ponto P17 foram realizadas posteriormente ao reflorestamento realizado no ponto P1 e apresentou valores de CE acima dos encontrados em P1 e no ponto do remanescente florestal P9. Além disso, valores encontrados no P17 apresentaram comportamento semelhante às variações encontradas no remanescente florestal localizado no ponto S3 como observado no Gráfico 4.

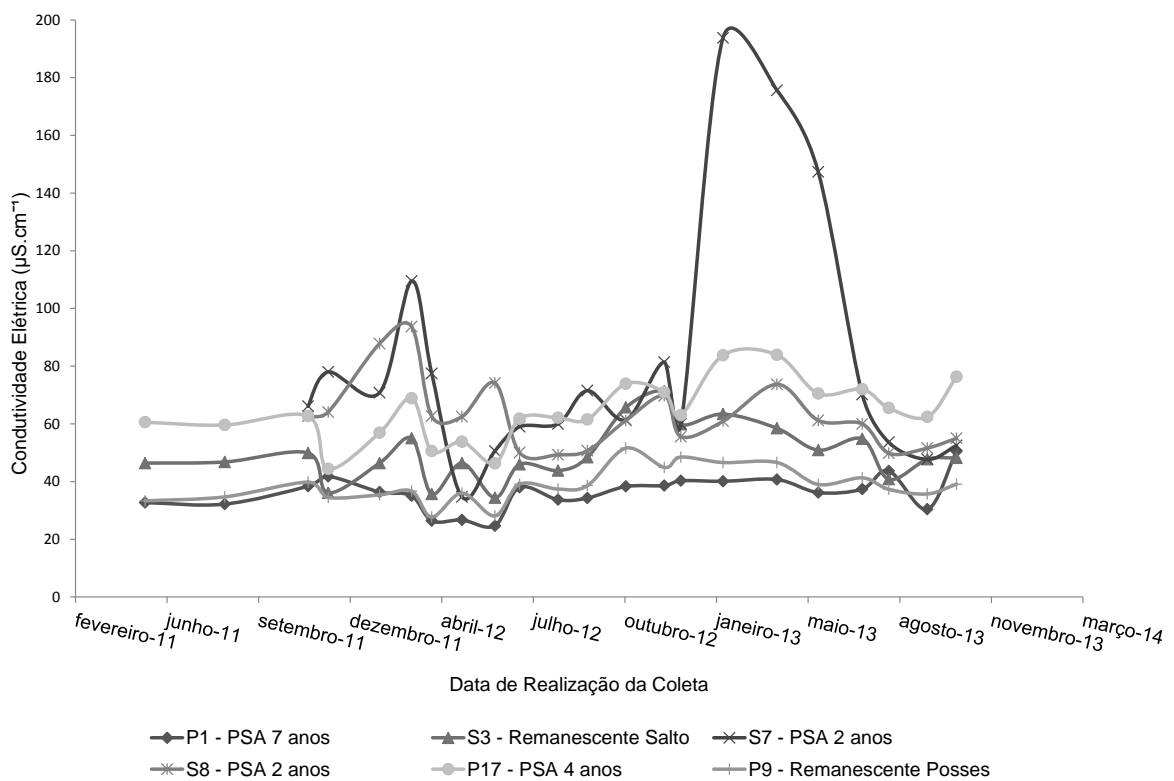


Gráfico 1- Variação da condutividade elétrica em nascentes com diferentes idades de implantação de PSA e remanescentes florestais

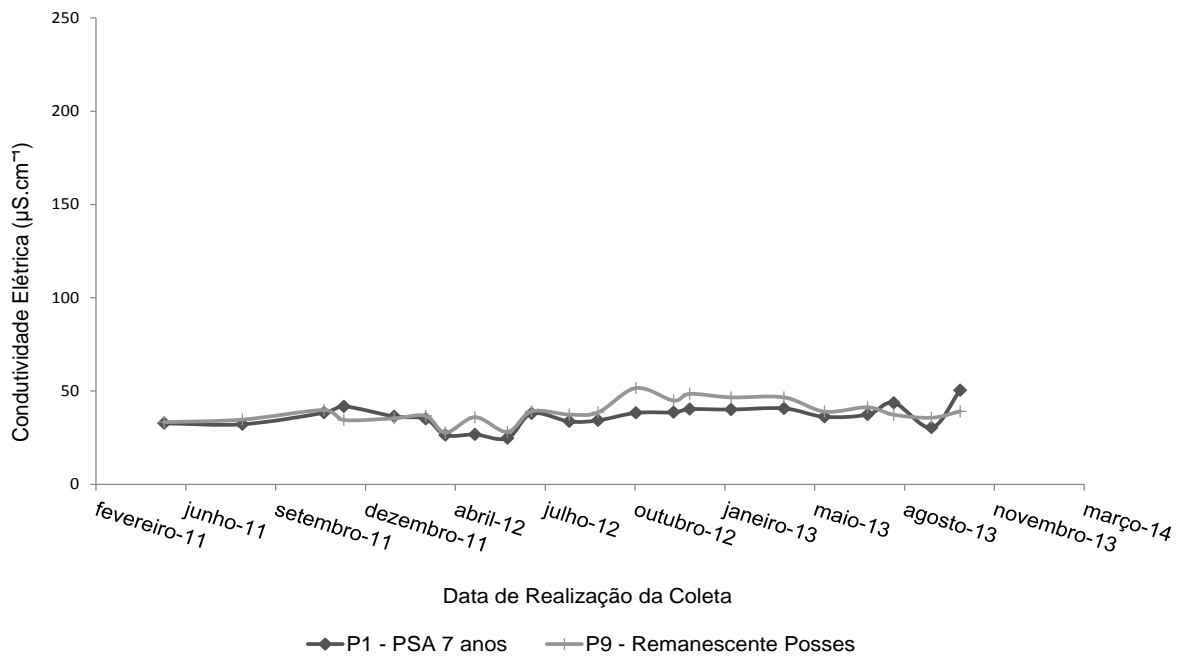


Gráfico 2 - Variação de CE em PSA mais antigo e remanescente florestal na micro-bacia das Posses

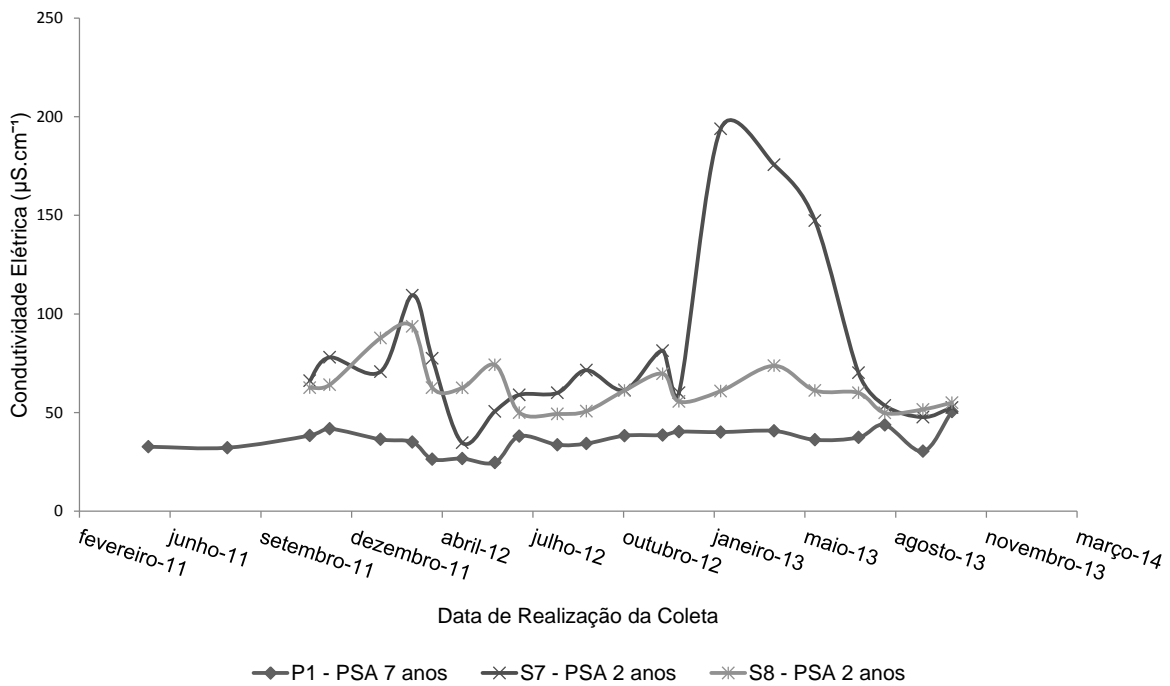


Gráfico 3 - Variação entre PSA mais antigo e dois PSA mais recentes

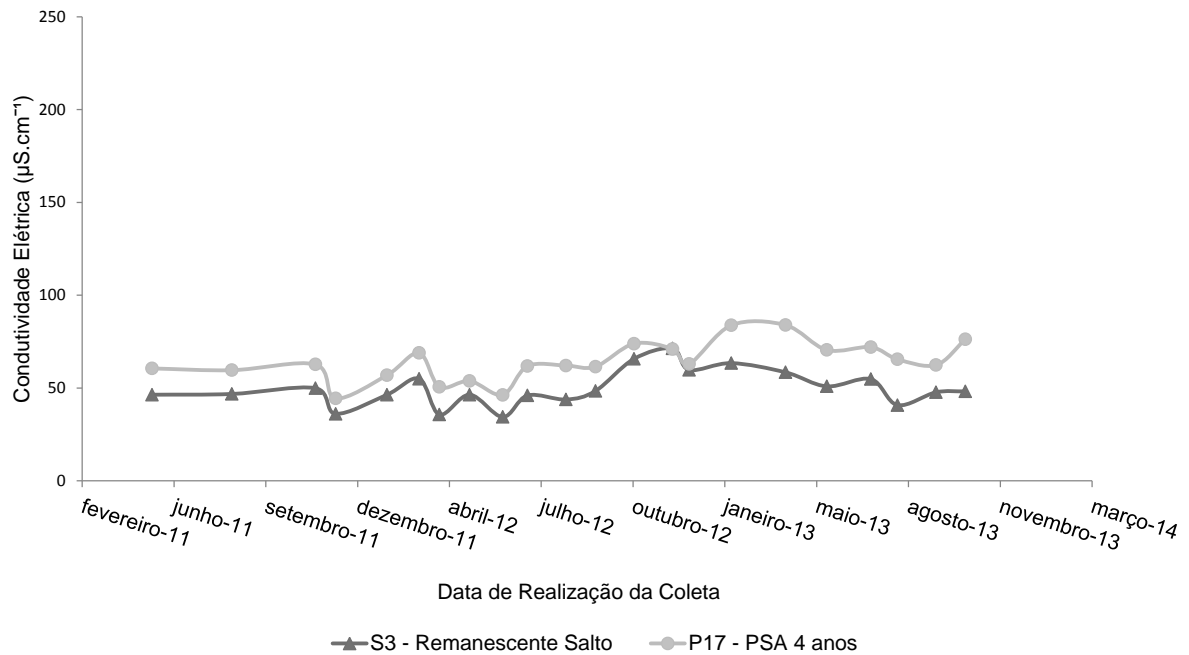


Gráfico 4 - Variação entre PSA intermediário e remanescente

Desta forma pode-se observar um gradiente de variação nos valores de CE quando comparadas as ações aplicadas ao longo do tempo pelo programa de PSA na micro-bacia. As áreas recentemente implantadas, além de apresentarem valores maiores, apresentam variações mais intensas das encontradas em áreas de remanescentes florestais e nascentes reflorestadas há mais tempo. Áreas em tempo intermediário de implantação (Gráfico 4) já apresentam uma perceptível tendência a seguir os padrões de variação menos bruscos observados nos pontos de remanescentes florestais.

Para observar as variações dos valores em todas as nascentes analisadas, bem como os remanescentes florestais, o Gráfico 5 apresenta uma dispersão dos valores de condutividade elétrica amostrados em cada ponto de coleta por época do ano em que foram realizadas as amostragens. Neste gráfico podemos notar que os pontos de menores valores localizados na faixa que varia de 0 a 50 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ contemplam a maioria dos valores referentes aos remanescentes florestais e a nascente a mais tempo reflorestada pelo programa de PSA. Na faixa que representa valores entre 50 e 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ estão localizadas a maior parte dos valores das nascentes com menores idades de plantio e o ponto amostral de uma nascente da micro-bacia do Salto que possui sua localização em uma área de pasto com pouca cobertura florestal em sua área de drenagem. Acima da faixa de 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ encontramos valores referentes ao ponto S7 que representa uma nascente com PSA

de apenas 2 anos de implantação e que demonstra sua susceptibilidade a variações mais bruscas em relação as variações encontradas nas outras nascentes amostradas.

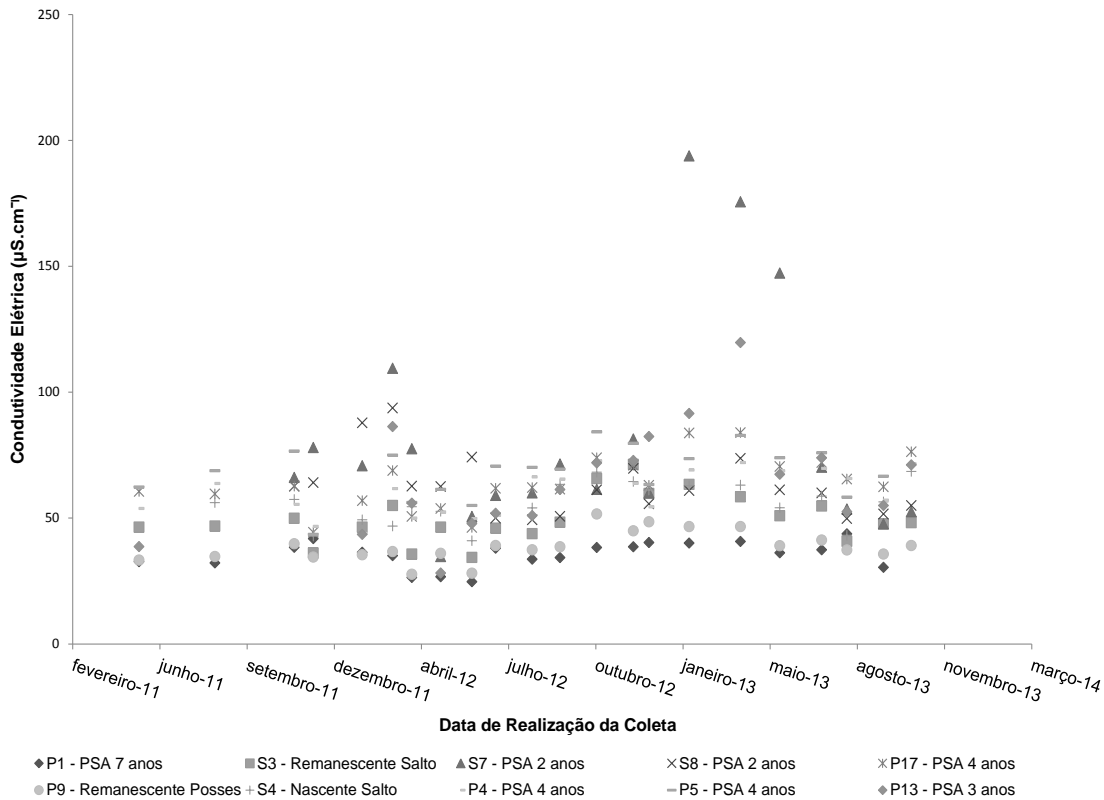


Gráfico 5 - Distribuição dos valores de Condutividade Elétrica por coleta em pontos de nascentes e remanescentes florestais

Os valores de Condutividade Elétrica são referentes aos íons livres encontrados nas águas e são carreados para os rios, em maior significância, através de sedimentos aportados devido aos processos erosivos do solo. Devido às práticas agropecuárias realizadas nas bacias estudadas, a degradação dos solos pode contribuir para um aporte mais elevado de sedimentos para dentro dos rios e nascentes. Essas variações mais bruscas são perceptíveis em períodos de maior precipitação onde as chuvas carregam nutrientes e sedimentos em maiores quantidades para dentro dos cursos de água causando um aumento nos valores de CE.

Visando obter uma comparação entre os pontos de nascentes amostrados nas duas bacias estudadas, bem como de duas nascentes com implantação de PSA mais recentes situadas na bacia do Rio Jaguari, foi gerado o Gráfico 6, que apresenta as concentrações de CID em cada coleta, buscando observar a tendência apresentada em cada nascente.

Neste gráfico podemos notar que a maior parte das concentrações dos pontos de nascentes em remanescentes florestais (P9 e S3) e PSA mais antigo (P1), apresentaram valores menores ao longo das coletas realizadas. Já os pontos de PSA mais recentes e nascente localizada em área de pasto com pouca cobertura vegetal na área de drenagem, apresentaram valores mais altos, ocupando a região do gráfico referente aos valores que variaram de 15 a 25 mg.L⁻¹.

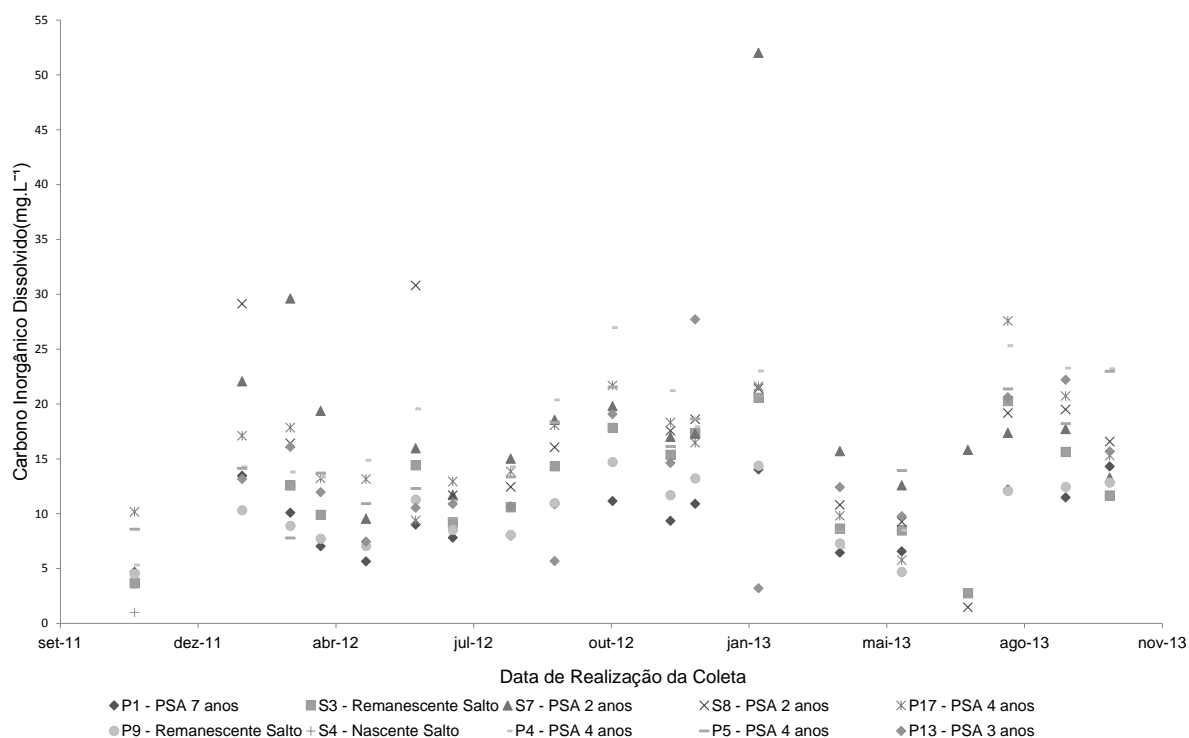


Gráfico 6 - Distribuição das concentrações de CID (mg.L⁻¹) por coleta em pontos de nascentes e remanescentes florestais

4.2.1 Correlações em áreas de nascentes da Micro-Bacia do Ribeirão das Posses

Para verificar a existência de correlações existentes entre os parâmetros estudados neste projeto e as ações dos projetos de PSA nas áreas de nascentes, diversas características do entorno (apresentadas no Anexo A deste relatório) foram

testadas, sendo discutidas neste item apenas as correlações consideradas significantes.

Com o intuito de avaliar se as ações de reflorestamento e cercamento das áreas de APP contribuem para uma minimização de processos erosivos do solo como pisoteio do gado e a ação das chuvas, evitando o aporte de sedimentos e conservando a qualidade das águas, foram correlacionados os valores de alguns parâmetros com a porcentagem de vegetação nas áreas de drenagem encontrada em cada nascente e remanescente amostrado. Para verificar esta correlação nas nascentes foram realizados testes buscando verificar o R^2 e as respectivas significâncias. O R^2 varia entre 0 e 1, indicando, em porcentagem, o quanto o método consegue explicar os valores observados. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo. Vale ressaltar que em estudos biológicos e de ciências naturais, a variabilidade esperada entre os dados são geralmente significativos, o que faz com que valores de R^2 acima de 0,5 sejam considerados elevados.

Para obter uma avaliação mais completa, os dados foram divididos nos períodos chuvoso e seco, buscando verificar a influência da sazonalidade nas possíveis alterações dos corpos hídricos. Desta forma foi calculada a média dos parâmetros em relação à época em que foi realizada a coleta, e foram elaborados gráficos que demonstraram as correlações encontradas.

A vegetação nas áreas de drenagem (%) e os valores de Condutividade Elétrica (CE) encontrados nas nascentes das Posses foram correlacionados e apresentaram R^2 de 0,66 e 0,85 para os períodos chuvoso e seco, respectivamente e correlações positivas e significativas ($p < 0,01$), como apresentado nos Gráficos 7 e 8.

Nestes gráficos pode-se observar que a vegetação tem uma influência nos valores de Condutividade Elétrica, pois quanto maior a porcentagem de cobertura vegetal na área de drenagem de cada nascente, menores são os valores de Condutividade Elétrica encontrados. Os Gráficos 9 e 10 apresentaram a correlação entre Condutividade Elétrica e Vegetação na Área de Drenagem em cada nascente das Posses.

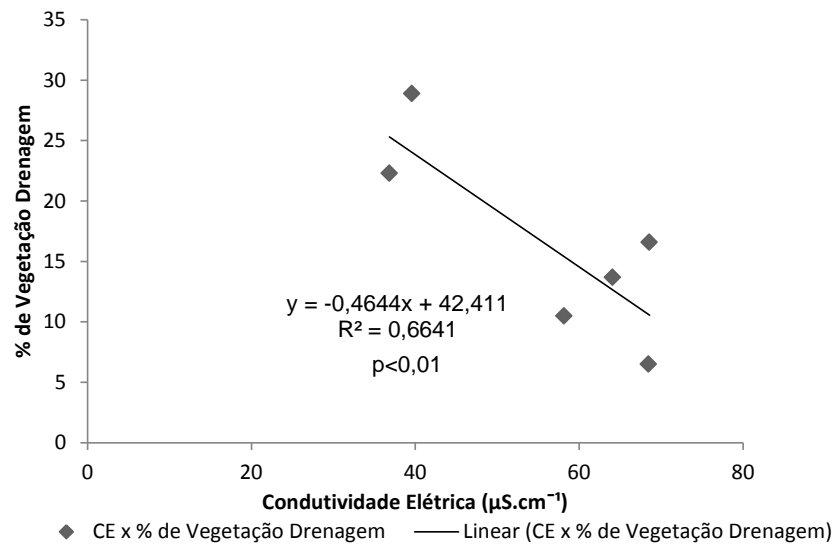


Gráfico 7 – Correlação entre a porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de condutividade elétrica das nascentes e remanescentes na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso

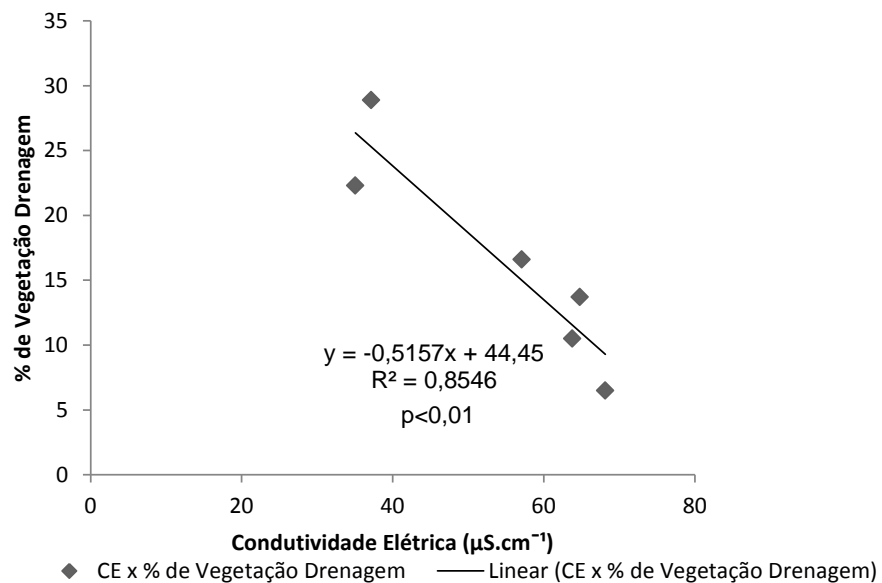


Gráfico 8 – Correlação entre a porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de condutividade elétrica das nascentes e remanescentes na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco

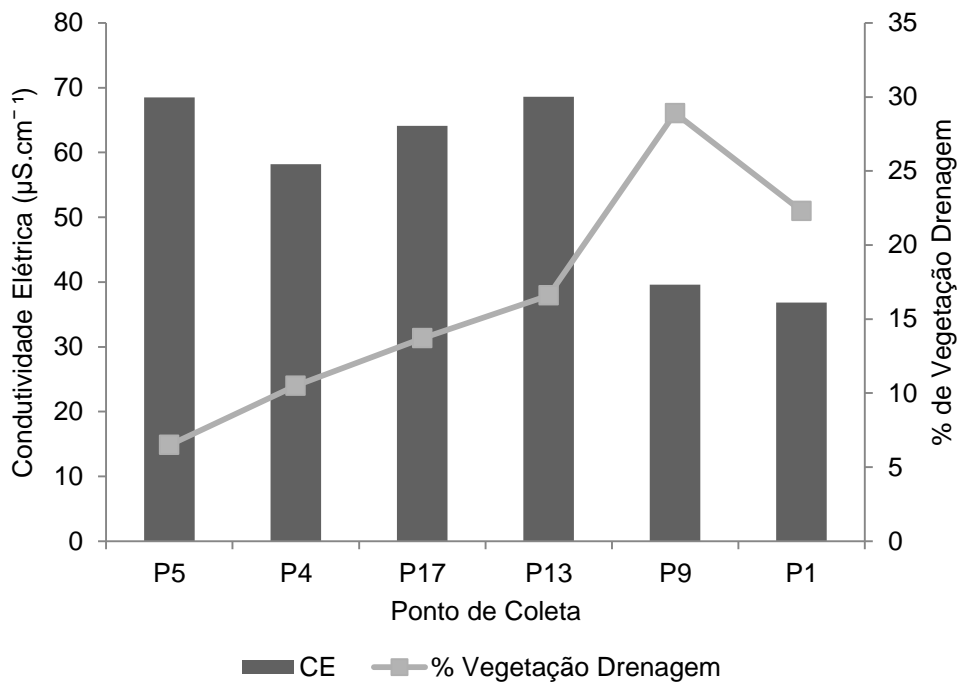


Gráfico 9—Porcentagem de vegetação na área de drenagem e as concentrações médias de condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso

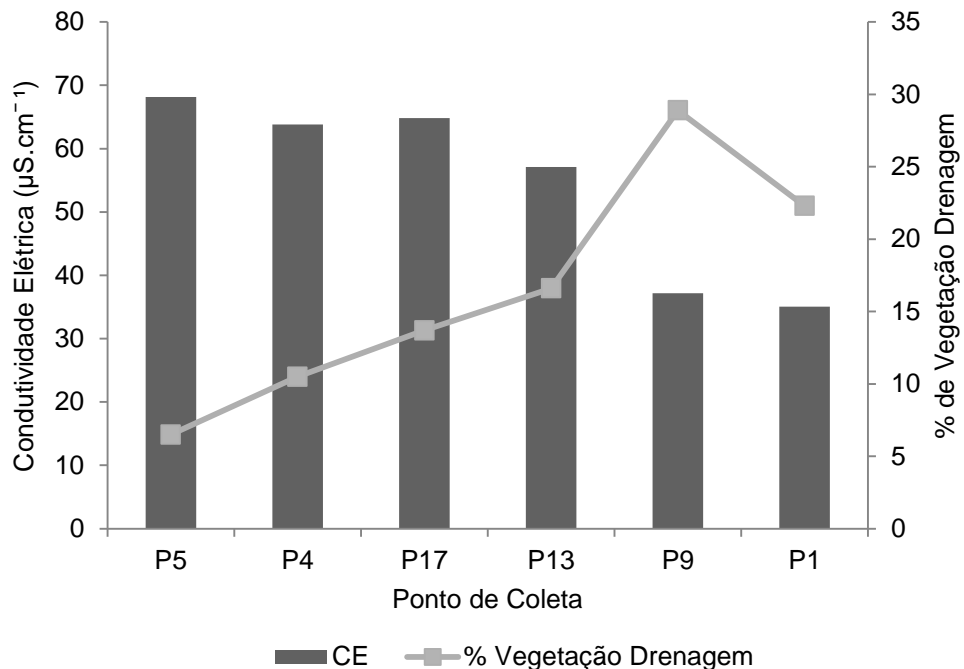


Gráfico 10 - Porcentagem de vegetação na área de drenagem e as concentrações médias de condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco

As nascentes do Ribeirão das Posses que possuem maior área ocupada por vegetação na área de drenagem, apresentaram valores menores de Condutividade Elétrica na maioria dos casos, demonstrando que as ações de reflorestamento propostas contribuem para minimizar o transporte de sedimentos. Os pontos P1 (PSA 7 anos) e o remanescente P9 apresentaram as maiores porcentagens de vegetação na área de drenagem e apresentaram os menores valores de Condutividade Elétrica. Já o P5 que possui apenas 6,5% de vegetação na área de drenagem foi o ponto que apresentou os maiores valores de CE, o que pode evidenciar que o transporte de sedimentos do solo nesta área afeta as concentrações iônicas das nascentes. Além disso, no período chuvoso a maior parte dos pontos apresentou um pequeno aumento nos valores de CE o que pode estar relacionado ao aumento do transporte destes elementos através do escoamento superficial.

Para analisarmos o efeito da cobertura vegetal, outras correlações foram feitas entre os valores de Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) e o Índice de Vegetação, uma vez que esta fonte de carbono está diretamente ligada com os solos.

Os gráficos a seguir (Gráficos 11 e 12) apresentaram R^2 de 0,91 e 0,89 ($p < 0,01$) para o período chuvoso e seco respectivamente, evidenciando menores valores de CID em nascentes com maior cobertura vegetal. Em seguida foram elaborados os Gráficos 13 e 14, com os valores de CID e Índice de Vegetação para que possa ser visualizado os respectivos valores em cada ponto de coleta.

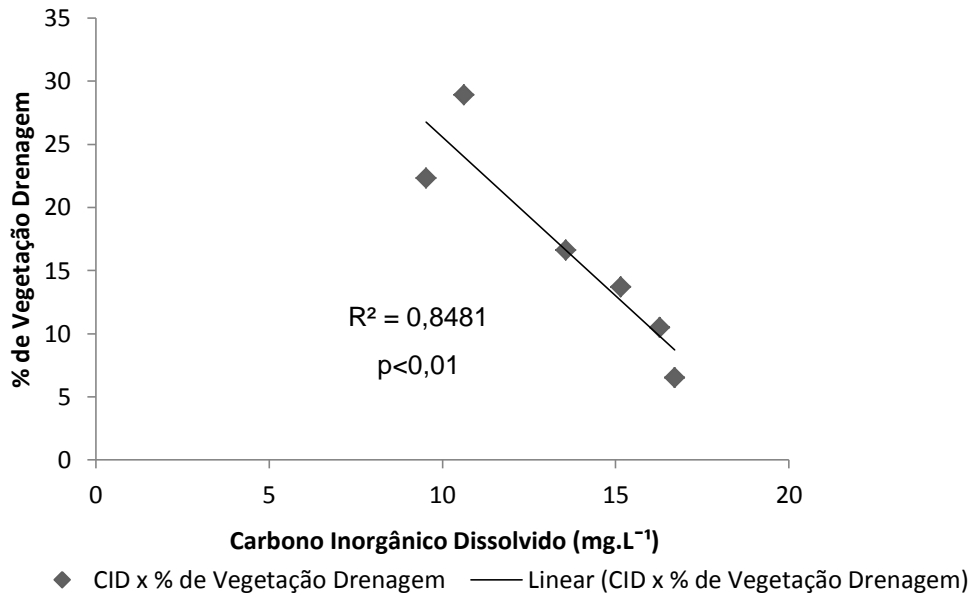


Gráfico 11 - Correlação entre a porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de carbono inorgânico dissolvido das nascentes e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso

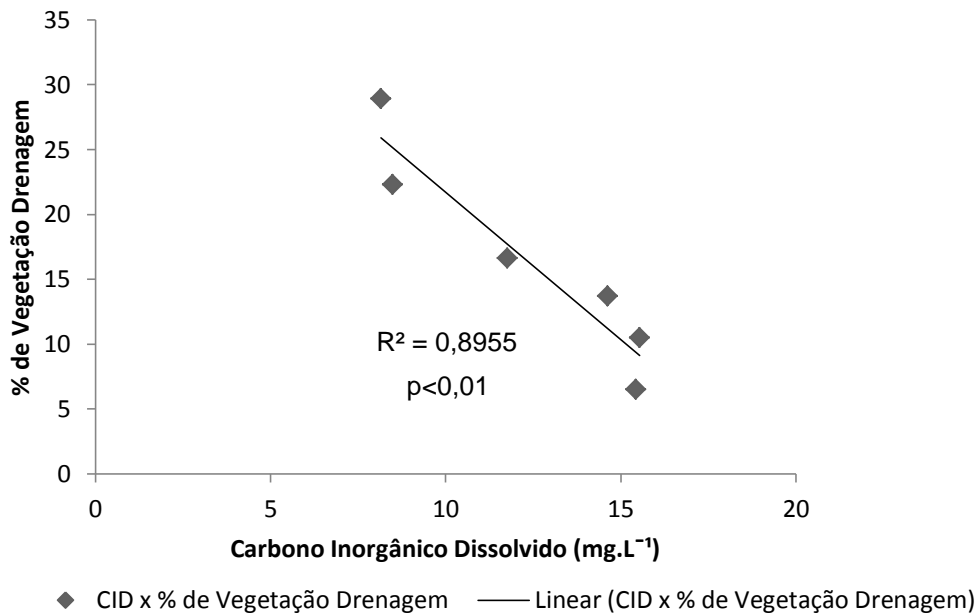


Gráfico 12 - Correlação entre a porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de carbono inorgânico dissolvido das nascentes e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco

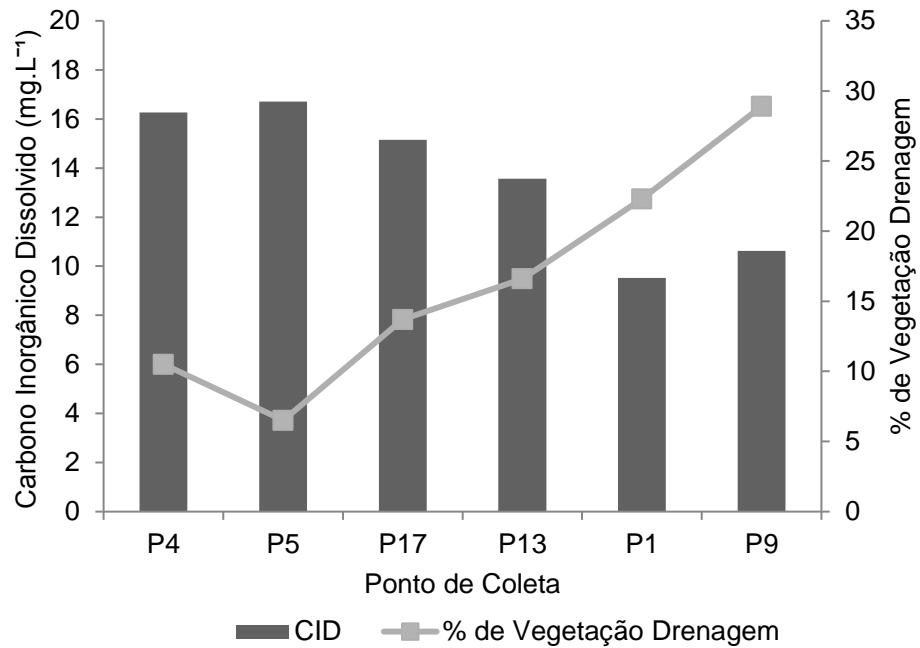


Gráfico 13 - Porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de concentração de carbono inorgânico dissolvido por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso

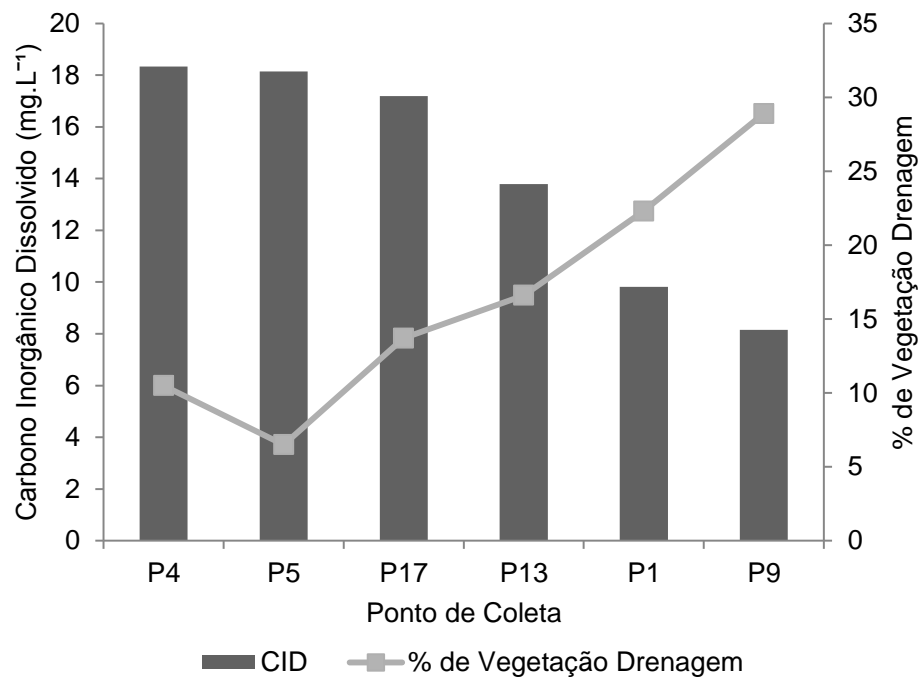


Gráfico 14 - Porcentagem de vegetação na área de drenagem e as médias de concentração de carbono inorgânico dissolvido por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco

Nos pontos P1 e P9 novamente pode ser observada a relação de proteção originada pela cobertura vegetal, onde estes pontos apresentaram as menores concentrações de CID. No período chuvoso houve um aumento das concentrações médias do CID na maioria dos pontos, porém nas áreas com maior cobertura vegetal as concentrações encontradas foram menores, muito provavelmente, por evitarem o transporte destes íons pelo escoamento superficial das chuvas e pelo efeito de diluição nas águas.

Como citado anteriormente o CID encontrado nas águas superficiais é em grande parte relacionado aos solos que compõem as bacias, e faz parte da composição iônica que determina os valores de condutividade elétrica. Para verificar a influência das concentrações de CID nos valores de CE foram elaborados gráficos de correlação (Gráficos 15 e 16) entre estes dois parâmetros, apresentando R^2 de 0,74 e 0,88 positivas e significantes ($p < 0,01$) para os períodos de chuva e seca respectivamente. Em seguida foram elaborados os Gráficos 17 e 18, com os valores de CID e CE para que possa ser visualizado os respectivos valores em cada ponto de coleta.

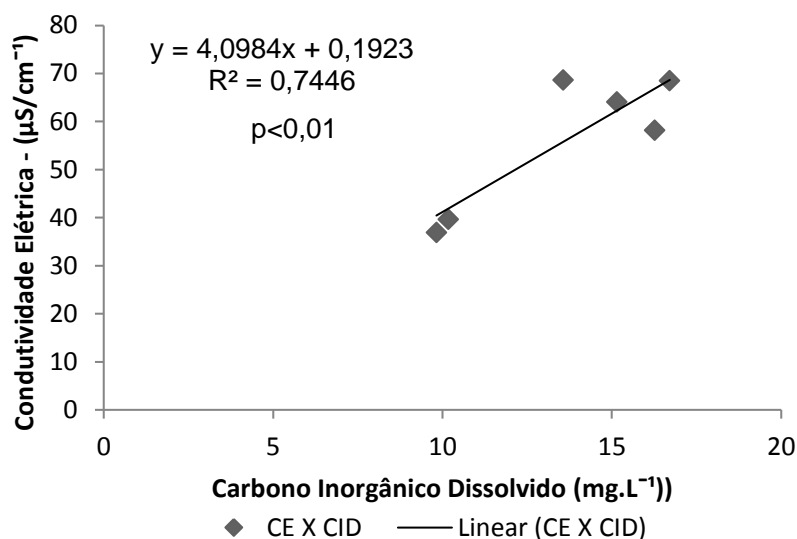


Gráfico 15 - Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescente da micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso

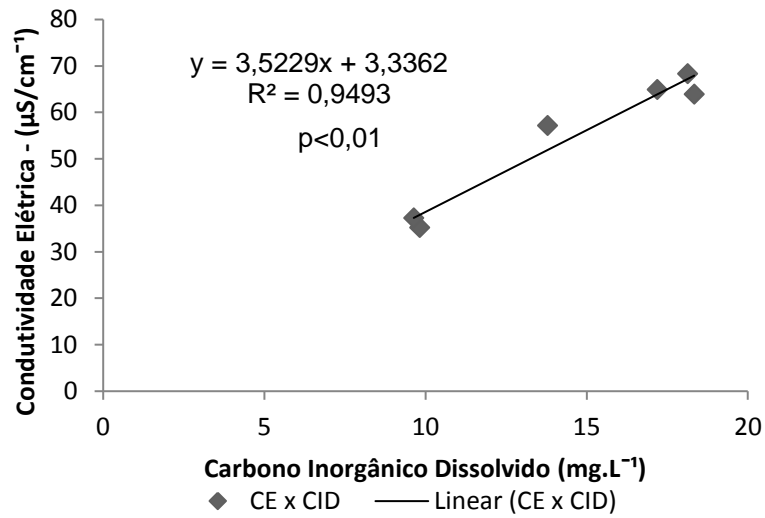


Gráfico 16 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescente da micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco

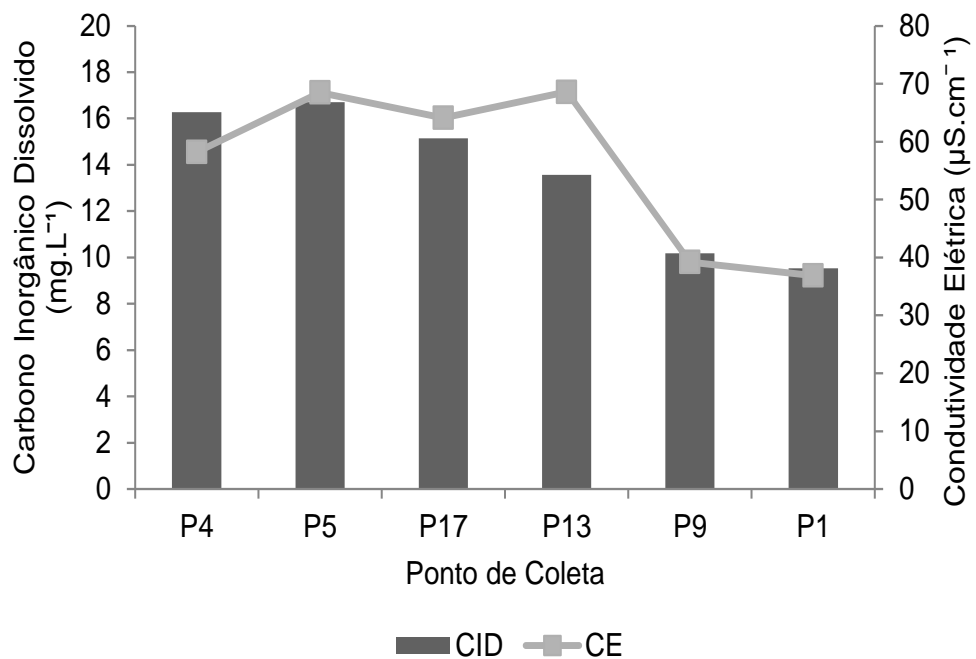


Gráfico 17 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período chuvoso

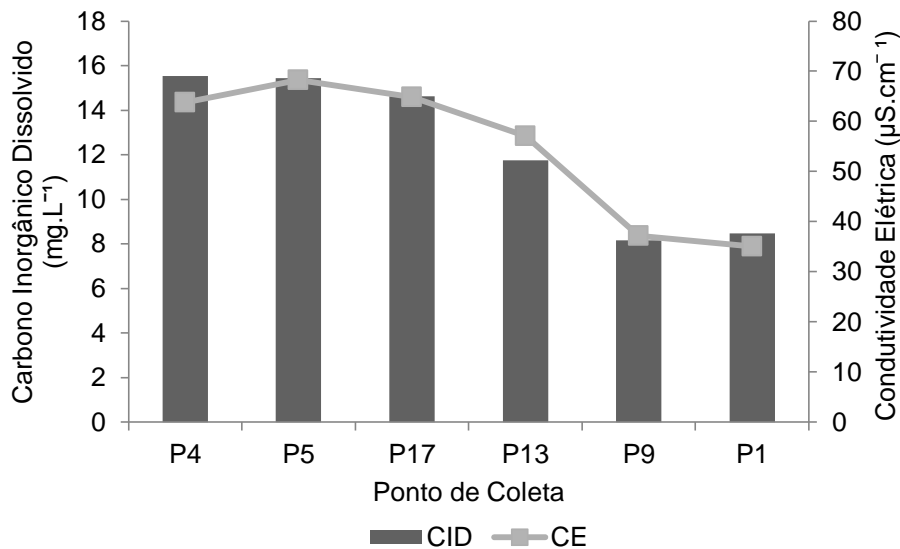


Gráfico 18 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescente na micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco

Os gráficos apresentaram boa correlação entre os parâmetros avaliados, onde os pontos com maiores valores de Condutividade Elétrica também apresentaram maiores concentrações de CID. Esta característica demonstra forte evidência de que o transporte dos sedimentos para dentro dos rios pelo intemperismo das rochas, chuvas e outros fatores, influenciam diretamente as concentrações iônicas das águas, podendo ser observadas através das análises dos parâmetros de CE e CID.

Os menores valores de R^2 em todos os casos foram apresentados pelos períodos de chuva, onde as variações encontradas são maiores, pois as chuvas influenciam no transporte de elementos que causam alterações dos parâmetros avaliados e ocorrem de forma esparsa durante o mês podendo não apresentar padrões que demonstrem certa constância como os observados nos períodos de seca.

Parâmetros como, $N-NO_3$, $N-NH_4$ e COD também foram correlacionados com os Índices de Vegetação, porém não apresentaram valores significativos ($p > 0,01$) em nenhum dos casos, como podemos ver nos Gráficos 19 e 20 como exemplo. Além disso, diversas amostras apresentaram concentrações de $N-NO_3$ e $N-NH_4$, próximas a 0 ($mg.L^{-1}$), dificultando encontrar correlações com as características do entorno das nascentes.

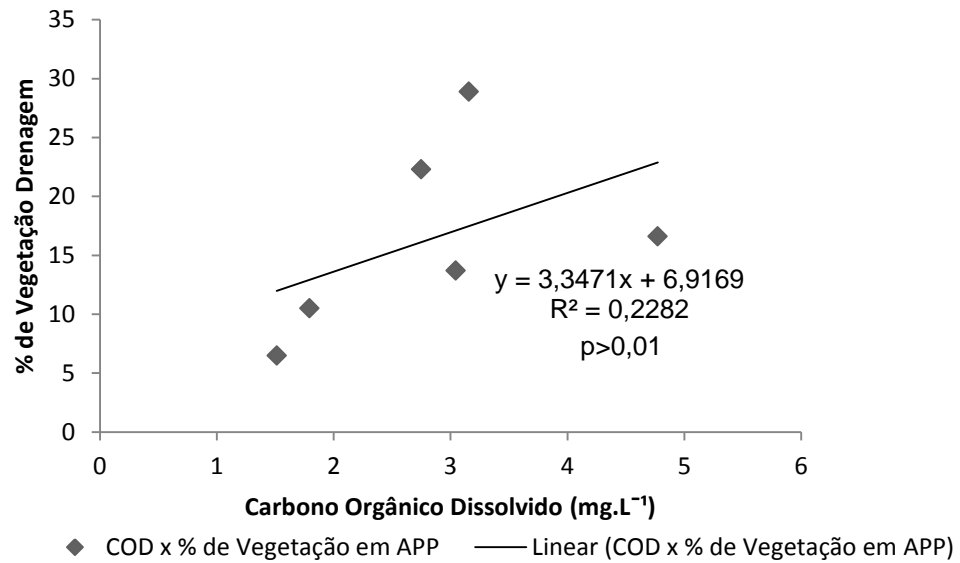


Gráfico 19 - Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescente da micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco

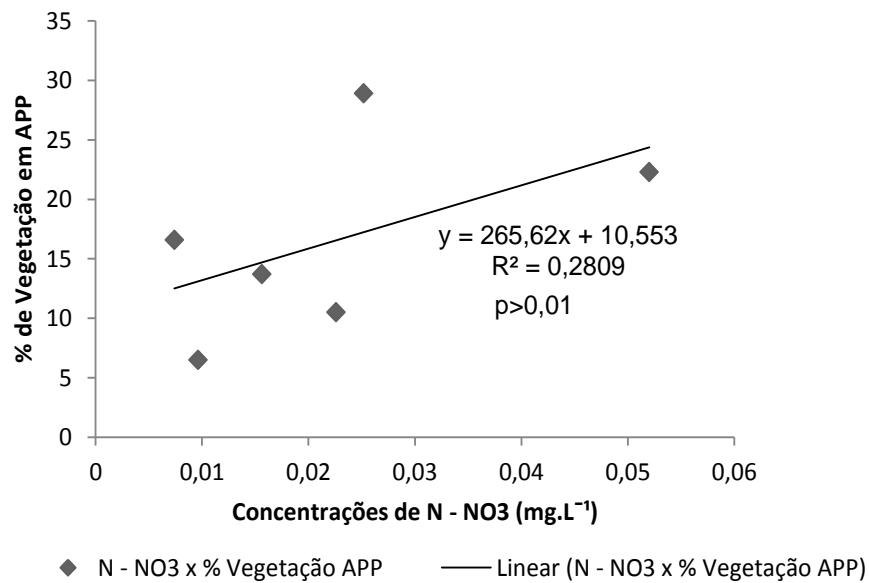


Gráfico 20 - Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescente da micro-bacia do Ribeirão das Posses no período seco

4.2.2 Correlações nas nascentes das micro-bacias dos Ribeirões Posses e Salto

Para verificar se o comportamento apresentado em todas as nascentes e remanescentes estudados é o mesmo em relação à variação das correlações dos parâmetros, foram gerados gráficos de Condutividade Elétrica e Carbono Inorgânico Dissolvido para os períodos chuvoso e seco (Gráficos 21 e 22).

As correlações apresentaram valores positivos e significantes ($p < 0,01$) e R^2 de 0,80 e 0,89 para período chuvoso e seco respectivamente, demonstrando a forte correlação entre as concentrações de CID e os valores de CE mesmo em nascentes localizadas em diferentes bacias. Os Gráficos 23 e 24 apresentam os valores médios de cada ponto referente as nascentes estudadas em relação aos parâmetros CE e CID para o período Chuvoso e Seco.

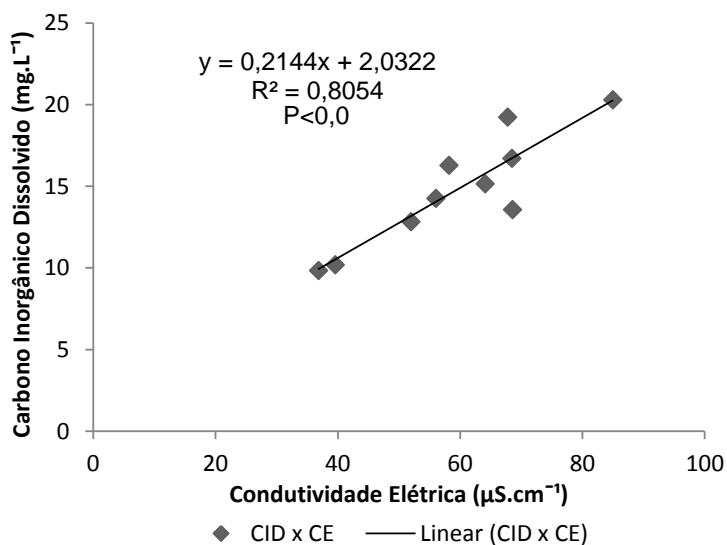


Gráfico 21 – Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescentes estudados no período chuvoso

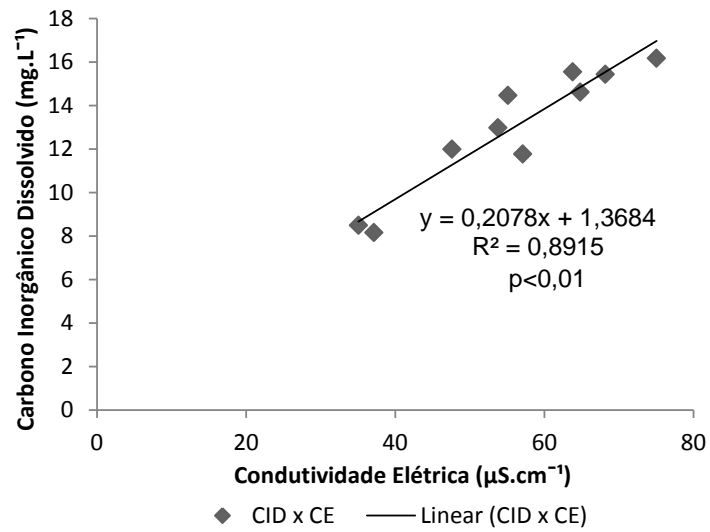


Gráfico 22 - Correlação entre as concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica nas nascentes e remanescentes estudados no período seco

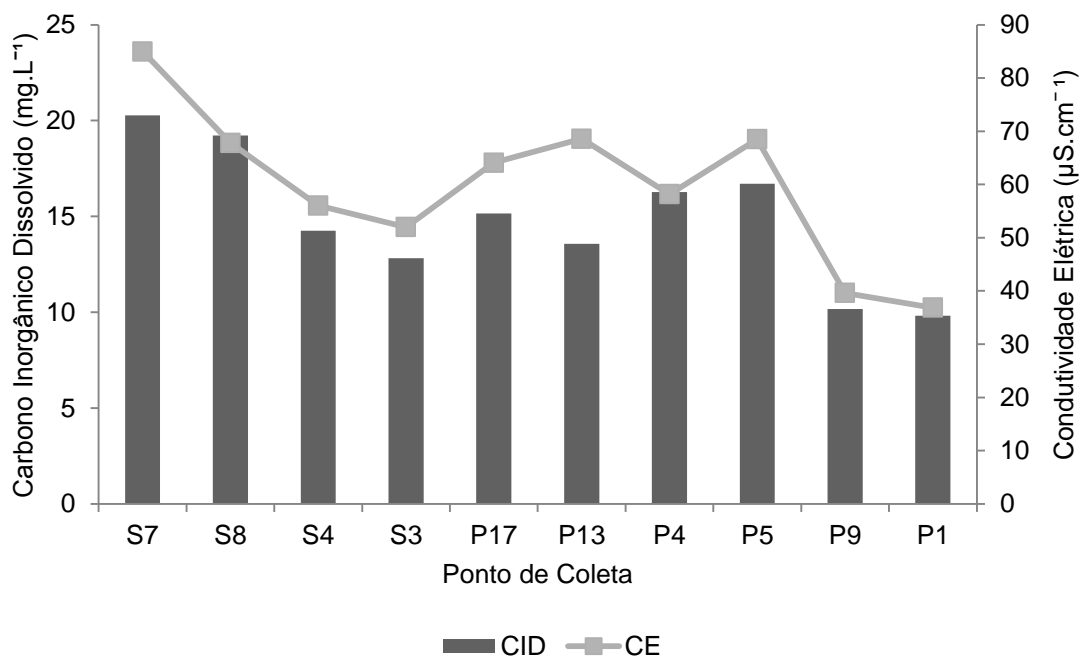


Gráfico 23 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescentes estudados no período chuvoso

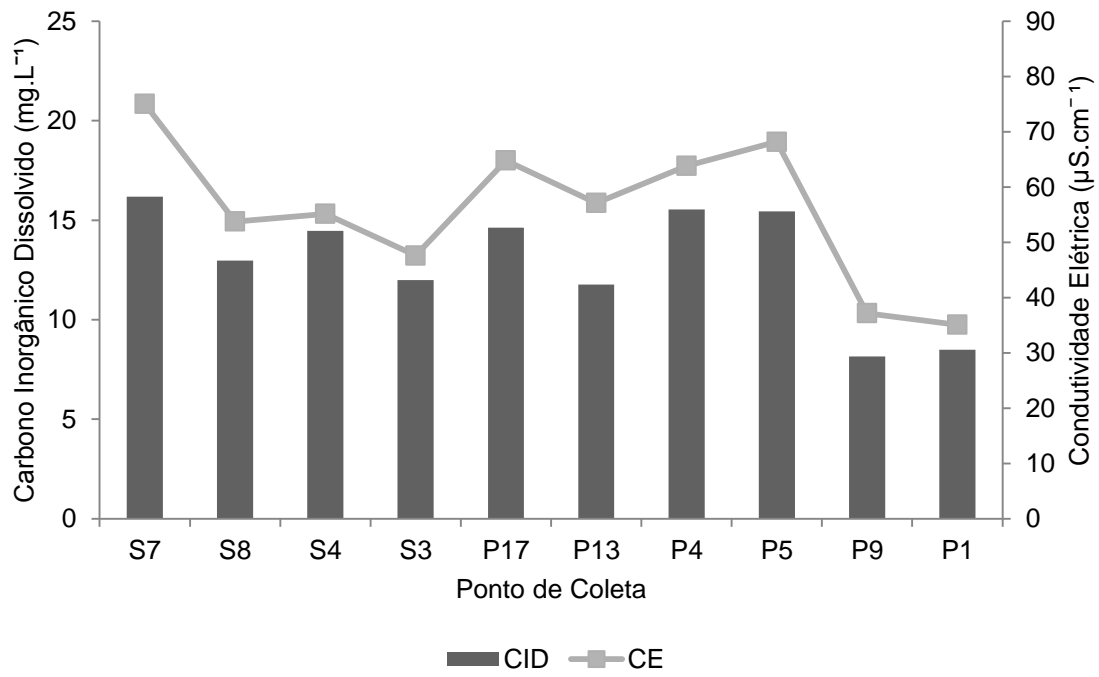


Gráfico 24 - Concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido e condutividade elétrica por ponto de nascente e remanescentes estudados no período seco

4.3 Análises do Ribeirão das Posses

A variação dos valores de CE também pode ser observada ao longo do Ribeirão das Posses após a entrada de nascentes com diferentes idades de implantação e nascentes de remanescentes florestais como observado no Gráfico 25.

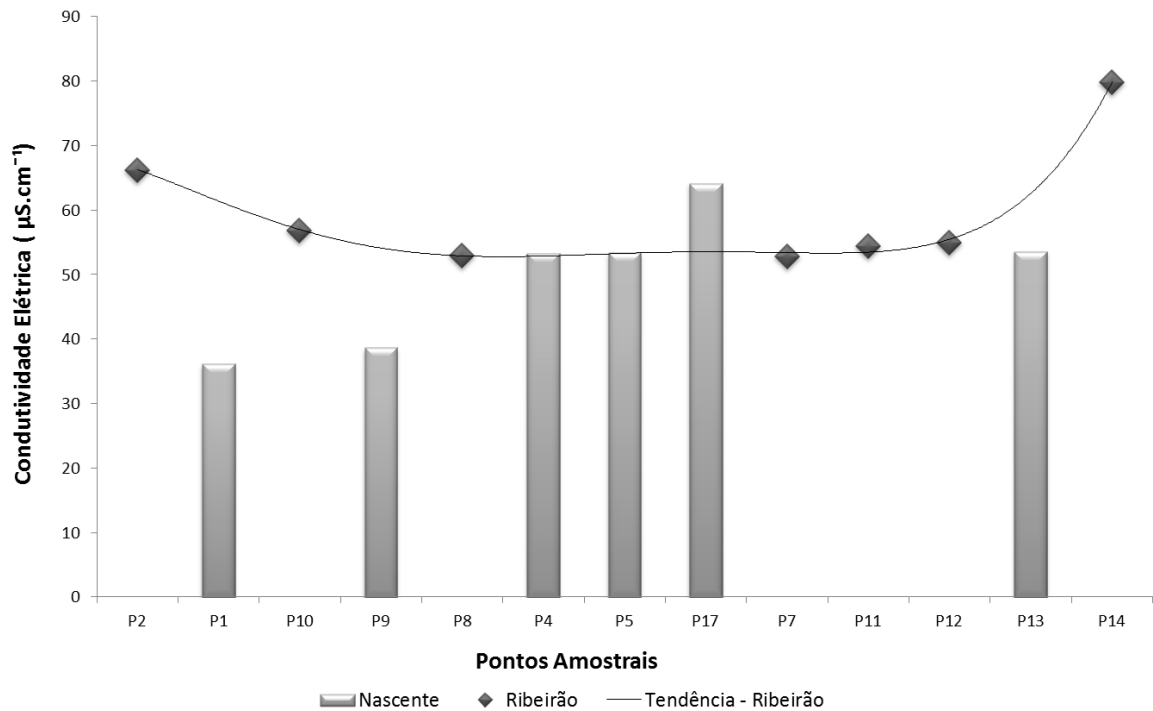


Gráfico 25 – Variação da condutividade elétrica ao longo do Ribeirão das Posses após a entrada de nascentes

Os pontos P1, P4, P5, P17 e P13 estão localizados em áreas beneficiadas pelas ações de conservação na micro-bacia, porém o P13 foi implantado em um momento posterior e apresenta reflorestamento pouco desenvolvido até o presente momento. Já os pontos P6 e P9 são localizadas em remanescentes florestais.

Como apresentado no gráfico, após a entrada da nascente localizada a montante da bacia (P1) e da nascente localizada no remanescente (P9), observamos que os valores de Condutividade Elétrica ao longo do Ribeirão tendem a diminuir como pode ser observado na variação da tendência do Ribeirão. A partir da entrada da nascente localizada no P17 observamos que a concentração dos íons no Ribeirão tende a aumentar, porém acaba estabilizando devido a entrada da nascente do remanescente P6. A partir da entrada da nascente com PSA de 3 anos

(P13) até a foz, ocorre um aumento expressivo, demonstrando que a nascente com reflorestamento menos desenvolvido apresenta valores mais elevados e contribui para um aumento das concentrações de CE do Ribeirão.

O ponto P14 está localizado na Foz do Ribeirão das Posses e representa a concentração final de nutrientes que o Ribeirão das Posses irá carrear para às águas do Rio Jaguari. Vale ressaltar que após a entrada da última nascente analisada na rede de monitoramento, localizada no P13, existem extensas áreas de pastagens e pouca cobertura vegetal ao longo do percurso do Ribeirão até chegar ao ponto P14, o que pode contribuir para um aporte ainda maior de sedimentos, nutrientes e resíduos da produção de gado leiteiro, que pode influenciar no aumento dos valores de CE encontrados na foz do ribeirão.

Quando correlacionadas as médias dos valores de CE e CID com as porcentagens de área de APP cercada, por ponto amostrado ao longo do Ribeirão, obtivemos correlações para o período Chuvoso com R^2 de 0,58 e 0,63, respectivamente, onde parte das áreas com maior porcentagem de cercamento apresentaram menores concentrações de CE e CID apesar das correlações não apresentarem significância estatística ($p > 0,01$).

Como a micro-bacia do Ribeirão das Posses possui grandes áreas ocupadas com a produção de gado leiteiro, o cercamento das áreas do entorno mostra indícios de uma possível redução das ações de degradação dos solos por estes animais, evitando o aumento no transporte de sedimentos nutrientes e resíduos oriundos da produção animal e de leite. Estes fatores poderão ser mais bem estudados no decorrer dos próximos anos por outros levantamentos, buscando verificar se com o aumento das áreas beneficiadas pelo projeto “Conservador das Águas” os efeitos benéficos na qualidade das águas poderão ser mais explicativos e significativos.

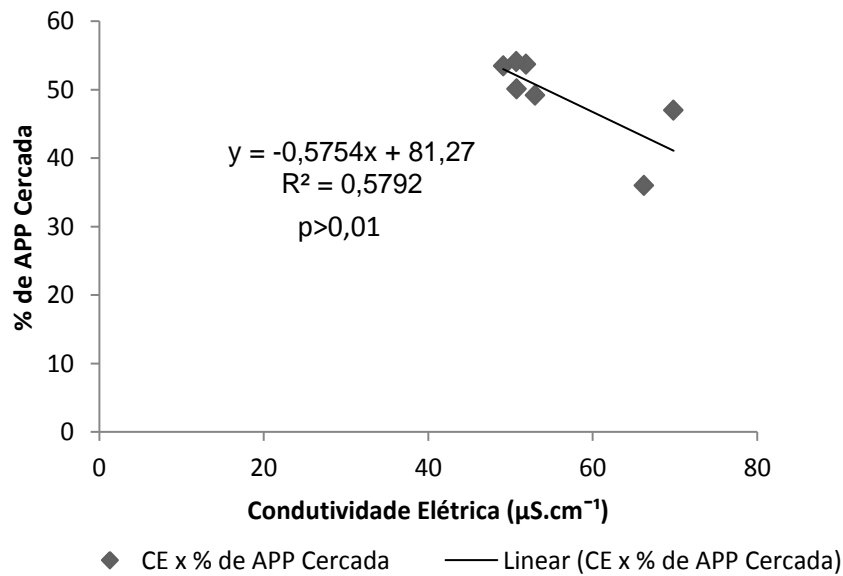


Gráfico 26 – Correlação das concentrações médias de condutividade elétrica com a % de área de preservação permanente cercada no Ribeirão das Posses no período chuvoso

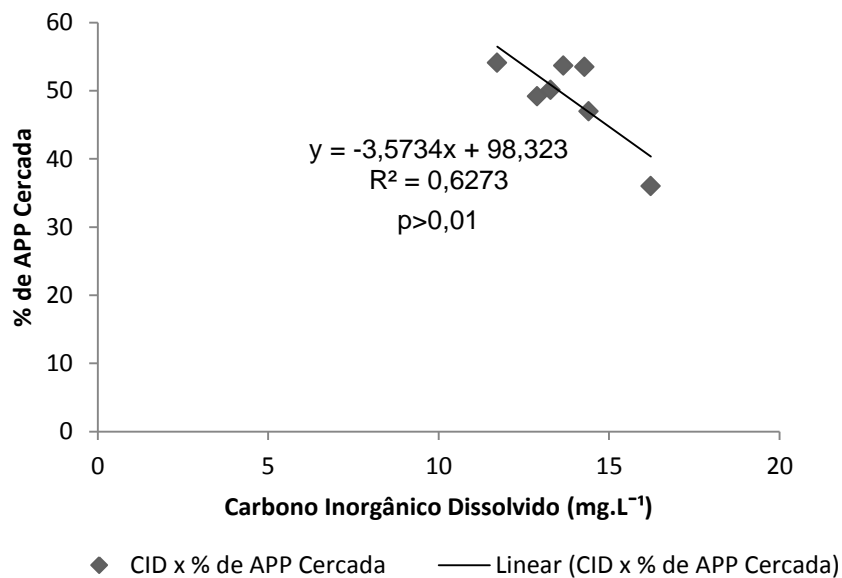


Gráfico 27 - Correlação das concentrações médias de carbono inorgânico dissolvido com a % de área de preservação permanente cercada no Ribeirão das Posses no período chuvoso

4.4 Análises da foz do Ribeirão das Posses e sua influência no Rio Jaguari

Através dos levantamentos realizados até o momento foi possível observar que o Ribeirão das Posses não influencia diretamente no aumento das concentrações de CE encontrados no Rio Jaguari como pode ser observado no Gráfico 28, onde os

valores de CE antes e após a entrada do Ribeirão das Posses no Rio Jaguari não apresentaram variações significativas.

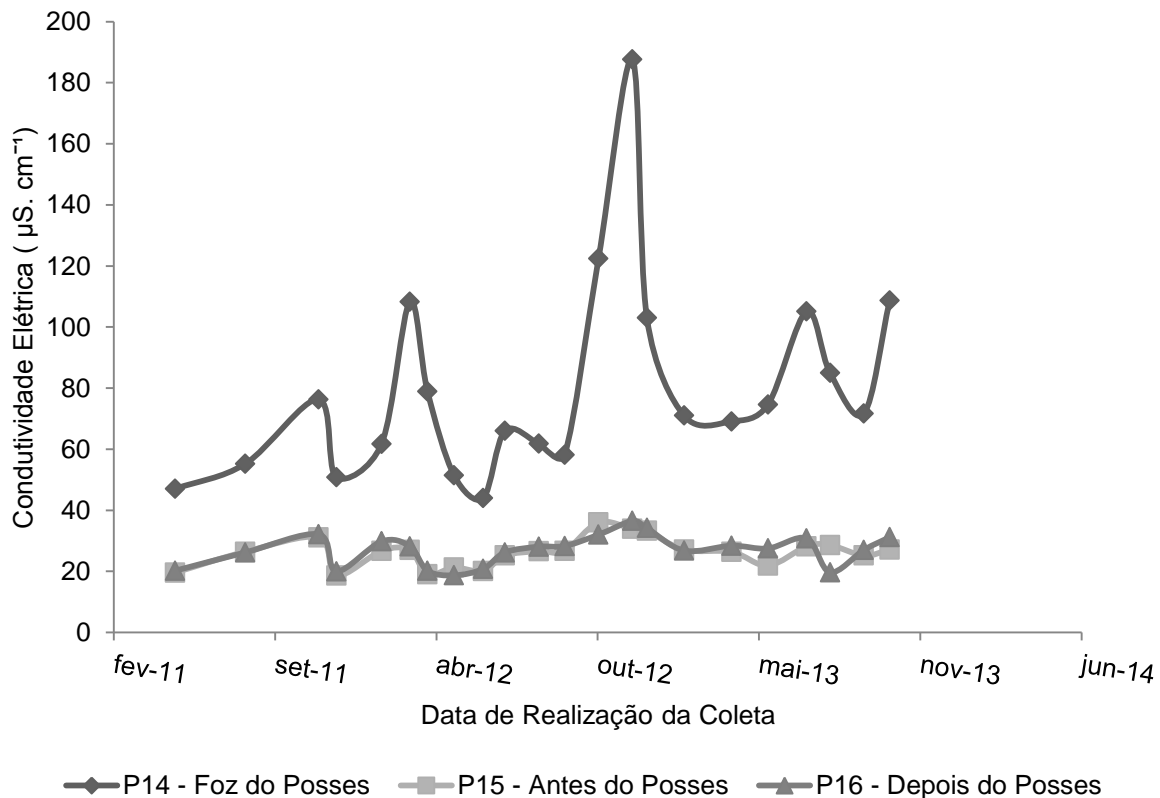


Gráfico 28 - Influência do Ribeirão das Posses na condutividade elétrica do Rio Jaguari

Quando observados valores de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) encontrados no Rio Jaguari antes e após a foz do Ribeirão das Posses, podemos observar que o Ribeirão das Posses contribui para uma diluição das concentrações como demonstrado no Gráfico 29.

Pode-se observar que a carga de COD carregada pelo Ribeirão das Posses para o Rio Jaguari, não interfere significativamente nos valores encontrados após a sua foz. Neste caso a vazão de água na foz do Ribeirão aparenta contribuir para uma diluição das concentrações de COD encontradas no Rio Jaguari nas coletas realizadas.

Esta ocorrência pode ser resultante do aumento da vazão do Ribeirão ao longo do ano devido ao regime de chuvas, onde na maioria dos meses com maiores precipitações o Ribeirão das Posses contribui para uma diluição das concentrações de COD do Rio Jaguari.

Durante os períodos de maiores estiagens registrados, as vazões tendem a diminuir, e o aporte das águas do Ribeirão das Posses acaba contribuindo para um aumento das concentrações de COD do Rio Jaguari (Gráfico 30). Esta ocorrência muito provavelmente deve-se ao fato que a redução do volume das águas gera um aumento das concentrações relativas das cargas orgânicas ao longo Ribeirão das Posses, aumentando as concentrações encontradas na Foz do Ribeirão.

Quando analisamos este comportamento para os valores de Carbono Inorgânico Dissolvido (CID), observamos que há um comportamento inverso ao COD, pois durante o período seco o aporte das águas do ribeirão faz com que aparentemente ocorra uma diluição das concentrações do Rio Jaguari como observado no Gráfico 31.

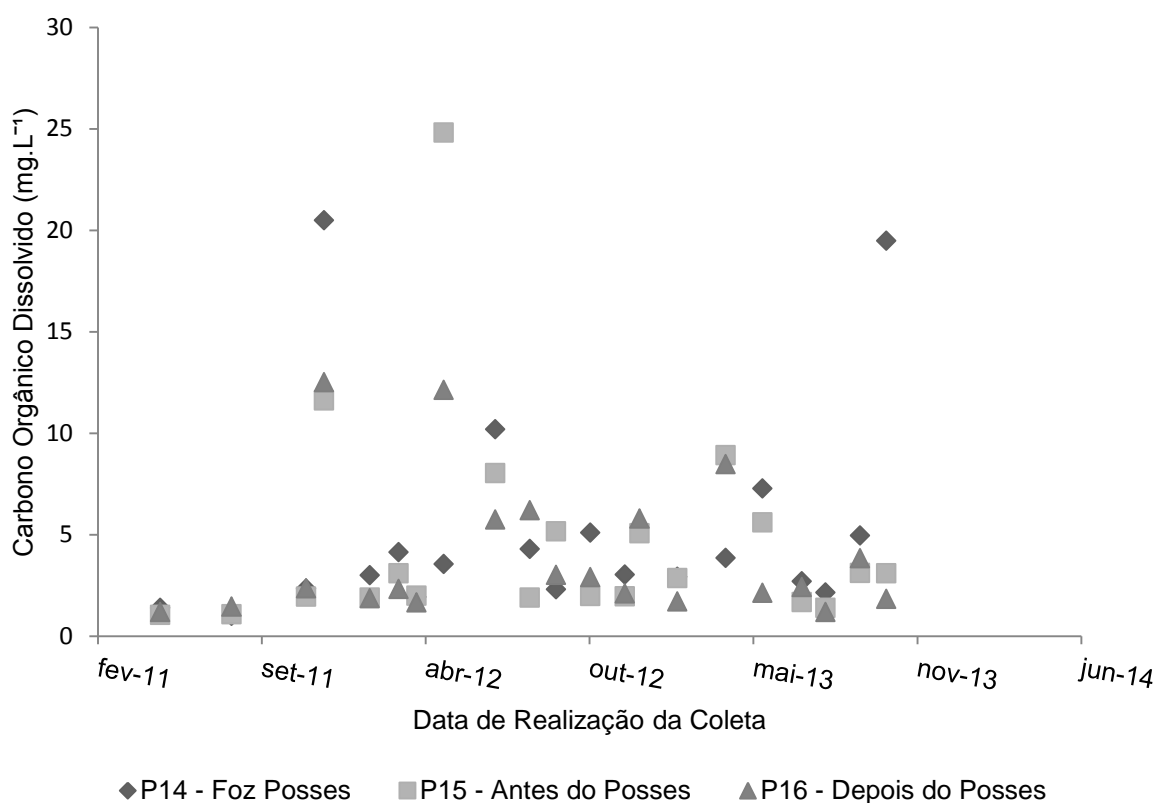


Gráfico 29 – Contribuição do Ribeirão das Posses na variação de carbono orgânico dissolvido no Rio Jaguari

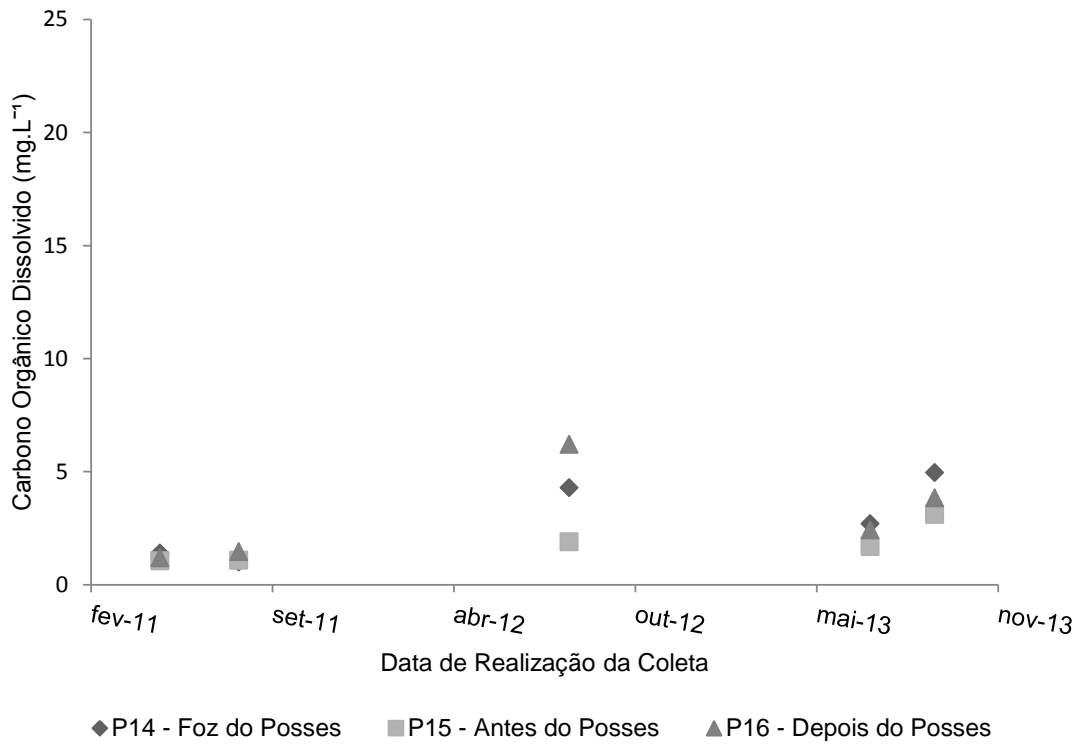


Gráfico 30 – Contribuição do Ribeirão das Posses na variação do carbono orgânico dissolvido do Rio Jaguari no período seco

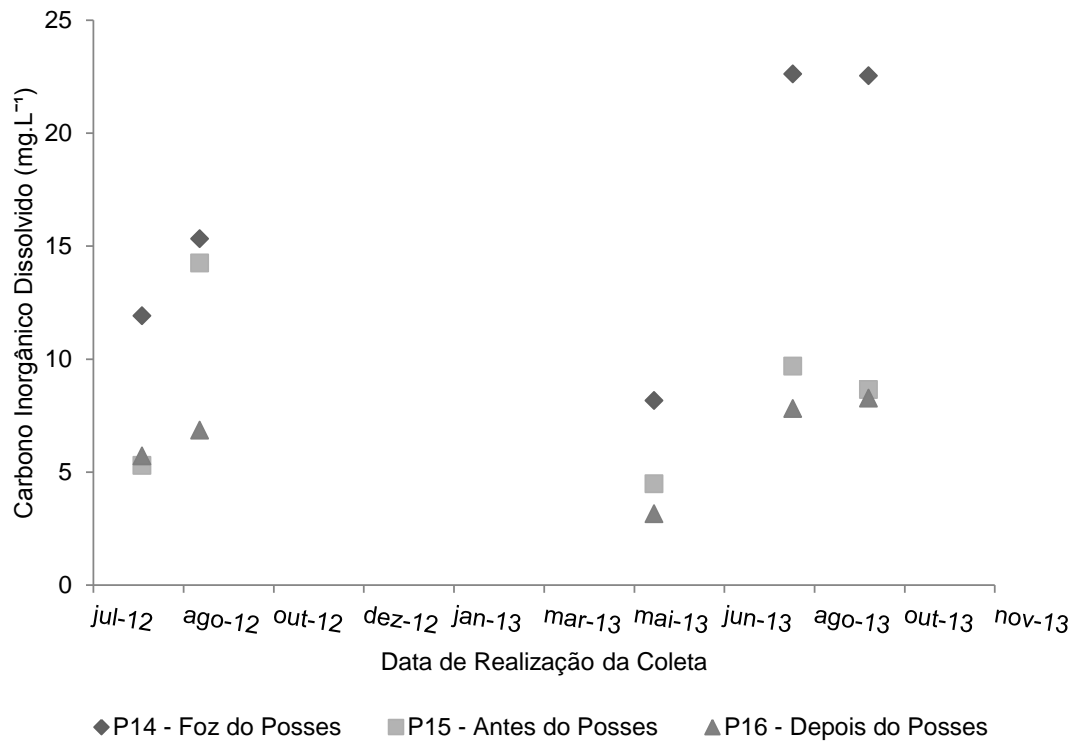


Gráfico 31 - Contribuição do Ribeirão das Posses na variação do carbono inorgânico dissolvido do Rio Jaguari no período seco

4.5 Análises do consumo de oxigênio dissolvido na Micro-Bacia do Ribeirão das Posses e do Ribeirão Salto

Outro parâmetro avaliado neste relatório foi a taxa de consumo de Oxigênio nos diferentes pontos amostrais das bacias das Posses e do Salto. No Gráfico 32 são apresentados os valores médios, do total de 22 coletas, por ponto amostrado. Os valores encontrados são considerados normais para áreas naturais, sendo que apenas em 20% dos pontos encontraram-se valores maiores do que $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$. A foz do Ribeirão das Posses (P14) é o ponto amostral que apresentou a maior média ($1,9 \text{ mg.L}^{-1}$), evidenciando os efeitos causados devido a ausência de isolamento por cercas e da ausência de cobertura florestal como discutido anteriormente. As áreas de nascentes com PSA mais recentes (P13, S7 e S8), apresentaram demandas de consumo de oxigênio mais elevadas do que as áreas nascentes de PSA implantados há mais tempo (P1, P4, P5 e P17).

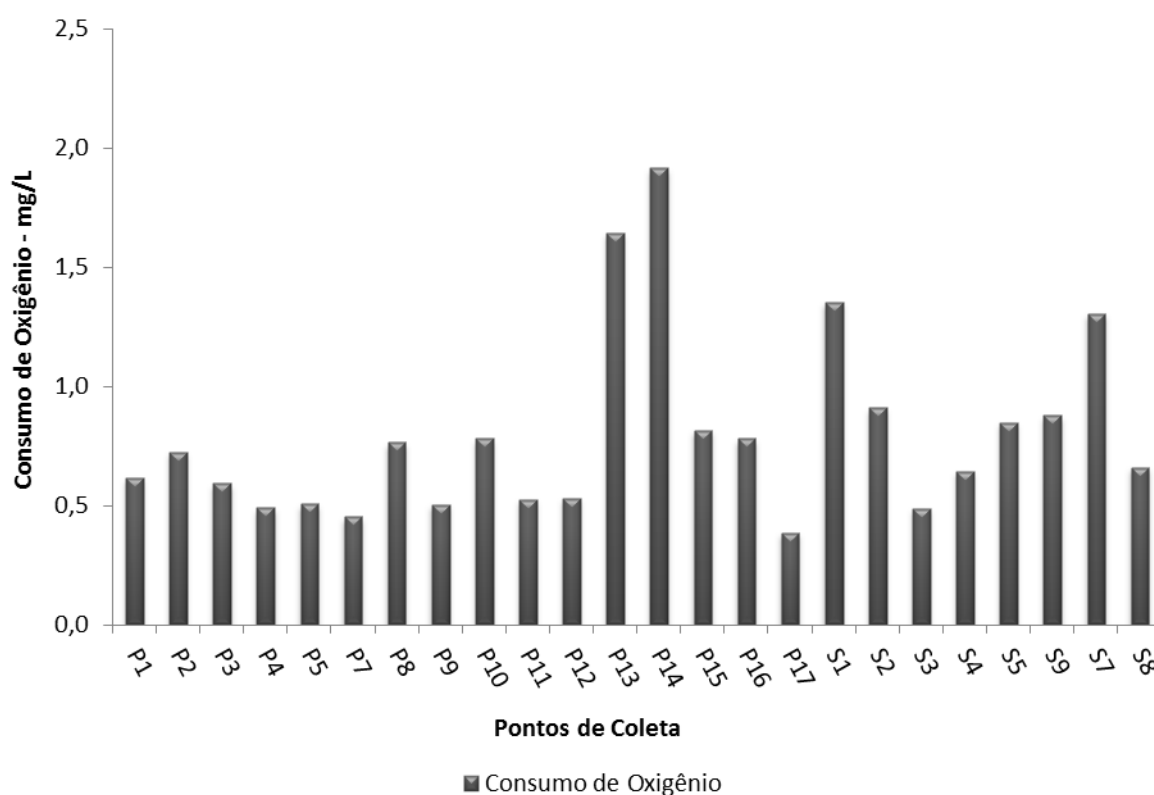


Gráfico 32 - Valores médios do consumo de oxigênio em cada ponto amostral

Quando observamos os valores médios do consumo de oxigênio em cada bacia estudada, pode-se observar que na Bacia do Ribeirão Salto, onde existem mais remanescentes florestais, os valores médios foram maiores do que a maioria dos pontos observados no Ribeirão das Posses. Este fator pode ter sido influenciado devido a maior cobertura vegetal existente na micro-bacia gerar uma quantidade maior de serapilheira podendo fornecer mais cargas orgânicas e ácidos húmicos que são carregados para os corpos hídricos resultando assim em uma maior taxa de consumo de oxigênio dissolvido para degradar esses componentes orgânicos. (SCHWENDENMANN; VELDKAMP, 2005).

Nos Gráficos 33 e 34, podemos observar as linhas de tendência dos ribeirões da montante à jusante bem como dos valores médios de DBO nos pontos amostrais.

Na micro-bacia das Posses o aporte da nascente com PSA estabelecido há mais tempo, bem como de nascentes vindas de remanescentes, contribuiu para uma diluição das cargas orgânicas no ribeirão. Após a entrada destas nascentes, a continuidade do ribeirão até a sua foz sofreu influência das áreas desprotegidas do entorno que possui a presença de sistemas agropecuários. A presença de gado conciliado à falta de cobertura vegetal neste trecho da bacia sujeita os corpos hídricos ao aporte de excrementos e outros elementos devido ao escoamento superficial resultando em um aumento no consumo de oxigênio e nos altos valores encontrados (BIGSS; DUNE; MURAOKA, 2006).

Quando observamos os valores encontrados na Bacia do Salto, podemos notar que as nascentes protegidas pela cobertura vegetal de remanescentes e dos PSA contribuiu para a redução das médias do consumo de oxigênio próximos à foz, pois a cobertura vegetal existente evita o aporte de cargas orgânicas como citado anteriormente. As duas curvas de tendência demonstraram que ao longo do curso dos ribeirões existe um aumento no consumo de oxigênio, porém de forma muito menos acentuada no Ribeirão Salto.

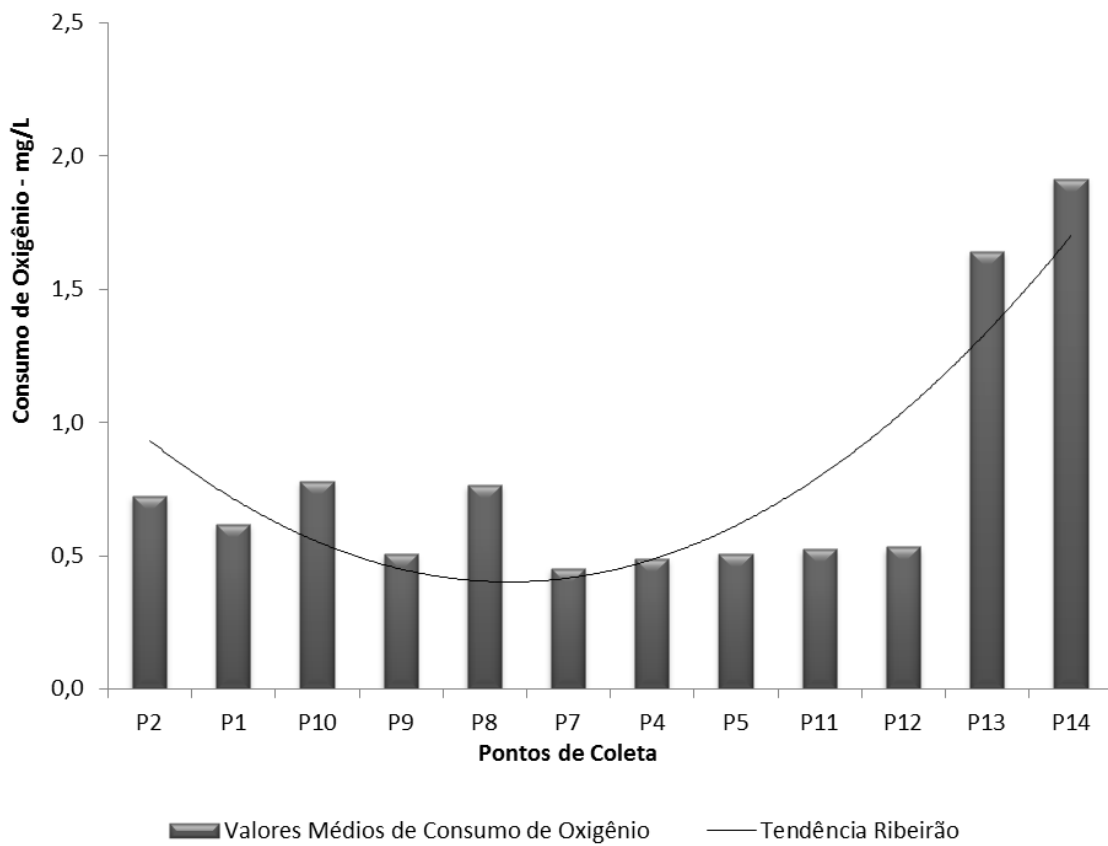


Gráfico 33 - Variação do consumo médio de oxigênio ao longo do percurso do Ribeirão das Posses

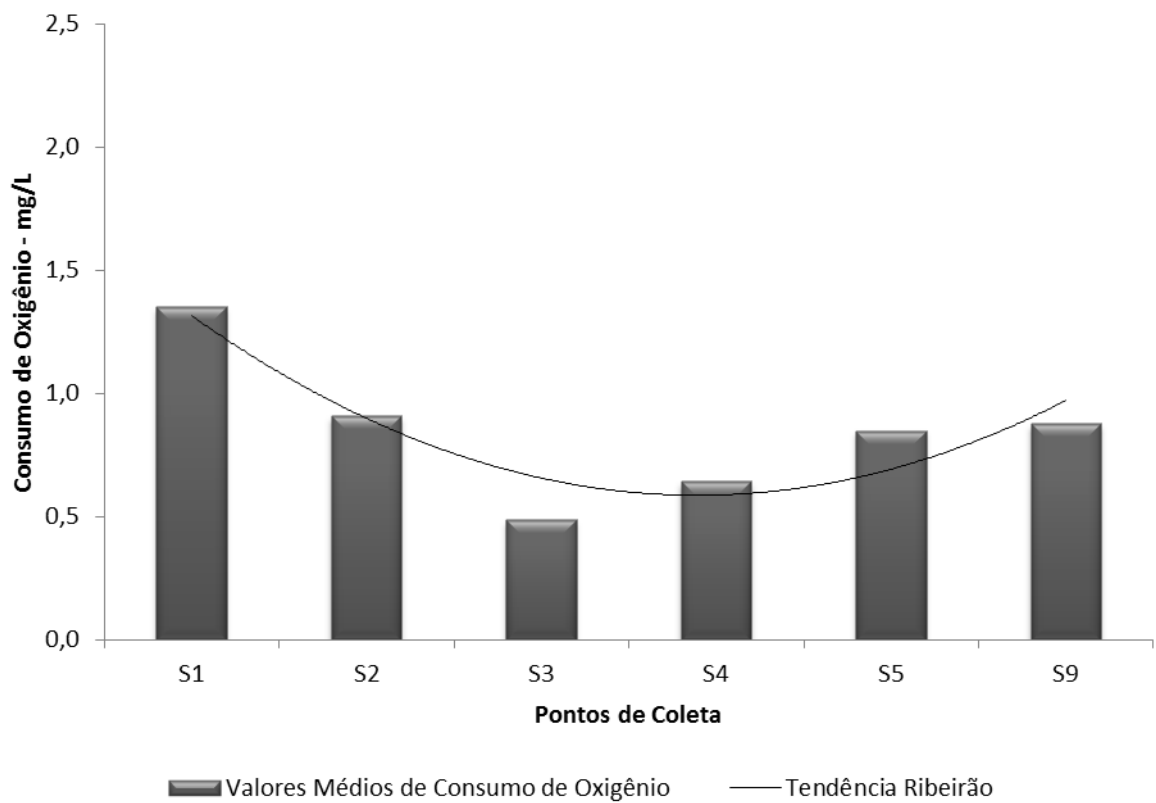


Gráfico 34 – Variação do consumo médio de oxigênio ao longo do percurso do Ribeirão das Posses

4.6 Vegetação, uso do solo e as influências na qualidade das águas

Os levantamentos realizados neste estudo bem como os resultados obtidos através das análises apresentam fortes indícios da influência da vegetação nas alterações dos parâmetros de CID e CE.

As alterações na composição química da água, bem como no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, são influenciados diretamente pelas mudanças no uso do solo nas respectivas bacias de drenagem (KAISER et al., 2013; BOTELHO et al., 2013; BAYRAM, et al., 2013, SALOMÃO, 2004).

A condutividade elétrica consiste na capacidade de uma solução conduzir eletricidade em função da concentração iônica nela presente. Assim, ambientes com maior interferência antrópica possuem concentrações iônicas mais elevadas, enquanto que em ambientes naturais, onde há a ausência ou menor incidência de poluentes, ocorre o contrário (MARTINELLI et al., 1999).

O CID está diretamente ligado as características do solo e aparece em sua forma dominante nas águas superficiais na forma do íon bicarbonato (HCO_3) em rios que apresentam variação de pH entre 6 e 8, apresentando outras formas como o íon carbonato (CO_3) em situações de pH elevado e como CO_2 em águas de pH mais ácidos ou com altas contaminações oriundas de cargas orgânicas (MORTATTI, 2006).

Desta forma pode-se dizer então que os sedimentos carregados para dentro dos corpos hídricos causam alterações na composição química das águas, sendo evidenciado neste estudo pelo aumento das concentrações de CE e CID.

Em áreas com menor cobertura vegetal ou com reflorestamentos jovens nas áreas de drenagem, as concentrações encontradas foram maiores e sofreram mais influência das precipitações. As faixas de vegetação ripária atuam como zona protetora e contribuem na redução da quantidade de nutrientes e sedimentos carregados para dentro dos corpos hídricos (UDAWATTA; GARRET; KALLENBACH, 2010). A presença de florestas nas áreas de drenagem reduz o risco de erosão pelas precipitações diretas e pelo escoamento superficial, reduz o assoreamento dos rios, e promove maior conservação dos solos, da biodiversidade e da qualidade das águas, quando comparadas a áreas de pastagens.

Muitos autores citam a mata ripária como elemento de suma importância para manter a estabilidade das margens e da qualidade das águas dos corpos hídricos (SCHULTZ et al., 2004; KRUSCHE et al., 2005; STUDINSKI et al., 2012).

As ações de reflorestamento nas nascentes do projeto “Conservador das Águas” apresentaram potencial significativo no que tange a prestação de serviços ambientais. Uma vez que a ideia básica de PSA consiste no aumento da provisão de um ou mais serviços ambientais em comparação a um cenário hipotético sem PSA, os resultados apresentados demonstram fortes indícios de que as áreas de drenagem reflorestadas auxiliam na manutenção das águas micro-bacia do Ribeirão das Posses.

Os programas de pagamentos por serviços ambientais são estratégicos para valorar as matas ripárias e promover conjuntamente a recuperação de áreas estratégicas impactadas.

Uma vez que a necessidade de conservação dos recursos hídricos é de suma importância para a estruturação de nossa sociedade, projetos que provenham estes serviços aos cidadãos devem ser cada vez mais estudados e aplicados.

O projeto “Conservador das Águas”, bem como o programa “Produtor de Água”, da Agência Nacional de Bacias (ANA) desenvolvem diversas ações que buscam a redução da erosão e assoreamento dos riachos e conseqüentemente a melhoria da qualidade de água nas bacias.

Vale ressaltar que estudos realizados em áreas de PSA ainda são escassos e dificultam a comparação de resultados de forma mais precisa. Porém a cada ano que passa os projetos existentes vão se tornando mais robustos e agregam novos estudiosos interessados em compreender o funcionamento destes sistemas, colaborando desta forma para a divulgação e estruturação de novos programas que fomentem as ações de PSA e suas funcionalidades.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que dentre os parâmetros avaliados até o presente momento, a CE e o CID apresentaram-se como possíveis parâmetros de qualidade da água que poderão ser enquadrados como os indicadores de alteração, em função das nascentes e remanescentes da micro-bacia do Ribeirão das Posses, em áreas de PSA, uma vez que as correlações entre as porcentagens de vegetação e os valores médios destes parâmetros, foram representativos em 67% e 85% dos casos, respectivamente, no período chuvoso, e de 90% e 86% dos casos, respectivamente, no período seco. Correlações positivas e significativas também foram encontradas em relação às nascentes das bacias das Posses e Salto, quando correlacionados estes dois parâmetros. Essas análises foram representativas em 80% dos casos para o período chuvoso, e em 89% dos casos para o período seco, evidenciando a influência do entorno nas concentrações médias das nascentes e remanescentes.

As análises de DBO realizadas apresentaram uma correlação com as características do entorno das áreas, podendo desta maneira contribuir para análises mais precisas de futuros parâmetros indicadores.

Os resultados demonstraram que os dados analisados corroboram parcialmente a hipótese levantada durante o desenvolvimento do projeto, indicando que apenas alguns parâmetros apresentaram variações significativas de acordo com a presença de vegetação arbórea, desenvolvimento dos reflorestamentos e o isolamento no entorno das nascentes. As ações do projeto de PSA em Extrema reduzem o aporte de sedimentos e nutrientes causados pelas ações antrópicas de uso e ocupação do solo, assim como os efeitos das precipitações apresentadas neste estudo. O isolamento, a presença de vegetação do entorno e seu estado de desenvolvimento, reduzem os efeitos causados pelo carreamento destes nutrientes, sedimentos e cargas orgânicas.

Fica evidente que devemos analisar de forma diferenciada os pontos onde foram realizadas as coletas. Em nascentes, as respostas às variações de CE e DIC apresentaram-se como um bom indicador de acordo com o grau de desenvolvimento e porcentagem de cobertura arbórea na área de drenagem dos PSA. No caso da foz do Ribeirão das Posses, dos efeitos das precipitações, e o seu reflexo no Rio Jaguari, pôde-se observar que a melhor resposta foi no uso do parâmetro de COD e

CID que possibilitaram diagnosticar as influências do entorno do ribeirão, porém de forma menos precisa.

Para que se possam compreender os reais efeitos das ações de PSA no município de Extrema, novos estudos que complementem e deem continuidade as análises em maior escala de tempo, são de suma importância para compreender a complexidade destes sistemas nas micro-bacias.

Apesar da necessidade da continuidade de estudos em maior escala de tempo, pode-se observar que alguns parâmetros apresentaram informações relevantes que demonstram a possibilidade de seu uso como potencial indicador de melhora na qualidade das águas das micro-bacias, justificando assim as ações realizadas no Município de Extrema, MG, pelo Projeto “Conservador das Águas”.

REFERÊNCIAS

- AVILA, B.B. **Relação entre o uso e manejo do solo em uma bacia rural e a contribuição de nitrogênio, fósforo e sedimentos a corpos hídricos**. 2005. 114p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2005.
- BAYRAM A.; ONSOY, H.; BULUT, V.N.; AKINEI, G. Influences of urban wastewaters on the stream water quality: a case study from Gumushane Province, Turkey. **Environmental Monitoring Assessment**, Orono, v.185, p.1285–1303. 2013.
- BIGGS, T.W.; DUNNE, T.; DOMINGUES, T.F.; MARTINELLI, L.A. Relative influence of natural watershed properties and human disturbance on stream solute concentrations in the southwestern Brazilian Amazon basin. **Water Resources Research**, San Francisco, v.38, 8p, 2002.
- BIGGS; T.W.; DUNNE, T.; MURAOKA, T. Transport of Water, Solutes, and Nutrients from a pasture hillslope, southwestern Brazilian Amazon. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 20, p. 2527-2547, 2006.
- BOTELHO, R.G.; ROSSI, M.L; MARANHO, L.A; OLINDA, R.A.; TORNISIELO, V.L. Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Piracicaba River (São Paulo, Brazil). **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg. v.20, p.4382-4395, 2013.
- CHOMITZ, K.M.; BRENES, E.; CONSTANTINO, L. Financing environmental services: the Costa Rican experience and its implications. **The Science of The Total Environment**. v. 240, p. 157-169, 1999.
- DAILY, G.C. **Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems**. Washington D.C.: Island Press, 1997. 392p.
- FERRAZ, S.F.B; PAULA, F.R.; VETORAZZI, C.A. Incorporação de indicadores de sustentabilidade na priorização de áreas para restauração florestal na bacia do Rio Corumbataí. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.937-947, 2009.
- FORJAZ, C. R. H. **Água: Substância da Vida: o mundo da água**. São Paulo: Ed. Do autor, 2007. 222p.
- GARCIA, J.I.B. **Monitoramento hidrológico e modelagem da drenagem urbana da bacia hidrográfica do Arroio Cancela**. 2005. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio grande do Sul, 2005.
- HARMANCIOGLU, N.B.; OZKUL, S.A.; ALPASLAN, M.N. Water monitoring and network design. In: HARMANCIOGLU, N.B.; SINGH, V.P.; ALPASLAN, M.N. (Ed.) **Environmental data management**. The Hague: Kluwer Academic Publishers, 1998. p.61-100. (Water Science Technology Library, 27).

KAISER, A. D.; UNGERA, D.; QIUB, G. ZHOUB, H.; GANC, H. Natural and human influences on nutrient transport through a small subtropical Chinese estuary. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.167, p. 450–451, 2013

KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, M.V.R.; VICTORIA, R.L.; BERNARDES, M.C.; LEITE, N.K.; HANADA, L.; VICTORIA, D.C.; TOLEDO, A.M.; OMETTO, J.P.; MOREIRA, M.Z.; GOMES, B.M.; BOLSON, M.A.; GOUVEIA NETO, S.; BONELLI, N.; DEEGAN, L.; NEILL, C.; THOMAS, S.; AUFDENKAMPE, A.K.; RICHEY, J.E. Efeitos das Mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n.2, p. 197-205, 2005.

LEITÃO FILHO, H.F. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, Piracicaba, n.16, p.197-206,1982

_____. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n.35, p.41-46, 1987.

MALMQVIST, B.; RUNDLE, S. Threats to the running water ecosystems of the world. **Foundation for Environmental Conservation**, Switzerland, v.29, p.134-140, 2002.

MARTINELLI, L.A.; KRUSCHE, A.V.; VICTORIA, R.L.; CAMARGO, P.B.; BERNARDES, M.; FERRAZ, E.S.; MORAES, J.M.; BALLESTER, M.V. Effects of sewage on the chemical composition of Piracicaba River, Brazil. **Water, Air and Soil Pollution**, Dordrecht, v.110, p.67-79, Feb. 1999.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia. e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, p 33-38. out/dez 2002

MEYBECK, M. (2003). Global analysis of river systems : from earth system controls to Anthropocene controls., **Philosophical Transactions of the Royal Academic London B: Biological Sciences**,v.358, n.1440, p. 1935-1955, 2003.

MORTATTI, J.; OLIVEIRA, H.; BIBIAN, J.P.; LOPES, R. A.; BONASSI, J.A.; PROBST, J.L. Origem do Carbono Inorgânico Dissolvido no Rio Tietê (São Paulo): Reações de equilíbrio e variabilidade temporal. **Geochimica Brasiliensis**, Piracicaba, 20, n.3 p. 267-277, Set. 2006.

MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 88p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SALOMÃO, M.S.M.B. **Biogeoquímica de rios do Estado de São Paulo com bacias de drenagem apresentando diferentes características de ocupação do solo**. 2004. 125p. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SCHULTZ, R.C.; ISENHART, T.M.; SIMPKINS, W.W.; COLLETTI, J.P. Riparian forest buffers in agrossystems – lessons learned from the Bear Creek Watershed, central Iowa, USA. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 61, p. 35-50, 2004.

SCHWENDENMANN, L.; VELDKAMP, E. The role of dissolved organic carbon, dissolved organic nitrogen, and dissolved inorganic nitrogen in a tropical wet forest ecosystem. **Ecosystems**, New York, v. 8, p. 339-351, June 2005.

SILVA, D.M.L. **Dinâmica de nitrogênio em microbacias do Estado de São Paulo**. 2005. 106p. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, M.A.; LIMA, G.C.; SILVA, M.L.N.; FREITAS, D.A.F.; OLIVEIRA, A.H.; SANTOS, W.J.R.; PEREIRA, P.H.; VEIGA, F. Levantamento de solos e diagnóstico da degradação do solo e da água em função do uso. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 17.; 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/produagua/>. Acesso em: 09 jan. 2013.

STUDINSKI, J.M.; HARTMAN, K.J.; NILES, J.M.; KEYSER, P. The effects of riparian forest disturbance on stream temperature, sedimentation, and morphology. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 686, p. 107-117, 2012.

OMETTO, J.P.H.B.; MARTINELLI, L.A.; BALLESTER, M.V.; GESSNER, A., KRUSCHE, A.V.; VICTORIA, R.L. Effects of land-use on water chemistry composition and macroinvertebrates population in two streams of the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. **Freshwater Biology**, Oxford, v.44, n.2, p.327-338, June 2000.

THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Eds.). The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. **The Netherlands: Backhuys Publishers**. 2004. 393p.

TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI : Enfrentando a Escassez**. 2.ed. São Carlos: RiMa, IIE, 2005. 248p.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Potential impacts of changes in the forest law in relation to water resources. **Biota Neotropica** (Edição em português. Impresso), v. 10, p. 68-75, 2010.

TURNER, R.E.; RABALAIS, N.N. Linking landscape and water quality in the Mississippi river basin for 200 years. **Bioscience**, v.53, p.563-572, 2003

UDAWATTA, R.P.; GARRET, H.E.; KALLENBACH, R.L. Agroforestry and grass buffer effects on water quality in grazed pastures. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 79, p. 81-87, Feb. 2010.


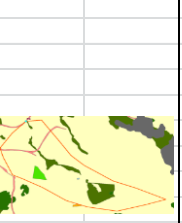

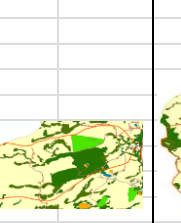
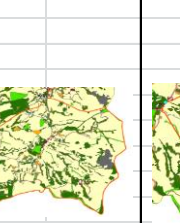
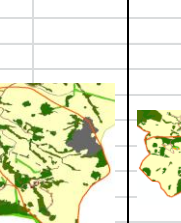
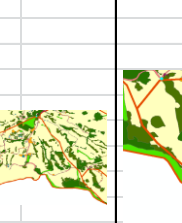

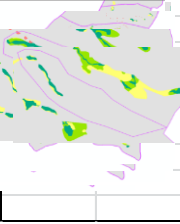
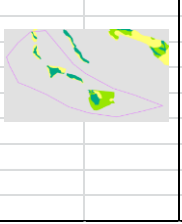
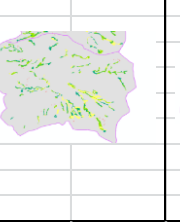
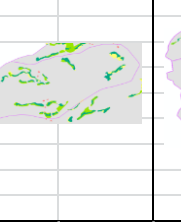
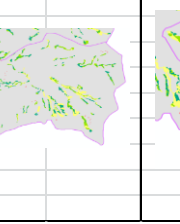
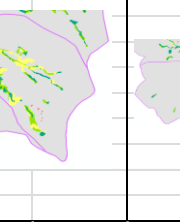
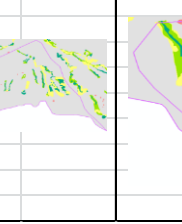
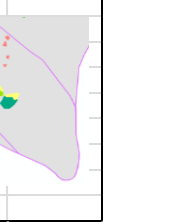
WUNDER, S. Payments for environmental services: some nuts and bolts. **CIFOR Occasional Paper**, Indonesia n. 42, 24 p., 2005.

ZOLIN, C.A. Análise e otimização de projetos de pagamentos por serviços ambientais (PSA) utilizando sistemas de informações geográficas (SIG) – o caso de município de Extrema, MG. 2010. 128p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

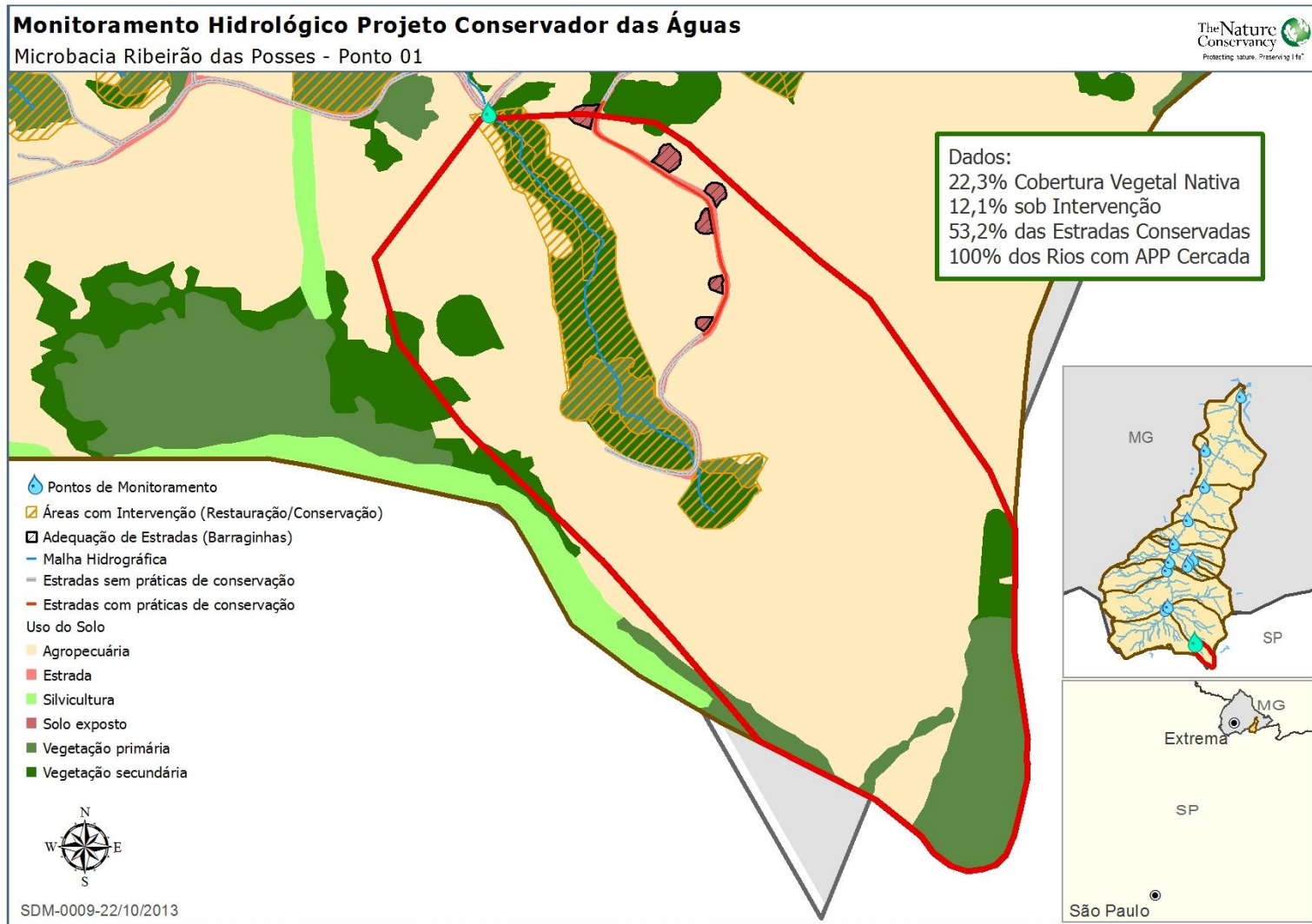
ANEXOS

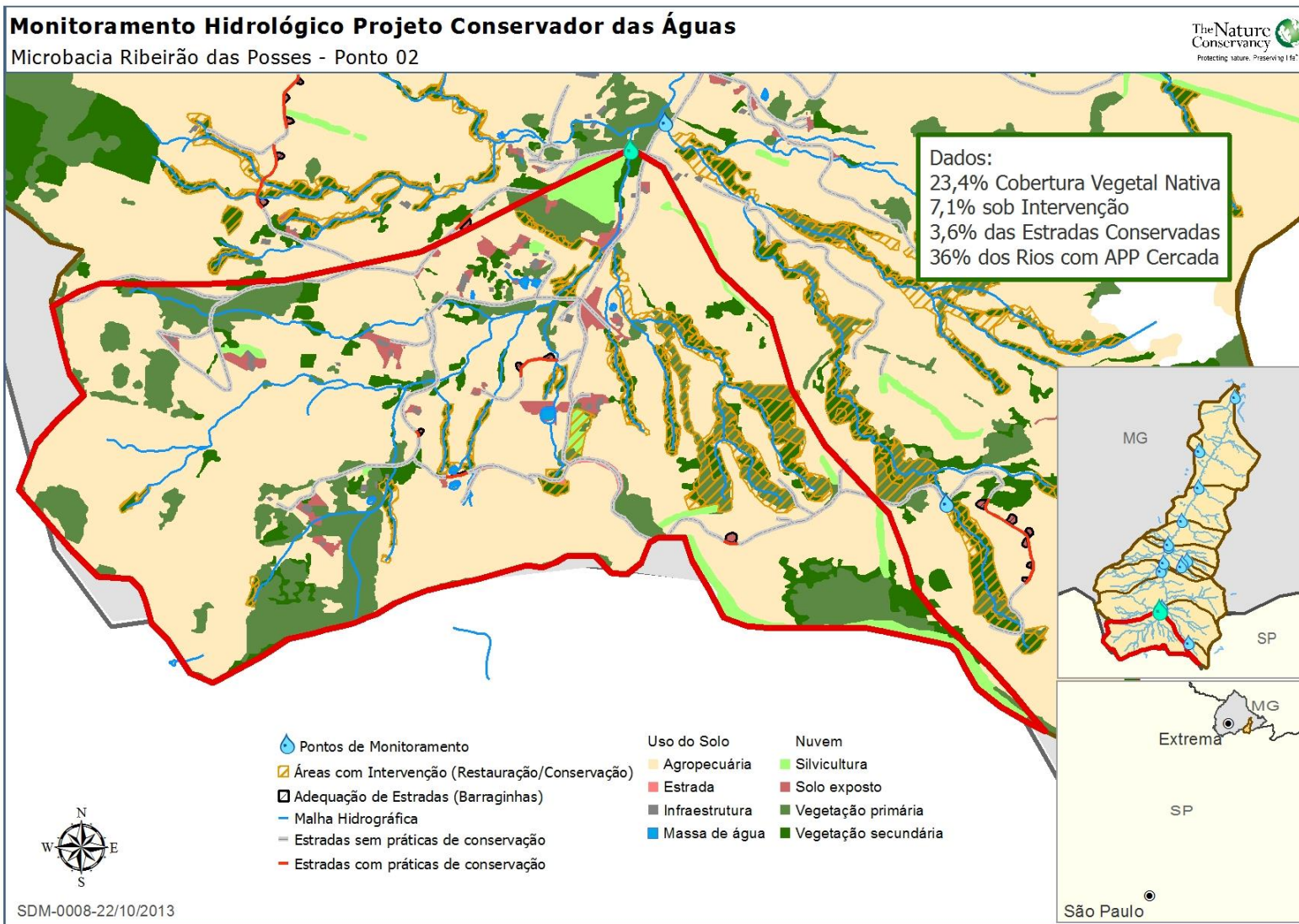
ANEXO A - Tipos de uso da terra e área de ocupação por ponto de monitoramento hidrológico qualitativo na Micro-Bacia do Ribeirão das Posses

	Pt14		Pt13		Pt12		Pt11		Pt06		Pt07		Pt17	
	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%
Uso da terra														
Agropecuária	830,05	69,7	7,93	81,6	652,99	70,1	559,69	69,5	2,89	37,8	500,48	69,8	7,81	56,8
Estrada	25,72	2,2	0,18	1,9	20,09	2,2	17,3	2,1	0,11	1,4	13,7	1,9	0,17	1,2
Infraestrutura	4,53	0,4	0	0,0	3,38	0,4	2,48	0,3	0,14	1,8	2,02	0,3	0	0,0
Massa de água	2,04	0,2	0	0,0	1,25	0,1	0,95	0,1	0,03	0,4	0,81	0,1	0	0,0
No data	0,11	0,0	0	0,0	0,11	0,0	0,11	0,0	0	0,0	0,11	0,0	0	0,0
Nuvem	13,47	1,1	0	0,0	10,87	1,2	10,87	1,3	0	0,0	10,87	1,5	3,86	28,1
Silvicultura	25,02	2,1	0	0,0	22,99	2,5	19,82	2,5	0	0,0	15,11	2,1	0	0,0
Solo exposto	16,48	1,4	0	0,0	11,62	1,2	10,24	1,3	0,62	8,1	8,88	1,2	0,04	0,3
Vegetação primária	160,16	13,5	1,09	11,2	119,31	12,8	103,46	12,8	3,14	41,0	91,13	12,7	0,06	0,4
Vegetação secundária	112,84	9,5	0,52	5,3	89,47	9,6	80,74	10,0	0,72	9,4	73,44	10,2	1,82	13,2
Total	1190,42	22,9	9,72	16,6	932,08	22,4	805,66	22,9	7,65	50,5	716,55	23,0	13,76	13,7
Intervenção														
Regeneração natural	24,16		0,47		20,94		19,68		0		19,19		0,53	
Cercamento	37,37		1,05		27,88		21,25		0		19,57		1,28	
Restauração	23,33		0		20		19,82		0		19,82		0,94	
Conservação do solo	0,9		0		0,9		0		0		0		0	
Total	85,76	7,2	1,52	15,6	69,72	7,5	60,75	7,5	0	0,0	58,58	8,2	2,75	20,0
No. de barraginhas	84		0		77		76		0		61		3	
Km lineares de estradas	50,01		0,32		38,88		33,00		0,22		26,15		0,39	
Km lineares de estradas conservadas	3,55	7,1	0	0,0	3,16	8,1	3,14	9,5	0	0,0	2,60	9,9	0,08	21,0
Km lineares de rios	57,86		0,26		47,18		42,72		0,56		38,00		0,74	
Km lineares de rios conservados	27,18	47,0	0,24	93,7	23,21	49,2	21,41	50,1	0	0,0	20,57	54,1	0,72	97,5

																
	Pt05		Pt04		Pt08		Pt09		Pt10		Pt03		Pt02		Pt01	
Uso da terra	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%
Agropecuária	8,59	93,2	9,14	86,3	415,78	71,5	53,35	64,4	358,99	72,8	89,93	73,5	99,36	68,6	13,7	75,8
Estrada	0,03	0,3	0,14	1,3	10,04	1,7	1,16	1,4	8,61	1,7	1,32	1,1	3,23	2,2	0,24	1,3
Infraestrutura	0	0,0	0,01	0,1	1,57	0,3	0,09	0,1	1,38	0,3	0,09	0,1	0,61	0,4	0	0,0
Massa de água	0	0,0	0	0,0	0,64	0,1	0,04	0,0	0,59	0,1	0,02	0,0	0,23	0,2	0	0,0
No data	0	0,0	0	0,0	0,11	0,0	0,06	0,1	0,06	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Nuvem	0	0,0	0	0,0	7,01	1,2	0	0,0	7,01	1,4	6,26	5,1	0,07	0,0	0	0,0
Silvicultura	0	0,0	0,19	1,8	13,93	2,4	3,89	4,7	10,02	2,0	0,85	0,7	4,77	3,3	0	0,0
Solo exposto	0	0,0	0	0,0	6,44	1,1	0,27	0,3	6,06	1,2	0,5	0,4	2,68	1,8	0,11	0,6
Vegetação primária	0,17	1,8	0,02	0,2	72,76	12,5	16,58	20,0	55,13	11,2	12,1	9,9	22,42	15,5	1,94	10,7
Vegetação secundária	0,43	4,7	1,09	10,3	52,98	9,1	7,39	8,9	45,43	9,2	11,33	9,3	11,55	8,0	2,09	11,6
Total	9,22	6,5	10,59	10,5	581,26	21,6	82,83	28,9	493,28	20,4	122,4	19,1	144,92	23,4	18,08	22,3
	Pt05		Pt04		Pt08		Pt09		Pt10		Pt03		Pt02		Pt01	
Intervenção	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%	hectares	%
Regeneração natural	0,25		0,49		14,71		3,37		11,34		2,62		3,39		0,35	
Cercamento	0,13		0,42		16,02		1,36		14,66		6,26		5,17		0,65	
Restauração	0		0,55		14,12		2,38		11,74		4,02		1,62		1,07	
Conservação do solo	0		0		0		0		0		0		0		0	
Total	0,38	4,1	1,46	13,8	44,85	7,7	7,11	8,6	37,74	7,7	12,9	10,5	10,18	7,0	2,07	11,4
No. de barraginhas	0		0		32		8		24		6		5		6	
Km lineares de estradas	0,08		0,29		19,39		2,63		16,31		3,01		5,71		0,46	
Km lineares de estradas conservadas	0	0,0	0	0,0	1,48	7,6	0,39	14,8	1,09	6,7	0,26	8,5	0,21	3,6	0,24	53,2
Km lineares de rios	0,39		0,57		29,78		4,32		25,08		5,23		8,13		0,43	
Km lineares de rios conservados	0,25	64,4	0,46	80,5	15,93	53,5	2,45	56,8	13,48	53,7	3,58	68,5	2,93	36,0	0,43	100,0
																

ANEXO B - Mapas descritivos da área de drenagem por ponto de monitoramento hidrológico qualitativo na micro-bacia do Ribeirão das Posses

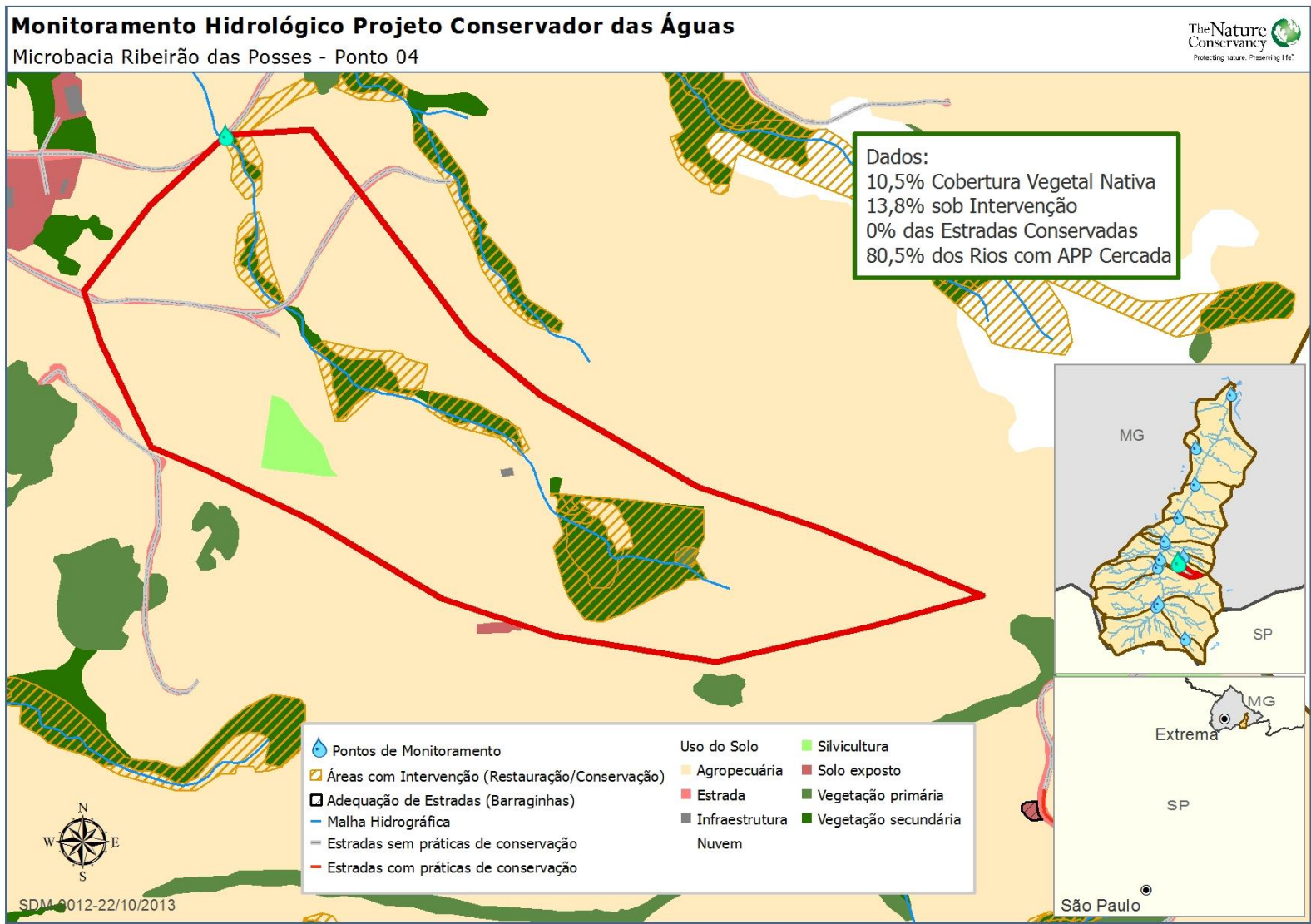


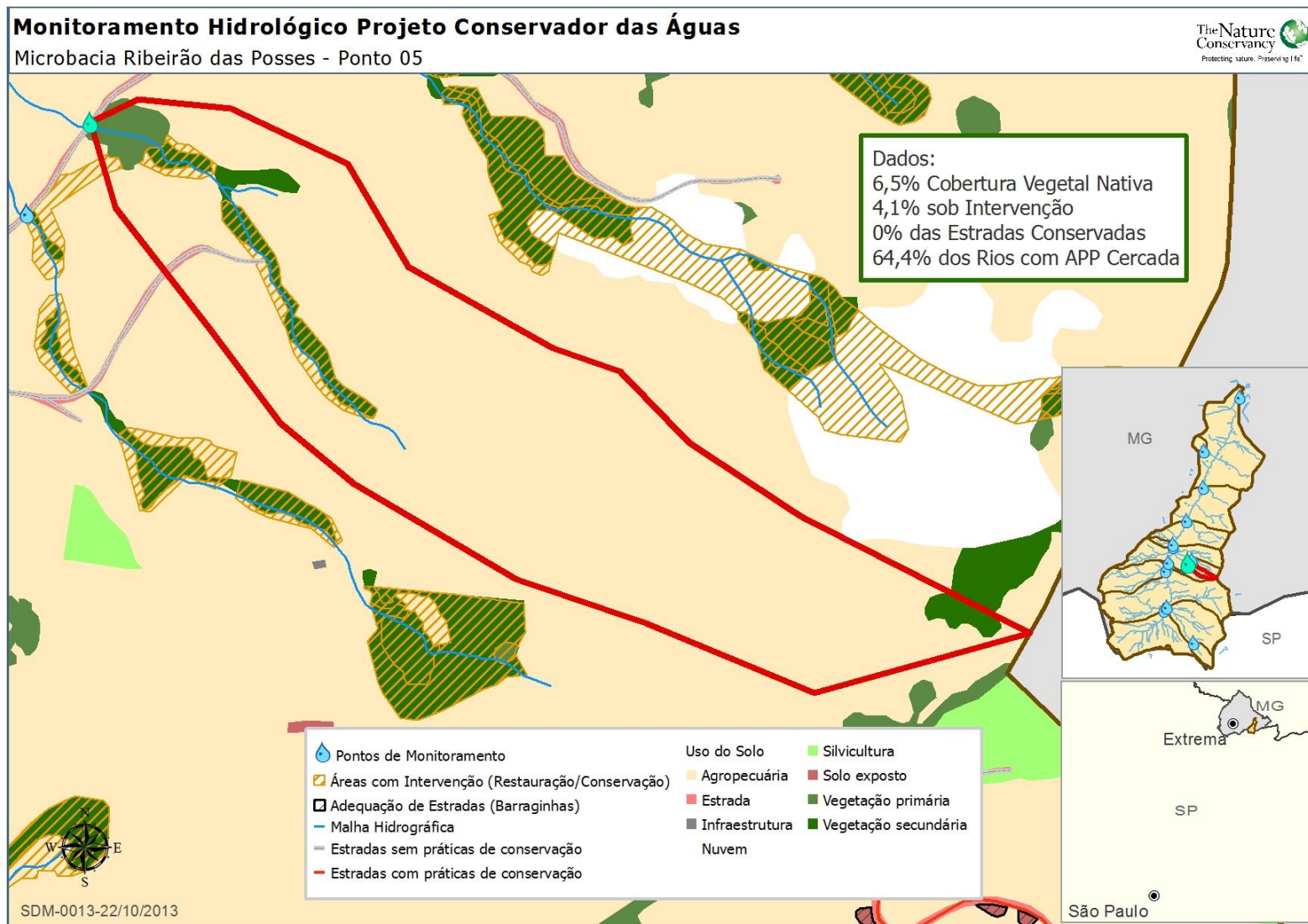


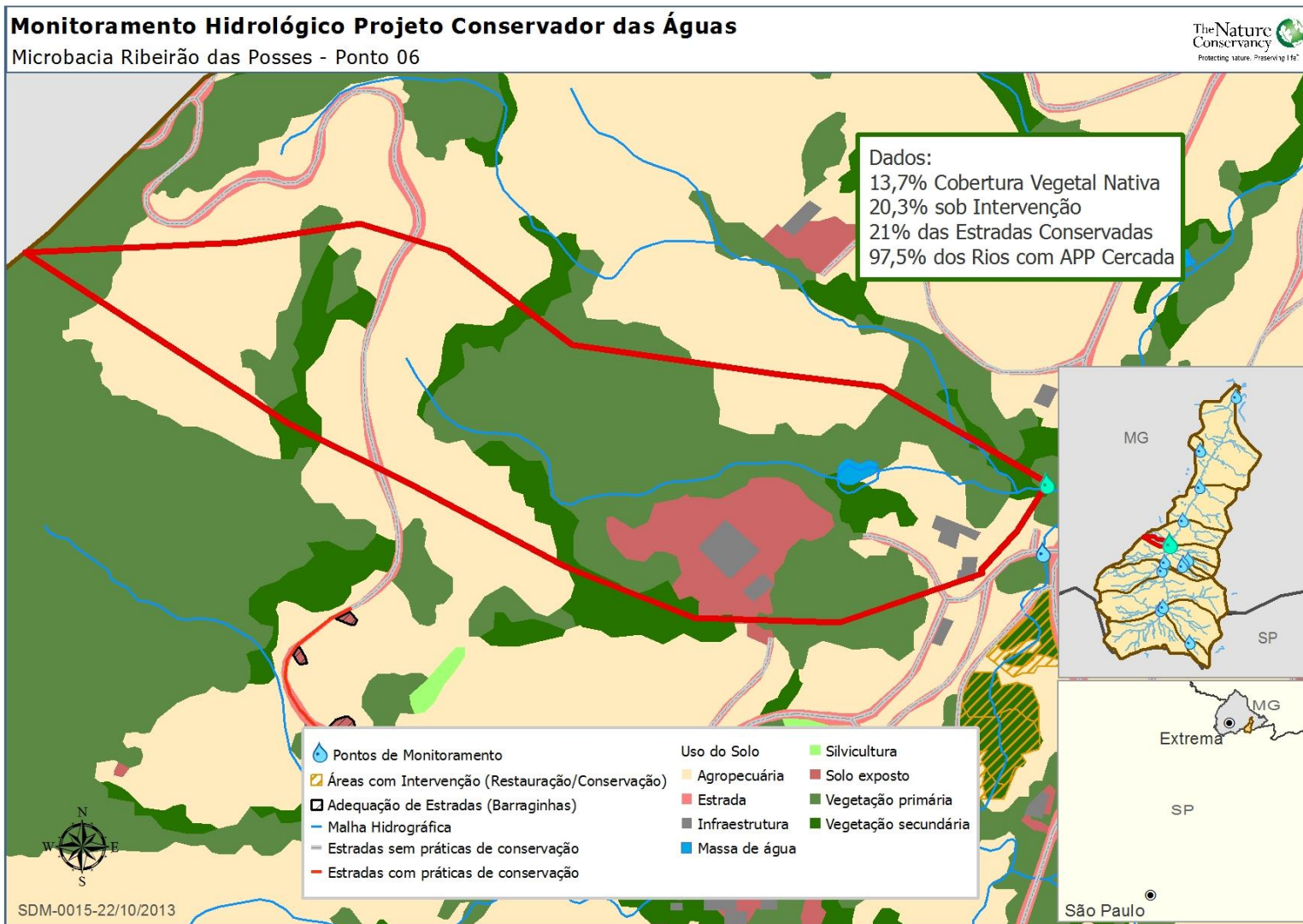
Monitoramento Hidrológico Projeto Conservador das Águas

Microbacia Ribeirão das Posses - Ponto 03









Monitoramento Hidrológico Projeto Conservador das Águas

Microbacia Ribeirão das Posses - Ponto 07



- Pontos de Monitoramento
- Áreas com Intervenção (Restauração/Conservação)
- Adequação de Estradas (Barraginhas)
- Malha Hidrográfica
- Estradas sem práticas de conservação
- Estradas com práticas de conservação
- Uso do Solo
 - Agropecuária
 - Estrada
 - Infraestrutura
 - Massa de água
 - Sem informação
 - Nuvem
 - Silvicultura
 - Solo exposto
 - Vegetação Primária
 - Vegetação secundária

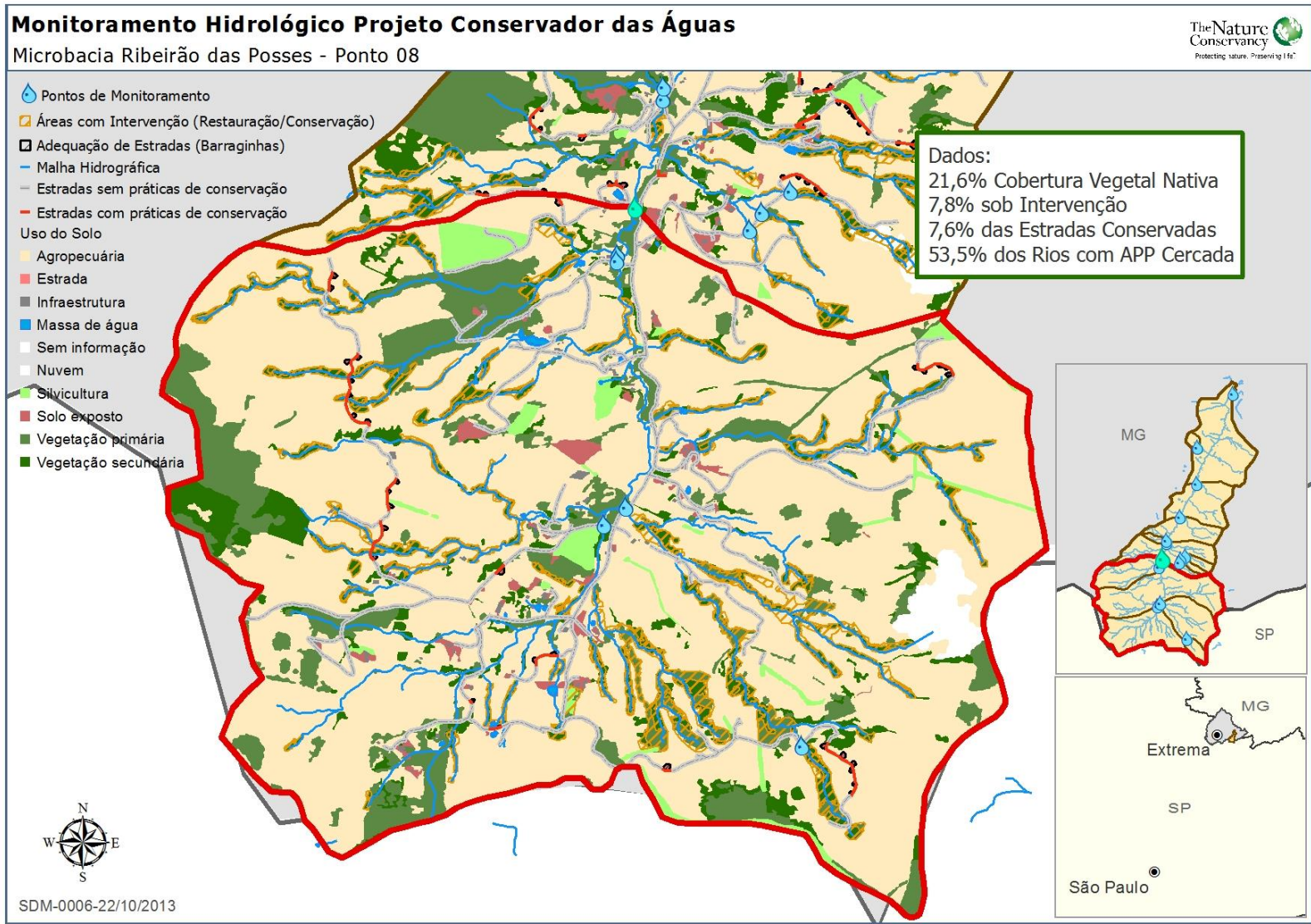


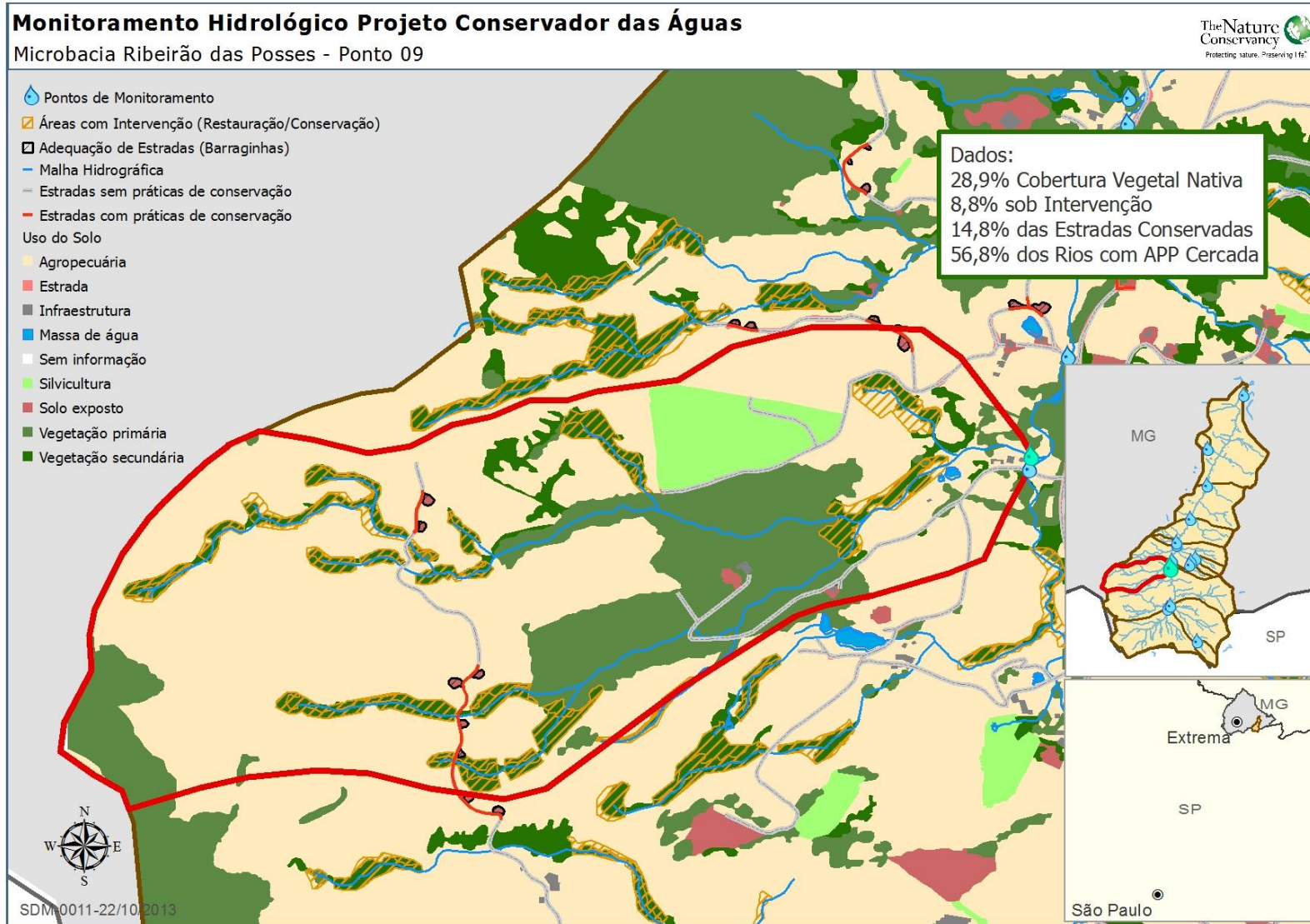
Dados:
 23% Cobertura Vegetal Nativa
 8,3% sob Intervenção
 9,9% das Estradas Conservadas
 54,1% dos Rios com APP Cercada

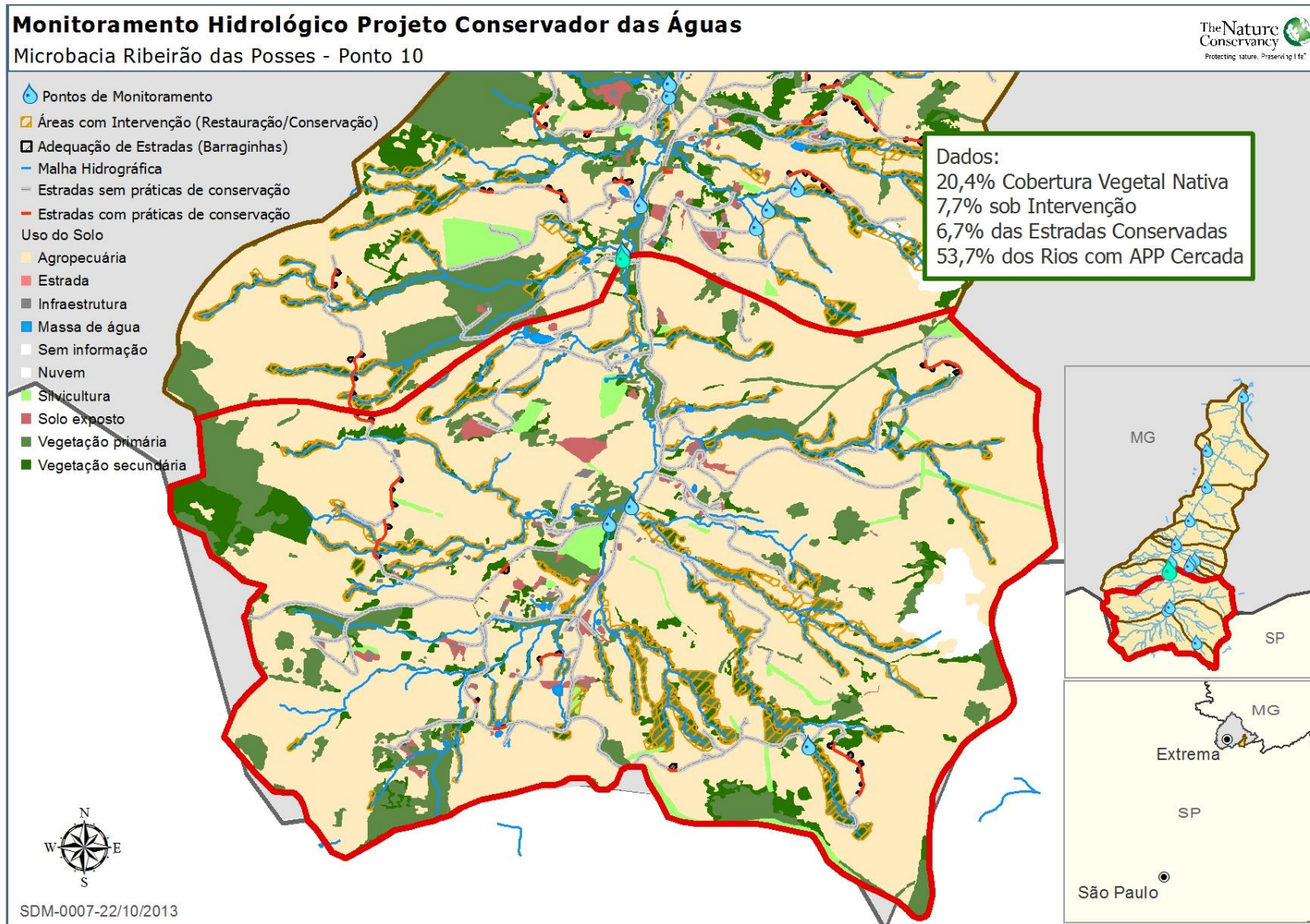


SDM-0005-22/10/2013









Monitoramento Hidrológico Projeto Conservador das Águas

Microbacia Ribeirão das Posses - Ponto 11

