

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE HÍDRICA E MORFOMETRIA DA
MICROBACIA DO CÓRREGO DA FAZENDA GLÓRIA,
TAQUARITINGA - SP**

Michele Cláudia da Silva

Engenheira Agrônoma

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE HÍDRICA E MORFOMETRIA DA
MICROBACIA DO Córrego da Fazenda Glória,
TAQUARITINGA - SP**

Michele Cláudia da Silva

Engenheira Agrônoma

Orientadora: Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

2014

S586q Silva, Michele Cláudia da
Qualidade hídrica e morfometria da Microbacia do Córrego da
Fazenda Glória, Taquaritinga – SP / Michele Cláudia da Silva. –
Jaboticabal, 2014
viii, 74 p. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Banca examinadora: Renato Farias do Valle Junior, José Eduardo
Pitelli Turco, Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo, João Antônio
Galbiatti
Bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Morfometria. 3. Manejo do solo. 4. Estado
trófico. 5. Sazonalidade. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.4:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: QUALIDADE HÍDRICA E MORFOMETRIA DA MICROBACIA DO CÔRREGO
DA FAZENDA GLÓRIA, TAQUARITINGA - SP

AUTORA: MICHELE CLÁUDIA DA SILVA**ORIENTADORA: Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG

Prof. Dr. JOSE EDUARDO PITELLI TURCO

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. MARIA TERESA VILELA NOGUEIRA ABDO

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Pindorama/SP

Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 10 de dezembro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MICHELE CLÁUDIA DA SILVA, nascida em 30 de julho de 1984, em Aquidauana, Estado de Mato Grosso do Sul. É Engenheira Agrônoma, formada na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, câmpus de Aquidauana - MS (2007). Mestre em Agronomia, no Programa de Sistemas de Produção na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, câmpus de Ilha Solteira – SP (2010). Em Agosto de 2010 ingressou no curso de Doutorado em Ciência do Solo na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal – SP, realizando parte de seu trabalho no Tropical Research and Education Center (TREC)/ University of Florida-USA.

“Tanto que choveu
Tanto que molhou
Coração se encheu de amor e transbordou
Água que correu ribeirão levou
Foi pro oceano e lá se evaporou”

Almir Sater

À Ciena da Silva, mãe, companheira e amiga sempre...

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo incentivo e ajuda em todos os momentos;

À UNESP e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso;

À professora Teresa Cristina Tarlé Pissarra pelo apoio, dedicação e orientação na realização deste e outros trabalhos;

Aos funcionários Luís Claudio da Silva, Ronaldo José de Barros e Izilda Maria Carvalho Maximo, pelo auxílio nas coletas de campo e na confecção dos mapas utilizados neste trabalho;

Aos Professores, Funcionários e Colegas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal, pelo auxílio e pelas atividades realizadas neste trabalho;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo;

E um agradecimento especial a três anjos que vieram em meu auxílio, mostrando que nunca estamos sozinhos. Meu muito obrigado ao meu esposo Fabricio Castellini, à prof.^a Maria Cristina Thomaz e a minha eterna “Amélie Poulain” Aline Trevisan Braz.

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Recursos Hídricos	3
2.2. Nascente	4
2.3. Qualidade do Recurso Hídrico	5
2.4. Influência do Uso do Solo no Recurso Hídrico	6
2.5. Dinâmica do Fósforo no Recurso Hídrico	8
2.6. Fósforo e Eutrofização	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Caracterização da Área Experimental	13
3.1.1. Clima	14
3.1.2. Geologia e Geomorfologia	15
3.1.3. Solo e Vegetação	15
3.2. Material	16
3.3. Métodos	16
3.3.2. Uso do Solo na Microbacia Hidrográfica	16
3.3.2. Coleta e Análise do Recurso Hídrico	19
3.4. Análise Estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Morfometria e Uso e Ocupação do Solo	25
4.2. Recurso Hídrico	35
4.3. Análise Multivariada	46
5. CONCLUSÕES	56
6. REFERÊNCIAS	57

QUALIDADE HÍDRICA E MORFOMETRIA DA MICROBACIA DO CÓRREGO DA FAZENDA GLÓRIA, TAQUARITINGA - SP

RESUMO - Este trabalho teve como objetivos analisar morfometricamente a bacia hidrográfica, avaliar as dinâmicas espacial e temporal de variáveis físico-químicas da água da rede de drenagem e suas influências aos sistemas produtivos localizados nas vertentes da microbacia do Córrego da Fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP, no intuito de verificar a alteração ambiental em relação ao uso/ocupação do solo e o estado trófico das águas. Foram selecionados sete microbacias (M1 a M7) e quatro pontos na foz (F1 a F4), para a coleta de água e análise do uso do solo, no período de dois anos (Agosto de 2010 a Julho de 2012). As variáveis analisadas foram: temperatura (T°C), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez (T), oxigênio dissolvido (OD), a concentração do Fósforo (P) Total e o estado trófico do recurso hídrico. Os dados foram submetidos à análise estatística multivariada, exceto o fósforo, que foi analisado mediante análise descritiva. O monitoramento do recurso hídrico apresentou estreita relação entre as variáveis SDT e CE, com maior evidência em relação ao ambiente da microbacia M2. O cultivo de cana-de-açúcar na maioria dos pontos amostrados foi predominante, seguido de áreas alagadas ou de várzea. O grau de eutrofização foi de eutrófico à hipereutrófico. A análise multivariada mostrou que a proporção da variância total retida nos dois primeiros fatores foi de 70,79% (CP1=39,08%; CP2=31,71%). O fator CP1 mostrou correlação positiva entre as variáveis SDT e CE, evidenciando processo de escoamento superficial. O fator CP2 mostrou correlação negativa para a variável T em relação ao OD, mostrando o efeito da sazonalidade.

PALAVRAS-CHAVE: manejo do solo, estado trófico, análise multivariada.

WATER QUALITY AND MORPHOMETRY OF WATERSHED CÓRREGO DA FAZENDA GLÓRIA, TAQUARITINGA - SP

ABSTRACT - This study aimed to analyze morphometric the basin, evaluate the spatial and temporal dynamics of physical-chemical parameters of water drainage network and its influences to production systems located on the slopes of the watershed of Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga , SP, in order to verify the environmental change from the use / land cover and the trophic status of waters. Seven watersheds were selected (M1 to M7) and four points at the mouth (F1 to F4), to collect water and land use analysis, the two-year period (August 2010 to July 2012). The variables analyzed were: temperature (T°C), pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), turbidity (T), dissolved oxygen (DO), the concentration of phosphorus (P) Total and the trophic state of the resource water. The data were subjected to multivariate statistical analysis, except the match, which was analyzed by descriptive analysis. The monitoring of water resources showed a close relationship between the SDT and EC variables, more evident in relation to M2 watershed environment. The cane sugar cultivation in most of the points was predominant, followed by wetlands or floodplains. The degree of eutrophication was eutrophic to hypereutrophic. Multivariate analysis showed that the proportion of the total variance retained in the first two factors was 70.79% (CP1 = 39.08%; CP2 = 31.71%). The CP1 factor showed a positive correlation between SDT and EC variables, showing runoff process. The CP2 factor negatively correlated to the T variable in relation to OD, showing the effect of seasonality.

KEYWORDS: soil management, trophic status, multivariate analysis.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos diversas pesquisas têm sido realizadas para investigar o problema da melhoria da qualidade da água para seus usos múltiplos, levando à identificação das fontes poluidoras.

O monitoramento do recurso hídrico é importante para compreender o reflexo das atividades de manejo das práticas agropecuárias e detectar estas possíveis fontes. Para compreender os processos que interferem na qualidade hídrica é necessário, primeiramente, conhecer as características físicas da bacia hidrográfica e compreender a relação existente entre os fenômenos do escoamento superficial das águas das chuvas e tipo de solo, cobertura vegetal e ação antrópica.

A qualidade do recurso hídrico é uma consequência destes fenômenos, os quais ocorrem nas vertentes das bacias de drenagem. Uma vez que as microbacias são unidades territoriais onde interagem os fatores ambientais e antrópicos, é necessário compreender o uso do solo e o manejo realizado para verificar a dinâmica do recurso hídrico nas suas propriedades físicas e químicas da água.

A temperatura é um importante fator modificador da qualidade da água, pela sua influência direta sobre o metabolismo dos organismos aquáticos e pela relação com os gases dissolvidos. O pH reflete no tipo de solo por onde a água percorre até chegar no leito principal, evidenciando a importância de observar as atividades exercidas na bacia. O parâmetro da condutividade elétrica contribui para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem, muitas vezes ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, esgotos e atividades agrícolas.

O fósforo caracteriza os processos de eutrofização dos recursos hídricos. Neste processo ocorrem as relações complexas com as características de qualidade da água e a entrada ou saídas deste elemento. A análise trófica da água revela o incremento de nutrientes que causam desequilíbrio da biota aquática e no sistema aberto da bacia.

Nesse contexto, insere-se a importância do estudo na microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, no município de Taquaritinga/ SP, em cuja área denota-se fragmentos de mata atlântica e atividade agrícola intensa. Tais atividades

têm promovido alterações ambientais, resultando em degradação das nascentes e comprometimento da qualidade da água.

Considerando os problemas derivados do processo de desenvolvimento agrícola da região, esta tese teve como objetivos analisar morfometricamente a bacia hidrográfica, avaliar as dinâmicas espacial e temporal de variáveis físico-químicas da água da rede de drenagem e suas influências aos sistemas produtivos, localizados nas vertentes da microbacia do Córrego da Glória, município de Taquaritinga, SP, no intuito de verificar a alteração ambiental em relação ao uso/ocupação do solo e o estado trófico das águas.

Os resultados servirão de subsídios para determinar indicativos de degradação ambiental, e para a elaboração de propostas no controle das práticas para estabelecer indicadores da qualidade da água (físicos, químicos e biológicos).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Morfometria

O desenvolvimento e evolução do processo que dá origem às formas do relevo e ao conjunto de rios de uma região são determinados por diversos fatores climáticos e geomorfológicos. Nesse processo, o clima influencia as alterações do meio físico modificando de modo contínuo as transformações geológicas que dão origem ao relevo, ao solo, à vegetação e que definem o traçado da hidrografia. A diferenciação das paisagens caracterizadas pelas formas de relevo em que estão inseridas as bacias hidrográficas, depende das condições de desenvolvimento do processo geomorfológico (PISSARRA, 2002).

A pesquisa científica ligada ao conhecimento do meio físico traz unido dois dos maiores braços do estudo da ciência terrestre: geomorfologia e hidrologia. A geomorfologia é o estudo das formas do terreno, incluindo suas histórias e processos de origem; a hidrologia é o estudo do complexo de escoamento da água na superfície terrestre, sendo esses dois inseparáveis para o estudo da formação da bacia hidrográfica (STRAHLER; STRAHLER, 1973).

A análise geomórfica quantitativa, ou morfometria de bacias hidrográficas requer, primeiramente, uma análise morfológica do terreno para que as formas dos elementos da paisagem possam ser separadas, descritas quantitativamente, e comparadas de região para região. Essa análise tem como objetivo principal desenvolver a compreensão das grandezas, nas relações entre a causa e o efeito que se estabelecem nos processos pedológico e hidrológico, na formação bacia hidrográfica (PISSARRA, 2002).

A bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica fundamental da superfície terrestre, sendo considerada pelos geomorfologistas e hidrologistas como principal unidade fisiográfica do terreno, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Constitui, portanto, uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido. A noção de bacia obriga, naturalmente, a existência de divisores d'água, cabeceiras ou nascentes, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, etc., bem como, uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos

solos predominantes (RUHE, 1975, CHRISTOFOLETTI, 1978, BRASIL, 1987, POLITANO, 1992).

De acordo com Horton (1945), a formação da bacia hidrográfica depende da natureza dos processos de escoamento e infiltração da água das chuvas, porque a relação infiltração/deflúvio influencia de modo determinante a ação de escavamento do vale. Essa formação é bastante complexa e a avaliação das características geomórficas quantitativas é de extrema importância para elucidar a relação entre a rede de drenagem e a bacia por ela drenada, bem como, para analisar as possibilidades e limitações quanto ao uso e manejo do solo.

A rede hidrográfica sempre despertou grande interesse de estudo para o homem. Isto deve-se ao fato de que a história da civilização sofreu grande influência com a associação “água e solo” e retirava desta combinação o seu sustento.

Entretanto, por longo tempo, este estudo se restringiu às descrições qualitativas e somente a partir da década de trinta, pesquisadores iniciaram as primeiras fundamentações teóricas relacionadas às análises qualitativas e quantitativas. A partir dos anos 40, principalmente com os trabalhos de Robert E. Horton, a análise quantitativa do desenvolvimento dos rios e das bacias hidrográficas, também chamada de análise morfométrica, é apresentada de modo global e organizada (HORTON, 1945).

Considerando que, os detritos das rochas intemperizadas associados ao escoamento da água na superfície terrestre são os agentes principais do desenvolvimento das formas das bacias e leito dos rios, há uma grande formação de tipos diferenciados de encostas (superfícies retilíneas, penhascos e vertentes). Todo esse processo é modificado por erosão e deposição, estabelecendo o equilíbrio entre a energia e resistência, formando a paisagem. Assim, o estudo quantitativo geomorfológico despertou grande interesse para a compreensão desse processo (PISSARRA, 2002).

Assim, a análise dimensional torna-se de grande valia em estudos geomorfológicos e oferece resultados profícuos na descrição e comparação das formas dos elementos da paisagem. No Brasil, final da década de 1960, França (1968), com o auxílio de fotografias aéreas, desenvolveu um trabalho com o objetivo de estudar a variação nas características de bacias hidrográficas e na composição, e nas características do padrão de drenagem de solos da região de Piracicaba, SP. O

autor mostrou a adequabilidade das bacias hidrográficas de 4^a e 5^a ordens de magnitude na discriminação das áreas de solos estudadas. Este trabalho foi considerado pioneiro, em pesquisas ligadas à aplicação da análise morfométrica em unidades homogêneas de solos, desencadeando diversas pesquisas que estabeleceram a correlação e o emprego dessa metodologia, nesse tipo de análise.

O trabalho de Christofolletti (1969) contribuiu com uma síntese sobre os vários aspectos da análise morfométrica das bacias de drenagem, destacando os principais estudos realizados em âmbito internacional e nacional até o final da década de sessenta.

Em seus livros publicados, Christofolletti (1974) e Ruhe (1975) forneceram noções fundamentais sobre a análise quantitativa das características geomórficas de bacias hidrográficas, contribuindo para a difusão deste assunto.

A morfometria diferenciada entre as sub-bacias, principalmente em termos de declividade, exposição do terreno e declividade média do curso d'água principal, indica um provável comportamento hidrológico também diferenciado, o que evidencia a necessidade de um manejo específico de cada uma dessas sub-bacias.

2.2. Uso e ocupação do Solo

Grandes quantidades de água armazenada em represas, nascentes e aquíferos subterrâneos fornecem suprimentos confiáveis e de alta qualidade para muitos países. Mas apesar de sua grande importância, muitos sistemas de abastecimento ao redor do mundo estão cada vez mais ameaçados pela mudança do uso do solo, tornando-se severamente reduzidos ou perdidos (EROL, RANDHIR, 2013).

As mudanças de uso e cobertura do solo surgem, de modo geral, de acordo com as necessidades e os padrões impostos pela economia global que têm diferentes efeitos nos ecossistemas e na sociedade. Assim, analisar as possíveis alterações na paisagem e seus impactos constitui uma tarefa complexa sendo cada vez mais importante o desenvolvimento de pesquisas que mensurem com acurácia a magnitude das alterações no uso e na cobertura do solo (GALHARTE et al., 2014).

Tendo em vista o uso do solo, um dos processos que mais causam problemas ambientais é a erosão hídrica, que provoca perdas de solo, água e nutrientes,

principalmente, daqueles adsorvidos na superfície das partículas de argila e matéria orgânica e constitui um dos fatores que mais contribui para a contaminação e assoreamento dos corpos d'água (KRÖGER et al., 2012).

Outro fato que se destaca é a aplicação de adubos e corretivos durante longo tempo nas lavouras que tende a elevar as concentrações de nutrientes no solo, especialmente na camada superficial e, conseqüentemente, elevar suas concentrações no escoamento superficial (NEVES, 2011). O modo e a forma de aplicação de adubos e corretivos também afetam a concentração de nutrientes no escoamento superficial (KLEINMAN et al., 2011).

Assim, o modelo agrícola adotado por muitos países, inclusive pelo Brasil, emprega grandes quantidades de fertilizantes químicos e orgânicos, além de defensivos agrícolas, que acabam sendo carregados pelo escoamento superficial aos corpos hídricos e, juntamente com os sedimentos, provocam a diminuição da qualidade da água. Como consequência, há uma carga excessiva de fósforo no solo que acaba chegando aos corpos d' água, possibilitando os processos de eutrofização (SHIGAKI, SHARPLEY e PROCHNOW, 2006; BALTOKOSKI, 2008).

Como a erosão hídrica pluvial é influenciada pela chuva, topografia do terreno, natureza do solo, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas, os nutrientes, dentre eles, o fósforo, perfazem a principal forma de perda em áreas agrícolas. O fósforo transportado do solo para a água pode estar tanto na forma solúvel como particulado (ligado aos sedimentos), sendo um elemento que se perde na forma difusa. Como o fósforo é fortemente adsorvido pelas argilas, a maior proporção do fósforo transportado, pelo escoamento superficial, para os ambientes aquáticos, a partir de solos cultivados, ocorre na forma adsorvida (SHARPLEY et al., 2009; KRÖGER, 2013).

Esses fatores, somados à retirada da vegetação nativa para expansão da agropecuária, apresentam como consequência o aumento dos problemas ambientais de fontes difusas, causando a redução da disponibilidade e da qualidade da água para as atividades humanas na tanto em áreas urbanas quanto rurais (BALTOKOSKI, 2008; MOORBERG, 2014).

2.3. Recurso Hídrico

A bacia hidrográfica é uma unidade física com fronteiras delimitadas, correspondendo a um ecossistema integrado, com componentes e subsistemas interativos, propício para as políticas de gestão dos recursos naturais (CHAVES, 2014).

A gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas tem sido cada vez mais abordada pelas políticas nacionais e internacionais. Desde o início da década de 80, muito avanço houve em relação às discussões sobre temas referentes à sustentabilidade e à preservação econômica e ambiental. Neste contexto, surge a necessidade de fundamentos legais e institucionais que garantam a efetiva aplicação de conceitos ligados à gestão dos recursos hídricos (PAULA JÚNIOR; MODAELLI, 2013).

Na legislação brasileira, a Lei nº 9.433/97 consolida estes princípios e tem como objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, tendo em vista o desenvolvimento sustentável, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, bem como a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos (MMA, 2011).

Para garantir que tal objetivo seja cumprido, a lei favorece o estabelecimento de instrumentos de gestão, dentre os quais estão os Planos de Recursos Hídricos, que visam através de diagnóstico da situação atual e criação de cenários futuros, fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. A outorga, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o enquadramento dos corpos d'água, que visam assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que foram destinadas, com diminuição de custos mediante ações preventivas permanentes e o sistema nacional de informações sobre recursos hídricos também são instrumentos da Lei nº 9.433/97 (MMA, 2011).

As nascentes são os pontos na superfície do terreno de onde escoar a água proveniente de lençóis subterrâneos. São basicamente as responsáveis pela produção de água, que circula pela superfície, e, como têm origem nos lençóis, suas vazões dependem da quantidade de água armazenada nos mesmos, que, por sua

vez, depende da quantidade de água da chuva que infiltra e percola até eles (VALENTE; DIAS, 2001).

Os corpos d'água direta ou indiretamente, servem como reservatórios temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes lançados no ar, no solo ou depositados diretamente nos corpos de água. Desta forma, a poluição dos mananciais resulta em prejuízos para a biota aquática, risco à saúde humana e diminuição da qualidade da água (AMANO; KAZAMA, 2012).

Apesar da importância ambiental que as nascentes possuem, são raros os estudos que as têm como foco principal e, por isso, não é conhecido um conceito satisfatório na literatura científica. Ainda assim, diversos estudos relatam a necessidade de manutenção das funções ambientais das nascentes para a dinâmica hidrológica das bacias. Essa preocupação é refletida na legislação brasileira que, desde 1965, determina a obrigatoriedade de uma Área de Preservação Permanente nas imediações de nascentes (FELIPPE et al., 2009).

Em campo, a complexidade das nascentes fica nítida. Existe um rol de variáveis que condicionam sua existência, promovendo uma multiplicidade de características que as nascentes podem possuir. Assim sendo, são identificadas várias possibilidades de tipologias, embasadas em determinados aspectos, que contribuem para a compreensão das nascentes. Conceitualmente, entretanto, há uma necessidade imediata de clarificação e ampliação, para permitir que toda essa diversidade seja abarcada (FELIPPE et al., 2009).

Ao longo dos anos a legislação ambiental que disciplina o uso das áreas de nascentes, tidas como APP's, tem sido negligenciada notadamente em razão da mudança do modelo econômico regional, que abandonou a atividade extrativa de produtos da floresta em pastagens para criação de bovinos. Entre os problemas ambientais, a erosão das encostas e o assoreamento dos corpos d'água, principalmente, em razão do desmatamento, são os mais evidenciados (SANTOS, 2005; SANTOS et al., 2012).

De maneira geral, os debates acerca da preservação e conservação da vegetação nativa, sobretudo aquela situada em áreas de nascente tem ocupado lugar de destaque nos estudos de que preconizam a sua importância para a proteção dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2012).

A função ambiental das nascentes vai além da recarga de água nos rios e lagos. Essas áreas prestam um serviço ambiental de cunho geoecológico por serem ambientes voltados para preservação da paisagem, do fluxo gênico da fauna e flora e por atuar como dissipador de energia erosiva (BRASIL, 1965; SANTOS et al., 2012).

2.3. Qualidade do Recurso Hídrico

A qualidade da água de uma microbacia hidrográfica está atrelada ao clima e solo da região ao qual está inserida, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência do homem. Portanto, suscetível a variações temporais e espaciais em decorrência de processos inerentes ao corpo de água (NEVES, 2011).

Na gestão dos recursos hídricos, os aspectos de quantidade e qualidade não podem ser vistos separadamente, essa afirmativa é tão importante que indicadores de degradação ambiental podem ser mostrados através de dados de qualidade de água. Alguns dos principais parâmetros que indicam poluição nos recursos hídricos são: temperatura da água, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (OSMOND et al., 2012).

A temperatura pode ser considerada a característica mais importante do ambiente aquático, ela caracteriza grande parte dos outros parâmetros físicos da água tais como a densidade, viscosidade, pressão de vapor e solubilidade dos gases dissolvidos (NEVES, 2011). A temperatura é um importante fator modificador da qualidade da água, pela influência direta sobre o metabolismo dos organismos aquáticos e pela relação com os gases dissolvidos. Assim, aumentos bruscos de temperatura indicam influência do meio externo, tais como despejos industriais, efluente de esgoto ou atividades agropecuárias (BAO et al. 2013).

O pH, reflete o tipo de solo por onde a água percorre até chegar no leito principal, evidenciando a importância de observar as atividades exercidas na bacia. Em córregos e represas com grande população de algas ou plantas aquáticas, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou mais nos dias ensolarados. Isso porque as algas e plantas aquáticas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água (OSMOND et al., 2012). Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais ou

atividades agrícolas próximos ao manancial. No período de estiagem, é comum encontrar valores mais altos de pH, este fato é devido a presença de carbonatos e bicarbonatos que se concentram por causa da evaporação da água da bacia (BAO et al, 2013).

O parâmetro condutividade elétrica também é importante, no entanto, não determina, especificamente, quais íons estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, esgotos, atividade agrícola, etc (IWASAKI et al., 2013). A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- (IWASAKI et al., 2013).

2.4. Eutrofização

Na natureza, é um elemento encontrado em pequena quantidade, em relação às necessidades dos seres vivos e seu grande reservatório são as rochas fosfatadas. O intemperismo físico-químico desagrega esse mineral da rocha, que é transportado pelos canais de drenagem aos rios alcançando os oceanos. Porém, nas últimas décadas, outra fonte significativa de fósforo é o esterco animal, principalmente de aves, suínos e gado, ocorrendo variação em sua fixação e transporte, conforme o manejo adotado (PELLEGRINI, 2005).

Em sistemas agrícolas, o fósforo é transferido para o meio aquático, principalmente, pelo fluxo da água superficial, embora haja contribuição do fluxo subsuperficial (SHARPLEY, et al. 1995). As transferências de fósforo nos fluxos superficiais dos rios são contínuas alcançando valores (em dias normais) em torno de 0,09 e 0,17 mg/L de fósforo solúvel e total, respectivamente (GONÇALVES, 2003; BALOKOSKI, 2008). Porém, nos períodos de maior precipitação a concentração de fósforo na água torna-se mais significativa, estando relacionados à ocupação dos espaços rurais com práticas agrícolas de preparo e cultivo, construções e instalações e abertura de estradas (McDOWELL et al., 2001; YUAN et al., 2013).

Nos ecossistemas naturais, como as microbacias florestadas, as taxas de erosão são semelhantes às fornecidas pelo intemperismo, com quantidades de fósforo total transferidas das florestas inferiores a 9 kg/ha/ano, porém, com a retirada das matas e implantação de lavouras, as perdas desse nutriente aumentam drasticamente, podendo ultrapassar 100 kg/ha/ano de fósforo total (REYNOLDS e DAVIES, 2001; PELLEGRINI, 2005; FONSECA, 2013).

As práticas de manejo exercem grande influência nas quantidades de fósforo transferidas para os sistemas aquáticos (FERREIRA et al., 2011). Para McDowell e McGregor (2001), as perdas de fósforo variaram de 1,0 kg/ha/ano no cultivo mínimo a 17,5 kg/ha/ano, no cultivo convencional. Pellegrini (2005) cita que foram encontrados teores do fósforo solúvel variando de 0,009 mg/L em áreas com 90% de cobertura florestal e 0,071 mg/L em áreas com 90% de contribuição de lavoura. No mesmo estudo, em condições intermediárias de uso do solo, com 50% de pastagens e remanescentes de floresta, o valor foi de 0,031 mg/L. Sharpley et al. (2006) demonstram que, conforme aumenta o nível de interferência humana no sistema, aumenta a perda de solo e a disponibilidade de fósforo é reduzida.

Segundo Sharpley (2006), a transferência de fósforo em superfície tem início com a desagregação e dissolução das partículas do solo e dos resíduos vegetais pela ação da água da chuva, que interage com uma fina camada superficial do solo, antes de iniciar o escoamento superficial. O mesmo autor cita que as quantidades e as formas de fósforo transferidas variam de evento para evento de chuva, devido às variações sazonais das precipitações em intensidade e duração, do intervalo entre os eventos, do estágio de cultivo e do nível de cobertura vegetal do solo, entre outros.

Para Fonseca (2013), outros fatores de forte relação com os processos erosivos são a forma e a área de uma microbacia, determinantes no volume e na energia do deflúvio e, conseqüentemente, na carga transportada. O formato das vertentes influencia os fluxos da água, como a energia cinética (velocidade) da corrente que, por sua vez, relaciona-se com o volume da descarga líquida, com a declividade e o comprimento das pendentes. A turbulência associada à velocidade da água também influencia na dinâmica da disponibilidade do fósforo (WU e CHEN, 2013).

O transporte de P via escoamento superficial e erosão pode ser reduzido pelo cultivo conservacionista e pelo manejo dos resíduos da cultura, além das zonas ripárias e terraceamentos, por exemplo. Basicamente, estas práticas protegem a superfície do solo contra o impacto da chuva, reduzem o volume e a velocidade do escoamento superficial e aumentam a resistência do solo à erosão (BRYANT et al., 2012).

O fósforo encontra-se na natureza, quase que exclusivamente, na forma de oxi-ânion (fosfato), cujos oxigênios apresentam alta reatividade com os grupos funcionais dos colóides inorgânicos do solo (argilominerais e óxidos - OH-monocoordenados com ferro, alumínio e silício, principalmente). Mesmo nas formas orgânicas de fósforo do solo ele permanece como fosfato e, portanto, pode ser altamente adsorvido. Em função disso, ocorre acúmulo na camada superficial do solo, característico de ânion de baixa mobilidade no perfil do solo (PELLEGRINI, 2005).

A transferência de fósforo em superfície tem início com a desagregação e dissolução das partículas do solo e dos resíduos vegetais pela ação da água da chuva, a qual interage com uma fina camada da superfície do solo (0 a 5 cm), antes de transformar-se em escoamento superficial (SHARPLEY, 1985). A profundidade que contribui para a transferência de fósforo aos sistemas aquáticos é muito difícil de ser delimitada no campo, pois depende das variações na intensidade da chuva (erosividade) e do tipo de solo (erodibilidade), que depende de suas características físico-químicas e do índice de cobertura vegetal. Na Tabela 1, encontram-se reunidas concentrações de teores de fósforo em pesquisas em unidades territoriais de microbacias.

Tabela 1. Concentração de teores de fósforo em microbacias hidrográficas.

Referência	Localização	PTotal (mg L-1)		
		Mín.	Máx.	Média
SG Celso, R Danilo dos S, BR João - Rev. bras. eng. agríc., 2005 - SciELO Brasil	Agudos/RS	0,600	0,34	0,17
APA Bertossi, RA Cecílio, MA Neves, GO Garcia - Revista Árvore, 2013 - SciELO Brasil	Alegre/ES	0,300	89,05	22,33
R Freire, CM Bonifácio, FH Freitas - Acta Scientiarum. , 2013 - SciELO Brasil	Maringá/PR	0,000	7,97	3,02
LVA Pinto, TN de Roma, KR de Carvalho Balieiro - Cerne, Lavras, 2012 - SciELO Brasil	Inconfidentes/MG	0,020	0,16	0,08
M Varol - Catena, 2012 - Science Direct	Anatolia (TUR)	0,060	0,44	0,19
MJ Donn, OV Barron, AD Barr - Science of the Total Environment, 2012 - Science Direct	Canning Swan (AUS)	0,010	8,60	0,69
M Brylinsky - Report prepared for Nova Scotia Environment, 2012 - novascotia.ca	Nova Scotia (CAN)	0,005	34,00	0,75
EPAS Date, EPAA Date - 2012 - mde.maryland.gov	Philadelphia (EUA)	0,010	3,97	0,30

Baseado em Von Sperling (1996), no ambiente natural, existe uma pequena quantidade de Fósforo presente no sistema que é originada naturalmente de rochas ou plantas mortas, como já foi citado, quando esse sistema é modificado para o uso da agricultura, há um aumento da carga de nutrientes, principalmente do Fósforo e Nitrogênio, devido à introdução de fertilizantes, que possuem esses elementos em sua composição, no solo. A partir daí, começam a aumentar as concentrações de algas e o assoreamento no leito do corpo aquático devido ao desaparecimento das florestas ribeirinhas. Quando o ambiente é urbanizado, as matas ciliares desaparecem, na maioria dos casos, completamente. Com isso, o assoreamento e o aumento da concentração de algas e macrófitas se torna mais acelerado (ESTEVES, 1998).

Com o intuito de caracterizar o estágio de eutrofização em que se encontra um corpo d'água, possibilitando a tomada de medidas preventivas e /ou corretivas, é interessante a adoção de um sistema classificatório. Comumente, têm-se os seguintes níveis de trofia (VON SPERLING, 1996):

- oligotrófico (ambientes com baixa produtividade);
- mesotrófico (ambientes com produtividade intermediária);
- eutrófico (ambientes com elevada produtividade, comparada ao nível natural básico).

Como um dos nutrientes essenciais para as plantas, o fósforo (P) no meio ambiente é geralmente estável. No entanto, a urbanização e a intensificação agrícola levaram ao enriquecimento generalizado de P nas águas de superfície, causando uma ampla gama de problemas ambientais, sociais e econômicos (WITHERS e JARVIE, 2008). A eutrofização de água doce é causada por enriquecimento biológico das águas superficiais e acelerado por entradas antropogênicas de P, e continua sendo um dos problemas mais agravantes da qualidade de água de superfície (KLEINMAN et al., 2009).

O papel do fósforo nos processos de eutrofização dos recursos hídricos apresenta relações complexas com as características de qualidade da água, destacando entre estas, o "input" ou entrada de fósforo (Figura 1), a concentração de oxigênio dissolvido, a produtividade primária do fitoplankton, a biodiversidade do ambiente aquático, o estado trófico, a demanda bioquímica de oxigênio etc., conforme ilustrado conceitualmente na abaixo (HUANG, 2012).

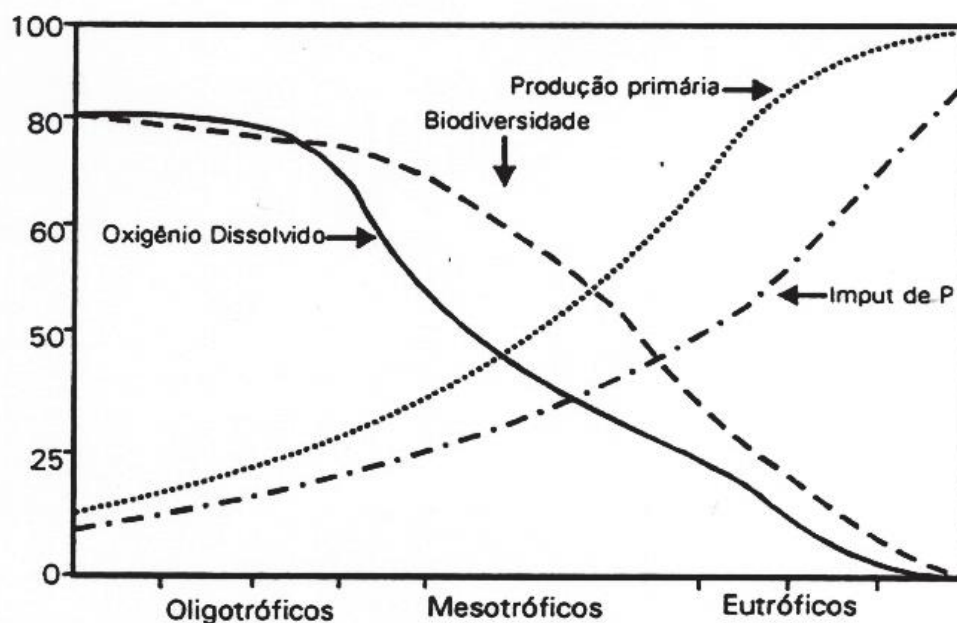


Figura 1. Principais processos envolvidos na eutrofização dos recursos hídricos (Fonte: HUANG, 2012).

Desse modo, a resolução CONAMA 357/05 estabelece limites de fósforo total, tanto para ambientes lênticos, quanto lóticos. No caso de ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários, os limites são de 0,1 mg/L de fósforo total, para classes 1 e 2, e de 0,15 mg/L para classe 3.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da Área Experimental

A microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória localiza-se entre as latitudes $21^{\circ} 18' S$ e $21^{\circ} 33' S$ e longitudes $48^{\circ} 14' W$ Gr. e $48^{\circ} 44' W$ Gr., no Município de Taquaritinga, SP (Figura 2). O Córrego da Fazenda Glória nasce na Serra do Jaboticabal, no Município de Taquaritinga, e desagua à montante do Córrego Rico.

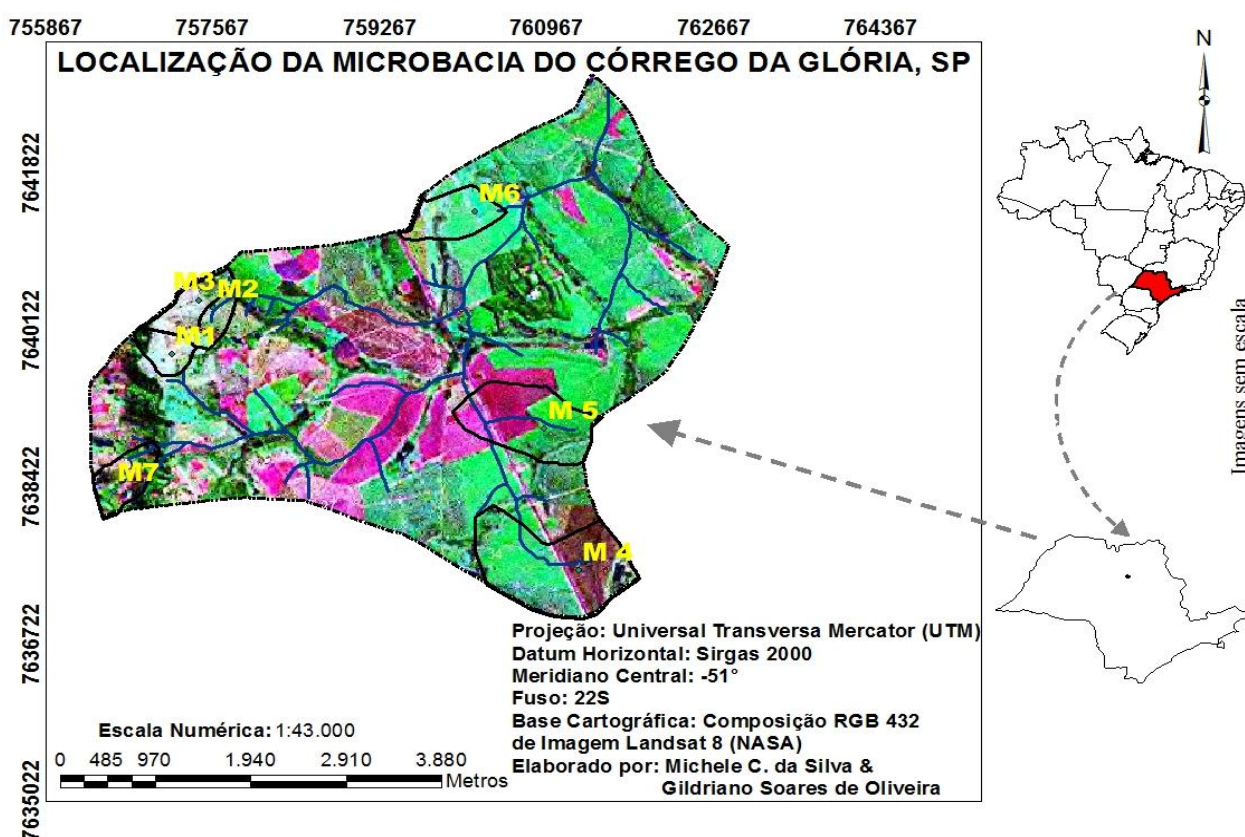


Figura 2. Localização da microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória no Município de Taquaritinga, SP.

Essa microbacia foi selecionada por sua representatividade na região em importância agrícola, com características socioeconômicas rurais, e por ser a única a apresentar fragmentos de Mata Atlântica. É uma área de cabeceira de com formação natural, drenada por um curso d'água, a montante de secção transversal considerada, para onde converge a água de escoamento (PISSARRA et al., 2008).

É um dos mananciais de abastecimento da cidade de Jaboticabal, na contribuição de vazão de água para o córrego Rico.

3.1.1. Clima

O clima é classificado de acordo com o sistema de Classificação Climática de Köppen, como clima mesotérmico úmido de verão quente (Cwa). De acordo com esta classificação climática, na área a precipitação varia entre 1.100 e 1.700 mm anuais e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22° C e a do mês mais frio inferior a 18° C. A Figura 3, representa os dados climáticos (Precipitação acumulada, Temperatura do ar, Umidade relativa e Balanço hídrico, respectivamente) da região, no período de estudo (CEPTEC, 2014).

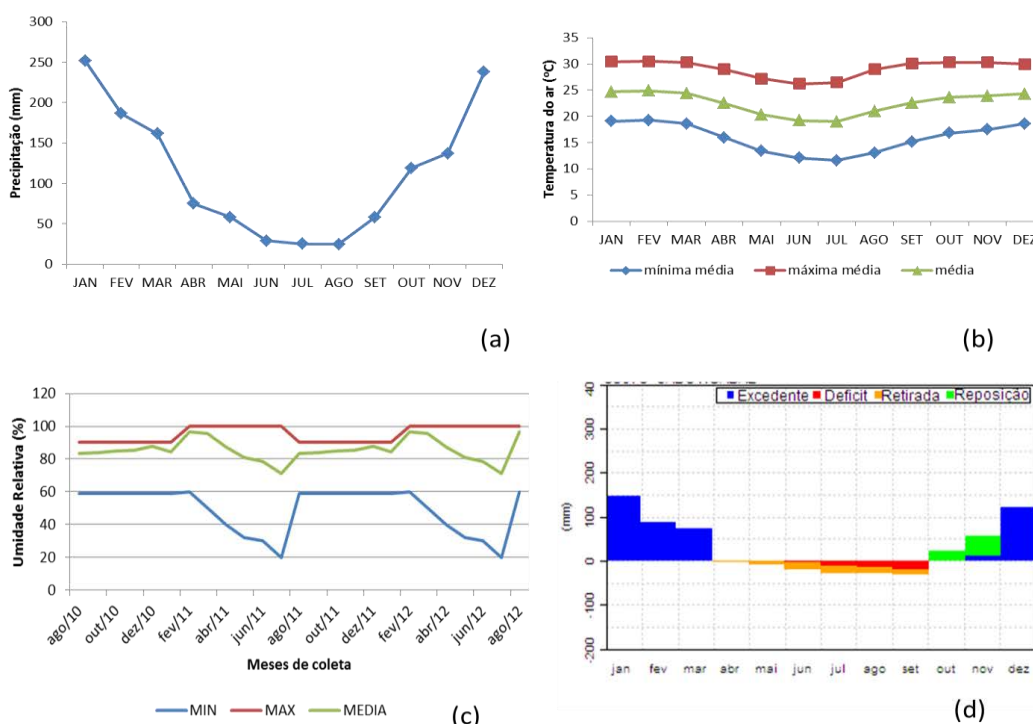


Figura 3. Variáveis climáticas do município de Taquaritinga, SP. (a) Precipitação (Ago/2010 a Ago/2012); (b) Temperatura máxima, mínima e média do ar (Ago/2010 a Ago/2012); (c) Umidade relativa máxima, mínima e média do ar (Ago/2010 a Ago/2012); (d) Balanço hídrico (média histórica/ período de 1961 -1990).

3.1.2. Geologia e Geomorfologia

O material geológico da área é constituído de arenitos com cimento calcário classificado como da formação Bauru (Kb-cretácio superior) (Instituto Geográfico e Geológico). Apresenta conformação relativamente movimentada, sendo o relevo classificado como suave ondulado e ondulado, (colinas amplas e médias) com declives longos e em algumas áreas forte ondulado.

O exame da carta topográfica do IBGE de 1971 permite observar a presença de linhas de “cuestas” que segundo Penteado e Ranzani (1971) delimitam parte do bordo superior do planalto de Jaboticabal.

3.1.3. Solo e Vegetação

A principal unidade de solo é classificada de acordo com o mapa pedológico do Estado de São Paulo como Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) (OLIVEIRA et al., 1999). Este solo é constituído por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E (EMBRAPA, 1999).

A vegetação natural original é do tipo Floresta Latifoliada Tropical e, atualmente, a cobertura vegetal se manifesta com capoeiras, culturas anuais e permanentes, destacando-se a produção de frutas e cana-de-açúcar (PISSARRA et al., 2004). Os campos de pastoreio apresentam-se com expressão nas cabeceiras das microbacias (CAVICHOLI, 2008).

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Morfometria

Para análise do meio físico foi realizada a análise morfométrica das microbacias, delimitadas nas cartas topográficas e nas imagens do Google Earth, para posterior cálculo no AutoCad. A descrição destas variáveis consta na Tabela 2.

Tabela 2. Características morfométricas, descrição, fórmulas e referências consultadas da microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP.

Características	Descrição	Fórmula	Fonte
Área (A)	Superfície total da bacia.	$A \text{ (km}^2\text{)}$	HORTON (1945)
Perímetro (P)	Comprimento da linha do divisor topográfico.	$P \text{ (km)}$	SMITH (1950)
> Comprimento (C)	Linha reta sobre o vale principal, que une a foz ao extremo do divisor.	$C \text{ (km)}$	SCHUMM (1956)
> Largura (L)	Maior extensão linear num eixo transversal ao vale por ela formado.	$L \text{ (km)}$	STRAHLER (1958)
> Altitude	Maior cota topográfica encontrada na bacia	(m)	HORTON (1945)
< Altitude	Menor cota topográfica encontrada na bacia.	(m)	HORTON (1945)
Comprimento da rede de drenagem (Cr)	Comprimento total dos segmentos de rios que formam a bacia.	$Cr \text{ (km)}$	HORTON (1945)
Fator de forma (Ff)	Razão entre a área e o quadrado do comprimento.	$Ff = A/C^2$	HORTON (1945)
Coeficiente de compacidade (Kc)	Relação entre o perímetro e a raiz quadrada da área da bacia	$Kc = 0,28(P/\sqrt{A})$	STRAHLER (1958)
Índice de circularidade (IC)	Relação entre a área da bacia e a área de um círculo.	$IC = (12,57 \cdot A)/P^2$	MILLER (1953)

3.2.2. Uso e ocupação do solo

O estudo fundamentou-se na interpretação visual de imagens orbitais pertencentes ao Programa *Google Earth* do município de Taquaritinga, onde a microbacia está inserida, dos anos de 2010 a 2014.

Para a vetorização dos polígonos foi realizada a interpretação visual dos principais usos do solo nas imagens e posteriormente os polígonos foram compilados, marcados e os valores de área e perímetro foram compilados em planilhas.

As cartas topográficas da Coleção Cartas do Brasil referentes aos mapas originados na região (IBGE, 1971) foram utilizadas como material auxiliar na delimitação e decalque de diversas características da área de estudo, principalmente como ponto de apoio planialtimétrico, da rede de drenagem e da localização da microbacia hidrográfica. Os dados foram georreferenciados na Carta, para sobreposição e análise dos dados gerados no Sistema de Informação Geográfica-SIG ArcGis9.

O trabalho de mapeamento do uso do solo foi acompanhado de visitas em campo durante os anos de 2010 a 2012, confirmando os principais usos atribuídos a cada ponto de amostragem interpretado nas imagens.

O processamento e edição dos dados foram realizados no AutoCad, onde cada área foi identificada e marcada para verificação em campo posteriormente. Em campo, nas coordenadas identificadas nas imagens, as práticas agrícolas foram anotadas, principalmente o tipo de vegetação existente no entorno dos pontos de amostragem e o estágio fenológico da cana-de-açúcar.

3.2.3. Recurso Hídrico

As variáveis analisadas foram: temperatura ($T^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD), medidos com um multisensor no próprio local, turbidez (T) e oxigênio dissolvido (OD), utilizando turbidímetro e oxímetro, respectivamente. Para o fósforo, foi realizado análise no método adaptado do Standard Methods, no kit da Alfakit®, no Laboratório de Biodigestão Anaeróbica do departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP.

As coletas de água foram realizadas nas nascentes das sete microbacias de 1° ordem de magnitude e quatro pontos de Foz (Tabela 3). A seleção dos pontos de coleta foi idealizada no intuito de comparar a variação no tempo e no espaço das variáveis físicas e químicas da água, de acordo com o manejo do sistema produtivo de cana-de-açúcar.

Justifica-se a seleção das microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude pelo tipo de uso e ocupação do solo ao redor de suas nascentes, para que a água analisada não receba influência direta de outra cobertura vegetal, eliminando os efeitos sobre a movimentação dos nutrientes e da condição hidrológica de outra cobertura vegetal do solo.

Tabela 3. Caracterização dos pontos de amostragem da microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP.

Pontos de Coleta	Recurso Hídrico	Característica
M1 	Nascente protegida	Presença de mata ciliar. Cultivo de cana de açúcar. Pastagem.
M2 	Nascente protegida	Presença de mata ciliar. Cultivo de cana de açúcar. Área de pastagem.

Continuação da Tabela 3....

M3 	Nascente protegida Presença de mata ciliar. Depressão acentuada do terreno. Cultivo de cana de açúcar.
M4 	Nascente represada desprotegida Presença de frutíferas e cana de açúcar próxima às margens.
M5 	Nascente desprotegida Envolta pelo sistema produtivo de cana de açúcar.
M6 	Nascente desprotegida Cultivo de cana de açúcar afastado, próxima à rodovia.
M7 	Nascente represada desprotegida Cultivo de cana de açúcar afastado Pastagem.
F1 	Foz desprotegida Envolta pelo sistema produtivo de cana de açúcar. Dessedentação animal.

Continuação da Tabela 3....

F2 	Foz desprotegida	Envolta pelo sistema produtivo de cana de açúcar.
F3 	Foz desprotegida	Envolta pelo sistema produtivo de cana de açúcar.
F4 	Foz desprotegida	Envolta pelo sistema produtivo de cana de açúcar e cortada pela rodovia.

As amostras de água foram coletadas utilizando um recipiente higienizado, com capacidade volumétrica de 500 mL, mensalmente por um período de 2 anos, tendo início em agosto de 2010 e término em julho de 2012. Sendo 11 pontos de coletas selecionados, levando em consideração a acessibilidade e semelhança entre os pontos. Foram utilizados recipientes de polietileno previamente higienizados, com capacidade volumétrica de até 500 mL, após as coletas, as amostras foram etiquetadas e acondicionadas em uma caixa de isopor com gelo.

Para determinar a qualidade do recurso hídrico foram analisadas variáveis físicas e químicas no Laboratório de Água e Solo do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP. As amostras foram analisadas no mesmo dia da coleta, seguindo orientação padrão do *Standard Methods* e *APHA (1998)*. As metodologias utilizadas estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4. Metodologias utilizadas para análise de qualidade de água no Córrego da Glória, Taquaritinga, SP.

Parâmetro	Método	Local de análise
Temperatura da água	Multisensor	Campo
Sólidos T. Dissolvidos	Multisensor	Campo
Condutividade Elétrica	Multisensor	Campo
pH	Multisensor	Campo
Fósforo Total	Ácido Ascórbico*	Laboratório/Fotocolorímetro

* Metodologia adaptada do *Standard Methods* (2005).

3.2.4. Eutrofização

Para a determinação do Fósforo (P) Total foi utilizado a técnica de digestão a quente com mistura sulfo-nítrica pelo método do ácido ascórbico. A metodologia baseia-se na reação do molibdato de amônio e do antimonil tartarato de potássio com o ortofosfato, em meio ácido, para formar o ácido fosfomolibdico que reduz a intensidade do azul de molibdênio na presença do ácido ascórbico.

Na pesquisa de composição química da água das redes de drenagem foram analisadas as concentrações de fósforo total presentes nas amostras, e a partir desta concentração, as amostras foram classificadas como oligotrófica, mesotrófica, eutrófica ou hipereutrófica.

Assim, para verificar o estado trófico do recurso hídrico foi aplicado o Índice do Estado Trófico (IET) de Carlson (1977). O IET tem por finalidade classificar os corpos da água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes.

Toledo Jr. et al. (1983), baseando-se em dados de diferentes reservatórios do Estado de São Paulo, fez alguns ajustes na fórmula original do IET de Carlson, com o intuito de caracterizar o estado trófico de reservatórios do Estado de São Paulo, utilizando as variáveis fósforo total e clorofila *a*. É a fórmula que mais se adequa ao ambiente lótico de clima tropical, cujo resultado mais se assemelha com as condições do ambiente, principalmente em microbacias de primeira ordem.

Para o cálculo do IET na microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga/SP foi utilizado a variável fósforo total (IETP). Não foi considerada a variável clorofila *a* em função do estudo ser desenvolvido em ambientes lóticos de pequeno porte, os quais apresentam alta/média correnteza, turbidez e concentração de material em suspensão, o que dificultaria uma análise confiável de clorofila *a*. Assim, a presença ou não de macrófitas, nos pontos avaliados, serviram para analisar o grau de trofia na área de estudo.

O IET para fósforo foi definido como:

$$IET(P) = 10 \left(6 - \frac{\ln(80,32/P^*)}{\ln 2} \right) \quad (* \text{ unidade em } \text{mgm}^{-3})$$

De acordo com os diferentes valores de IET as águas podem ser classificadas como: oligotrófica, mesotrófica, eutrófica e hipereutrófica, para as quais são dados valores de classes de IET de 1 a 4, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação do estado trófico segundo o índice de Carlson, modificado.

Critério	Estado trófico	Classes do IET
$IET \leq 44$	Oligotrófico	1
$44 < IET \leq 54$	Mesotrófico	2
$54 < IET \leq 74$	Eutrófico	3
$IET > 74$	Hipereutrófico	4

3.3. Análise Estatística

Os resultados foram analisados a partir de análises multivariadas de agrupamento, que foram aplicadas para compreender a estrutura das características das microbacias avaliadas. Para isto foi utilizado o programa STATÍSTICA (Versão 6.0) desenvolvido pela Stat Soft, Inc. (2001).

Fez-se a análise descritiva das concentrações de fósforo total na água da microbacia, com o auxílio do programa estatística SAS® v.9.2 (SAS Institute Inc.,

Cary, NC, USA). Inicialmente testou-se a normalidade dos erros e a homocedasticidade, por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Box-Cox, respectivamente.

O resultado final foi a construção do processo de conhecimento adquirido nas coletas e análises dos parâmetros do solo e da água no intuito de comparar a diferença entre duas principais condições ambientais que resultam da implantação do sistema agrícola e sem essa ação. Neste sentido obteve-se o resultado da qualidade da água armazenada no sistema aberto de uma microbacia hidrográfica, uma vez que a água foi coletada mensalmente, nos períodos de seca e chuva.

O efeito do uso e ocupação do solo nas características físicas e químicas da água foi realizado tendo em vista as diferentes formas de cobertura vegetal nas vertentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Morfometria e Uso e Ocupação do Solo

A Tabela 6 apresenta os dados morfométricos avaliados das microbacias e foz do Córrego da Glória, relativo às suas geometrias (área de contribuição e perímetro) e rede de drenagem (comprimento dos cursos d'água).

Tabela 6. Valores de área, perímetro e maior comprimento, maior largura, maior e menor altitude das microbacias e foz do Córrego da Glória, Taquaritinga, SP.

	Área (A)	Perímetro (P)	> comprimento (C)	> largura (L)	> altitude	< altitude
Ponto	m ²	m	m	m	m	m
M1	207469,21	1754,53	480,55	631,13	727	689
M2	153176,72	1725,95	767,69	294,22	727	659
M3	290186,13	2838,42	1086,44	503,37	727	659
M4	1286531,69	4834,59	1577,22	1246,94	686	628
M5	865303,91	3852,02	1533,78	823,28	673	615
M6	388604,96	2742,41	923,39	541,99	654	597
M7	311553,33	2324,80	983,54	487,54	712	668
F1	4366568,60	8428,85	3055,65	2408,52	686	609
F2	865303,91	3852,02	1533,78	823,28	673	615
F3	2600562,10	7030,19	2998,38	1306,04	727	608
F4	801788,74	3852,39	1347,31	804,26	653	599

A área de drenagem ou área de contribuição correspondeu à área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, em projeção horizontal, inclusa entre seus divisores topográficos, tornando-se um elemento básico para o cálculo de outras várias características físicas. O perímetro por definição foi à soma dos lados de uma figura plana, e nesse caso correspondeu ao comprimento dos limites estabelecidos pelos seus divisores de água. Segundo Christofletti (1980), na análise das bacias

hidrográficas estão englobados vários índices nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares.

Os índices analisados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Análise morfométrica das microbacias e foz do Córrego da Glória, Taquaritinga, SP.

Ponto	Comprimento da rede de drenagem (Cr) m	Fator de forma (Ff)	Coefficiente de compacidade (Kc)	Índice de circularidade (IC)
M1	254,24	0,90	1,08	0,85
M2	340,42	0,26	1,23	0,65
M3	442,20	0,25	1,48	0,45
M4	1407,35	0,52	1,19	0,69
M5	1000,59	0,37	1,16	0,73
M6	339,57	0,46	1,23	0,65
M7	680,83	0,32	1,17	0,72
F1	1580,30	0,47	1,13	0,77
F2	1000,59	0,37	1,16	0,73
F3	2288,76	0,29	1,22	0,66
F4	441,46	0,44	1,20	0,68

O maior e o menor coeficiente de compacidade (Kc) calculados para a microbacia do Córrego da Glória foram de 1,48 e 1,08 nas microbacia M3 e M1, respectivamente. Um coeficiente igual à unidade corresponderia a uma bacia circular, a tendência à enchente de uma bacia será maior quanto mais próximo da unidade for este coeficiente. Assim, constatou-se que, em relação ao Kc, a microbacia M3 demonstra ser mais susceptível ao escoamento por ser mais alongada, portanto, menos propensa a enchente. No entanto a microbacia M1 apresentou um coeficiente de compacidade próximo a 1, sugerindo uma forma circular e portanto com maior probabilidade de enchente. Segundo Garcez et al.

(1988), desde que outros fatores não interfiram, valores menores do índice de compacidade indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados.

Em relação ao maior e menor fator de forma, a microbacia do Córrego da Fazenda Glória apresentou F_f de 0,90 e 0,25 nas microbacias M1 e M3, respectivamente. Numa bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente a extensão da bacia. A contribuição dos tributários atinge o curso d'água principal em vários pontos ao longo do mesmo, afastando-se, portanto, da condição ideal da bacia circular. Isto significa dizer que, a microbacia M3 do Córrego da Glória tem um número significativo de tributários atingindo o leito principal, tornando-a menos susceptível à enchentes e comprovando a análise feita para o coeficiente de compacidade.

Já o maior e o menor índice de circularidade, calculado em 0,85 e 0,45 nas microbacias M1 e M3, respectivamente, caracteriza a forma da microbacia M1 como circular e a microbacia M3 como alongada, confirmando o coeficiente de compacidade (K_c) e fator de forma (F_f) discutidos anteriormente. Os valores (exceto M1) se distanciam da unidade, evidenciando um menor risco de cheias em condições normais de pluviosidade anual, e topografia muito favorável ao escoamento superficial. Entretanto, o índice de circularidade não garante que a microbacia é menos propensa a picos de cheia, tornando-se necessário uma avaliação da vegetação, do tipo de cultura e preparo do solo, existentes no entorno da microbacia.

Para a análise do relevo, foi realizado o mapa hipsométrico que facilitou a compreensão das inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço, no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas, a partir de determinada isoípsa base (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A declividade média é um parâmetro morfométrico muito importante no diagnóstico físico e na gestão dos recursos hídricos (MACHADO, 2010). A velocidade de escoamento da água de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Obtendo a declividade média de uma bacia hidrográfica pode-se avaliar se a

área de estudo é mais ou menos vulnerável a erosão promovida pelo escoamento hídrico superficial.

Comparando bacias hidrográficas de uma mesma região, tem-se que valores mais altos de declividade média, que identificam bacias com maior risco de sofrerem erosão por escoamento superficial. As Figuras 4 e 5 apresentam a hipsometria e a declividade das microbacias hidrográficas do Córrego da Glória, respectivamente.

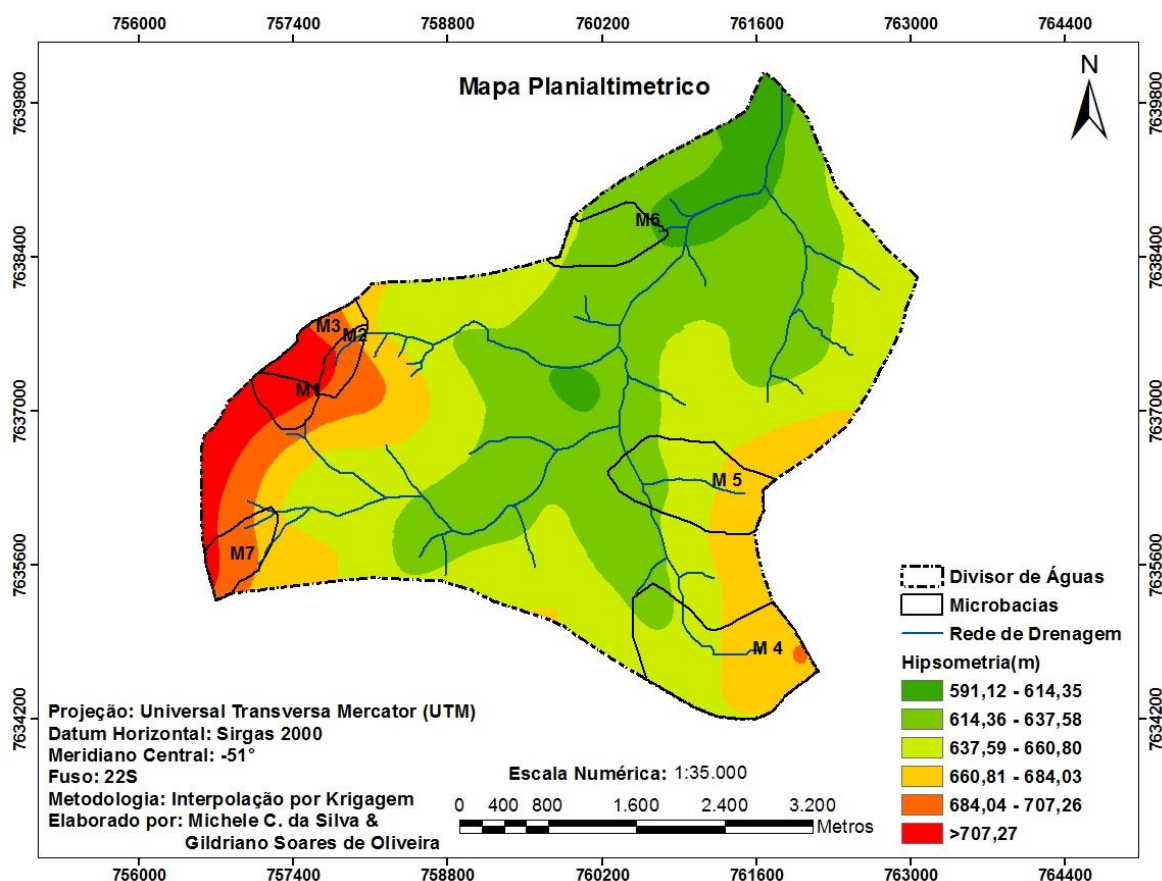


Figura 4. Mapa Planialtimétrico da microbacia do Córrego da Glória, Taquaritinga, SP.

O mapa planialtimétrico da microbacia do Córrego da Fazenda Glória, indica que as cotas mais elevadas estão localizadas nas microbacias M1, M2, M3 e M7, sendo necessário maior atenção nesses pontos, com o intuito de prevenir ou minimizar a perda de solo, exigindo um monitoramento mais detalhado nessas microbacias.

As microbacias com declividades mais acentuadas e consequentemente com maior probabilidade de escoamento superficial foram: M1, M2, M3 e M7 com declividade predominante de 7,52 a 14,68% (Figura 5).

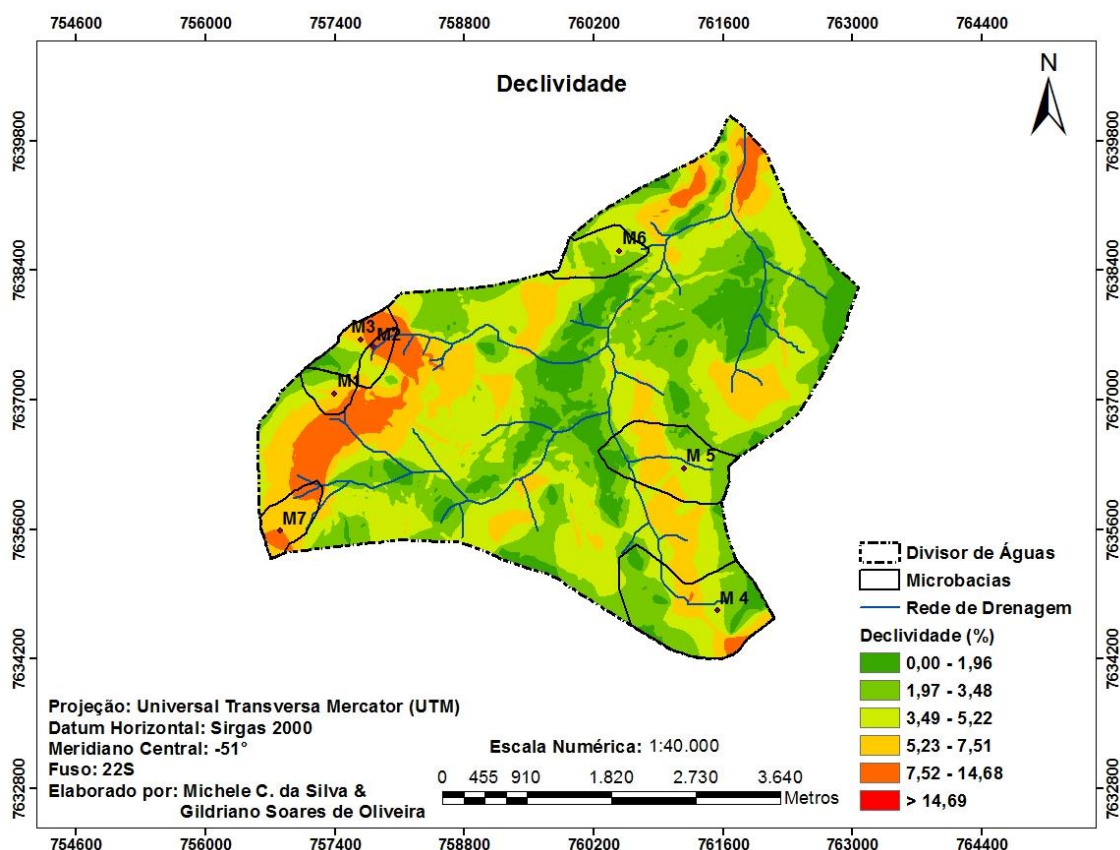


Figura 5. Mapa de declividade da microbacia do Córrego da Glória, Taquaritinga, SP.

O uso do solo nas microbacias e foz do Córrego da Fazenda Glória foi determinado em função dos principais usos: mata (nativa ou ciliar), pastagem, cultivo de cana-de-açúcar, região de várzeas (áreas alagadas ou com leito do córrego não definido) e outros usos (estradas, outras culturas, campo sujo, construções), com o objetivo de identificar e posteriormente quantificar quais usos foram predominantes, e quais contribuíram na alteração da qualidade da água (Tabela 8).

Tabela 8. Uso do solo nas microbacias e foz do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP.

Pontos de coleta		Usos do solo				
		Mata	Pasto	Cana	Várzea	Outros Usos
M1	A	40485,93	28967,83	138015,38	0,00	0,00
	P	818,32	830,88	2006,81	0,00	0,00
M2	A	83630,56	10353,11	59193,26	0,00	0,00
	P	1629,23	466,82	1235,94	0,00	0,00
M3	A	85882,77	19586,64	181928,48	0,00	2793,40
	P	1902,95	591,69	2585,32	0,00	207,40
M4	A	0,00	0,00	1064349,33	151567,64	70613,14
	P	0,00	0,00	8264,53	3320,65	2465,98
M5	A	0,00	0,00	781308,00	83995,91	0,00
	P	0,00	0,00	5592,61	2332,12	0,00
M6	A	8267,35	0,00	321241,47	27827,46	31263,96
	P	367,65	0,00	2619,98	722,39	1071,19
M7	A	135575,72	0,00	171907,03	4070,58	0,00
	P	1860,73	0,00	3065,92	286,04	0,00
F1	A	0,00	0,00	1959684,48	206545,98	48866,78
	P	0,00	0,00	11808,93	4455,85	2502,46
F2	A	0,00	0,00	781308,00	83995,91	0,00
	P	0,00	0,00	5592,61	2332,12	0,00
F3	A	120190,75	3529,56	1597675,49	286163,70	149639,81
	P	4113,44	271,50	11160,75	6222,86	3231,32
F4	A	0,00	25450,76	531099,86	54731,89	190877,56
	P	0,00	1137,85	4484,23	1244,49	2042,09

M: microbacia; A: área (m²); P: perímetro (m):

A microbacia M5 e a foz F2 apresentaram os mesmos valores para o uso do solo com cana-de-açúcar e região de várzea, pois a microbacia M5 está inserida dentro da área da foz F2 (Figura 5). A microbacia M5 tem como característica principal a ausência de mata ciliar, leito do córrego não definido, resultando em uma área molhada expressiva e rodeada pelo cultivo de cana-de-açúcar. A foz F2

apresenta uma extensa área molhada, porém com leito definido, também não possui mata ciliar e também está inserida numa área de cultivo de cana-de-açúcar. A microbacia M4 é envolta por cana-de-açúcar e possui uma extensa área de várzea.

Na figura 6, os usos de solo foram expressos em hectare, para melhor visualização da influência que cada uso exercia nas microbacias e como eles interferiam na qualidade da água. Observa-se a predominância do cultivo de cana-de-açúcar na maioria dos pontos amostrados, seguido de áreas alagadas ou de várzea.

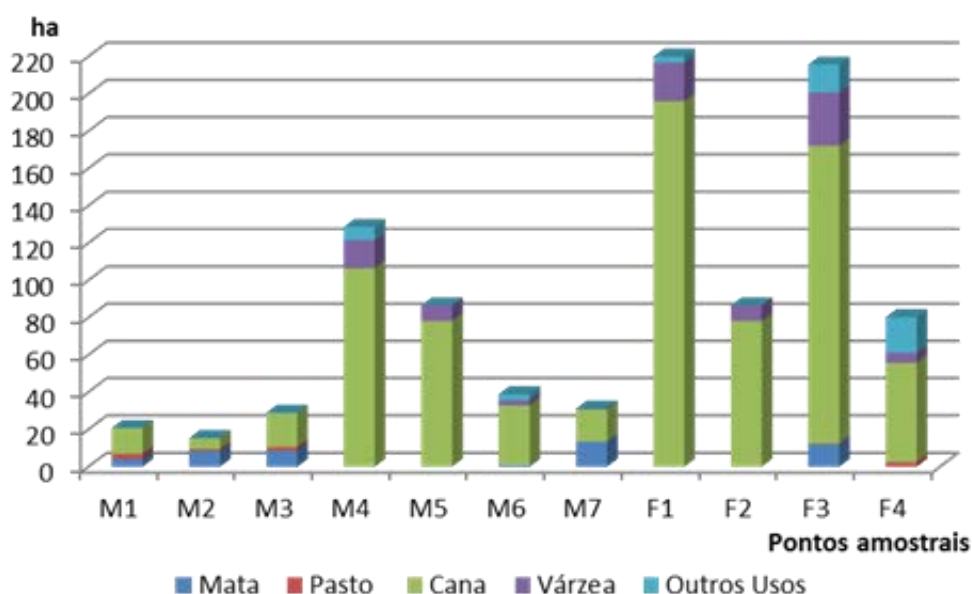


Figura 6. Uso do solo na microbacia do Córrego da Glória, Taquaritinga, SP.

As figuras 7, 8, 9 e 10 demonstraram a predominância do cultivo de cana-de-açúcar e os usos de mata e de pastagem nas microbacias estudadas.

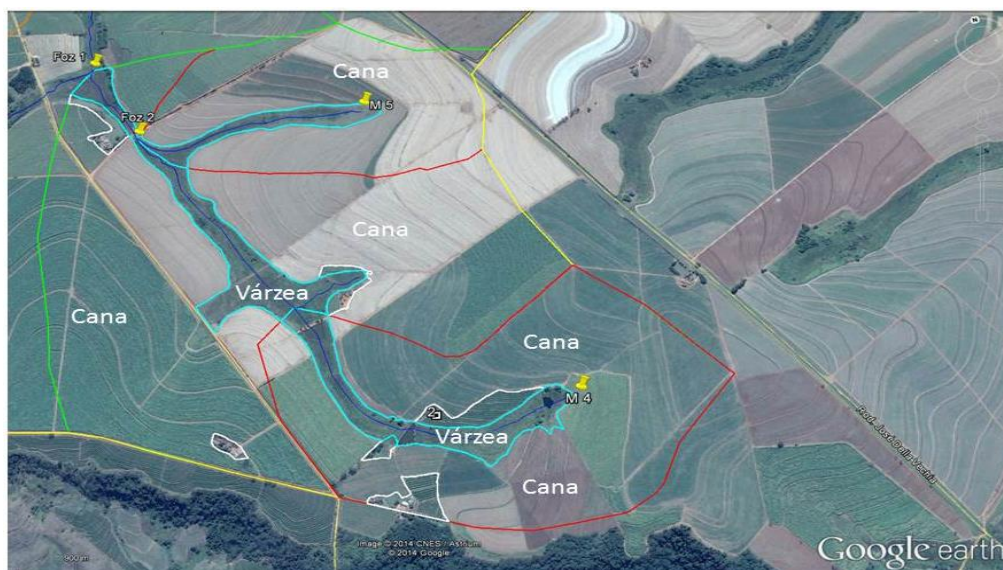


Figura 7. Imagem orbital do uso do solo nas microbacias M4 e M5 e na foz F2.

As microbacias M4, M5 e foz F2 são circundadas por plantação de cana-de-açúcar em diferentes fases de desenvolvimento. Têm como característica em comum, uma extensa área de várzea, onde em alguns trechos o córrego perde o leito principal, formando uma área espelhada, com lâmina d'água rasa, propensa ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas.

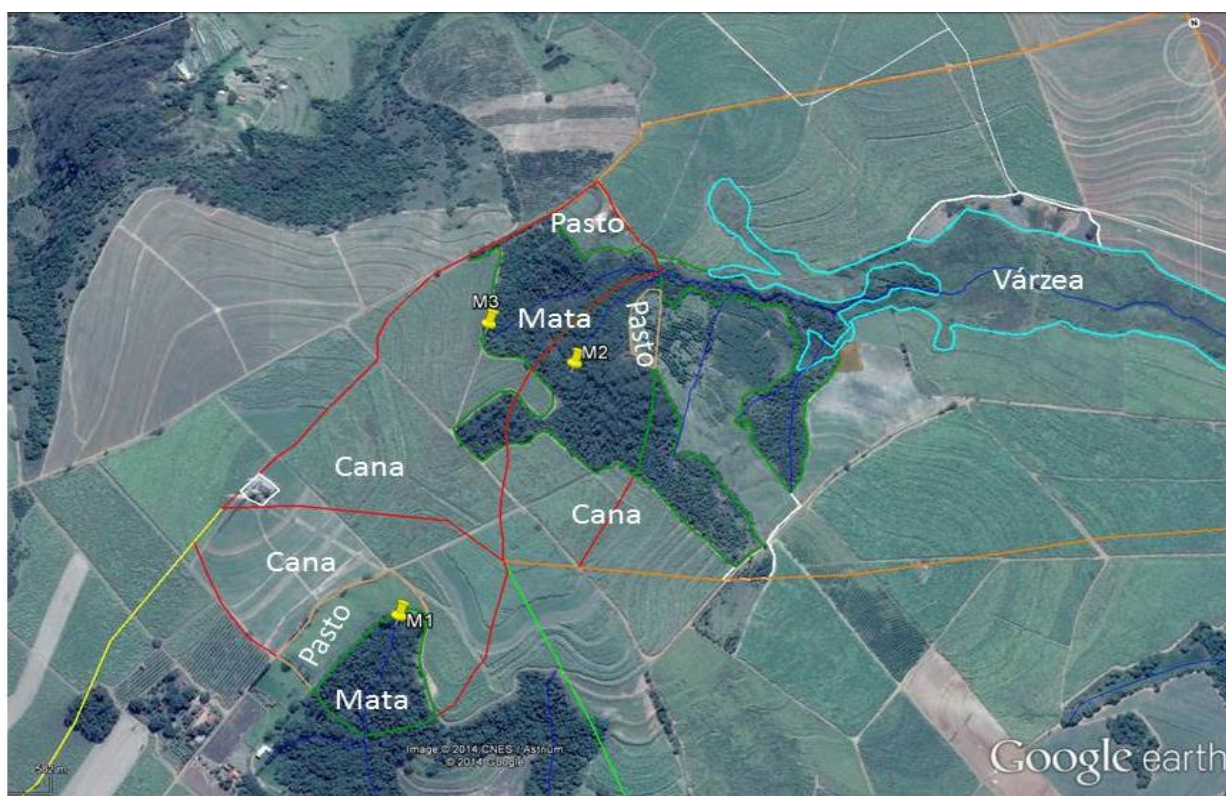


Figura 8. Imagem orbital do uso do solo nas microbacias M1 e M2 e M3.

As microbacias M1, M2 e M3, são protegidas por mata nativa (fragmentos de Mata Atlântica), apresentam declividade acentuada e são rodeadas por cana-de-açúcar e trechos de pastagem.

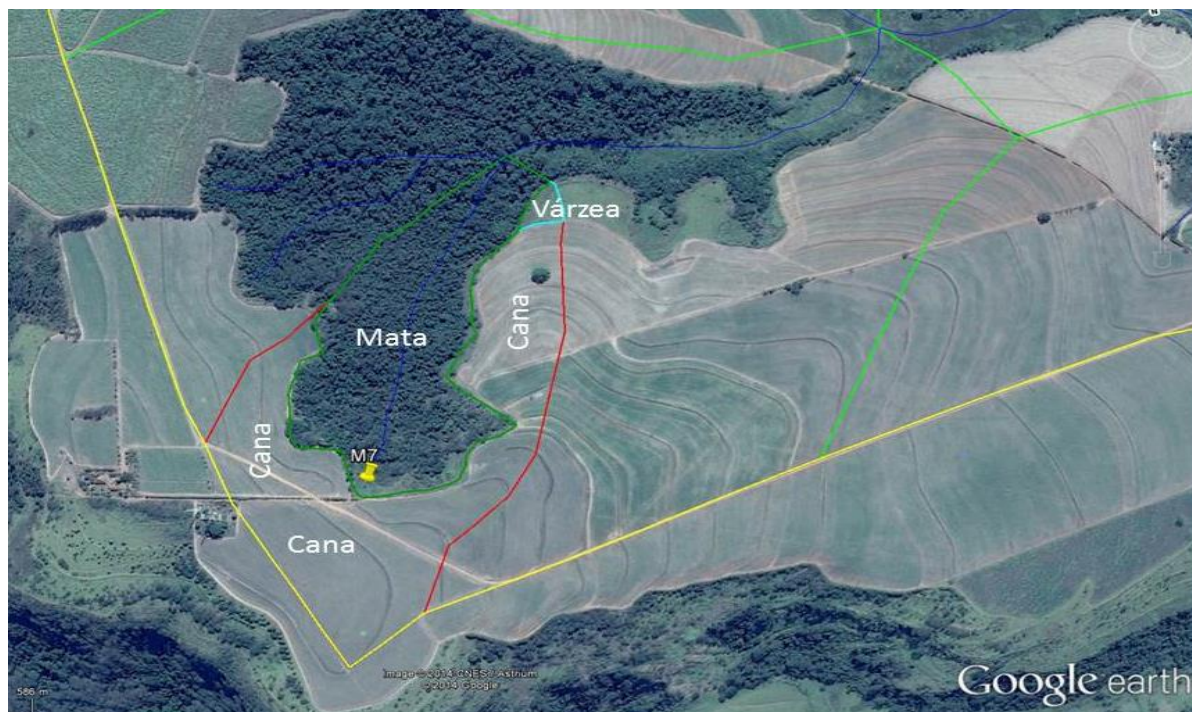


Figura 9. Vista aérea do uso do solo na microbacia M7.

A microbacia M7 é protegida por uma densa área de mata nativa (fragmentos de Mata Atlântica), possui declividade acentuada, é rodeada por cana-de-açúcar, com um pequeno trecho área de várzea.

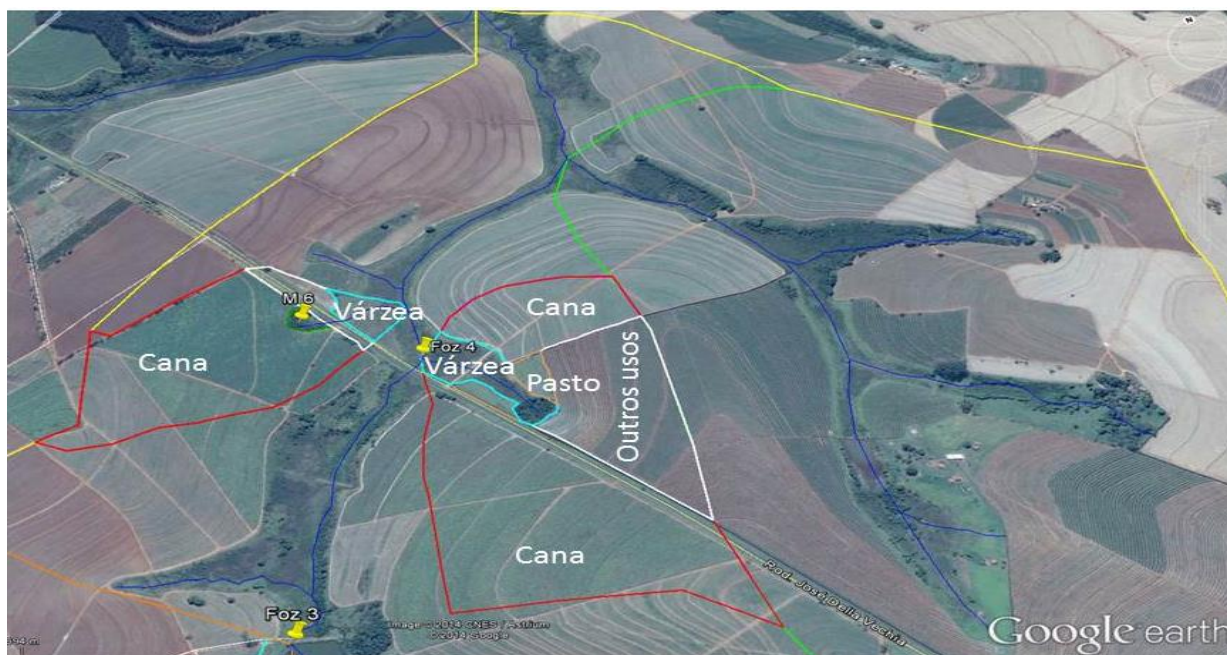


Figura 10. Vista aérea do uso do solo nas microbacias M6 e foz F4.

A microbacia M6 e a foz F4, são cortadas pela rodovia José Della Vechia, tem como uso predominante o cultivo de cana-de-açúcar e trechos de várzea.

4.2. Recurso Hídrico

Os valores das concentrações de fósforo total (mg/L) foram submetidas a análise descritiva, como descrito na Tabela 9.

Tabela 9. Análise descritiva da concentração de fósforo total na água da microbacia do córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, SP.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	F1	F2	F3	F4
Máx. ¹	4,47	4,30	2,08	2,57	1,84	2,37	3,61	1,64	2,13	3,00	1,71
Mín. ²	0,56	0,32	0,13	0,03	0,23	0,20	0,13	0,22	0,18	0,21	0,11
Média	1,74	1,94	0,96	0,96	0,85	0,99	1,59	0,84	0,81	1,20	0,76
Mediana	1,41	2,01	0,82	0,81	0,75	0,97	1,70	0,78	0,69	0,94	0,74
Moda	1,75	2,01	1,39	0,81	0,99	1,16	1,76	0,78	0,27	0,94	0,89
DP ³	1,13	0,98	0,59	0,57	0,43	0,63	1,02	0,41	0,51	0,75	0,42
CV ⁴	64,69	50,45	61,48	59,78	50,39	63,77	63,96	49,62	63,41	62,96	55,23
EPM ⁵	0,24	0,21	0,12	0,12	0,09	0,13	0,21	0,08	0,11	0,16	0,09
VAR. ⁶	1,28	0,96	0,35	0,33	0,18	0,39	1,03	0,17	0,26	0,57	0,18
Skewness	0,99	0,61	0,39	1,02	0,59	0,72	0,36	0,33	1,18	1,03	0,87
Kurtosis	0,00	0,40	-1,08	1,62	-0,39	-0,15	-0,73	-0,54	1,09	0,44	0,54
Shapiro- Wilk	0,72	0,28	0,12	0,11	0,31	0,15	0,27	0,31	0,12	0,11	0,17

¹ Máxima; ² Mínima; ³ Desvio Padrão; ⁴ Coeficiente de variação; ⁵ Erro padrão da média; ⁶ Variância.

Quando temos dois grupos com a mesma variável e com médias semelhantes, usamos o desvio padrão (DP) para analisar o grau de homogeneidade ou heterogeneidade dos dados. O DP das microbacias M1 e M7 estão acima de 1 (1,13 e 1,02, respectivamente), indicando heterogeneidade nas amostras. Porém, os demais pontos apresentaram DP < 1, tratando-se de amostras homogêneas.

Quanto maior o valor do coeficiente de variação (CV), maior é a dispersão dos valores do conjunto e quanto menor o valor do coeficiente de variação, mais homogêneo é o conjunto. Nos pontos amostrados o CV apresentou valores acima de 20%, indicando que todos os pontos amostrais são heterogêneos. Porém o CV sozinho não indica a homocedasticidade das amostras, tornando necessário o uso de outros coeficientes que corroborem com esta afirmativa. O teste Shapiro-Wilk,

calcula uma variável estatística (W) que investiga se uma amostra aleatória provém de uma distribuição normal, trata-se de um teste de alta confiabilidade e rigor. Para a avaliação das concentrações de fósforo na microbacia do Córrego da Glória, o teste de Shapiro-Wilk, indicou normalidade nas amostras dos pontos amostrados.

A Figura a seguir ilustra a evolução do processo de eutrofização na microbacia do Córrego da Glória (Figura 11). Neste caso o nível de eutrofização está estreitamente associado ao uso e ocupação do solo predominante na microbacia.

As microbacias M1, M2, M3 e M7 são nascentes de 1ª ordem, protegidas por mata e teoricamente deveriam apresentar uma baixa produtividade eutrófica, porém, mesmo nestas condições naturais, o leito do córrego retém sólidos que se sedimentam, formando uma camada de material depositado no fundo. Com a decomposição desse sedimento há um leve acréscimo no nível de nutrientes disponível na lâmina d'água, em consequência, há um aumento na população de plantas aquáticas e de outros organismos da cadeia trófica.

Se estas microbacias estivessem inseridas somente em uma região de mata, a classificação de nível trófico seria determinada como Oligotrófico e em períodos de chuva como Mesotrófico. Entretanto elas estão localizadas em uma área com finalidade agrícola, que por meio do manejo e preparo do solo, acabam liberando para dentro do manancial grandes quantidades de fertilizantes, enriquecendo a água com nutrientes e aumentando o grau de eutrofização para eutrófico e hipereutrófico.

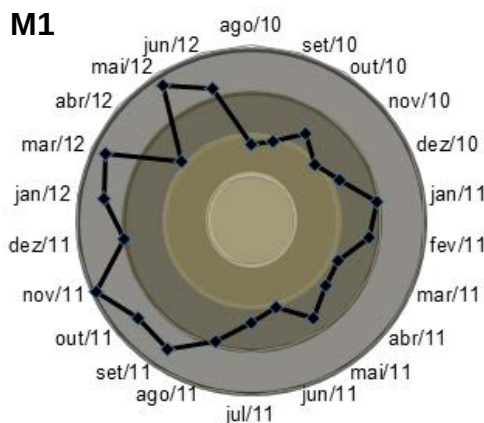
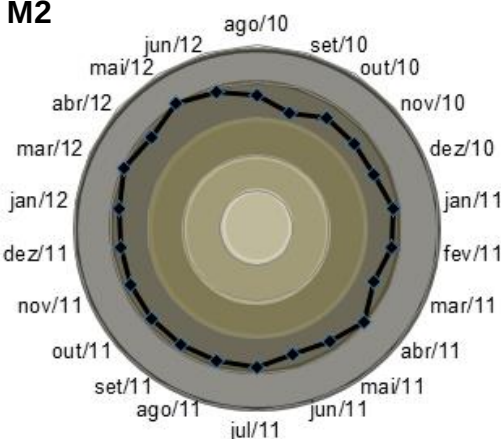
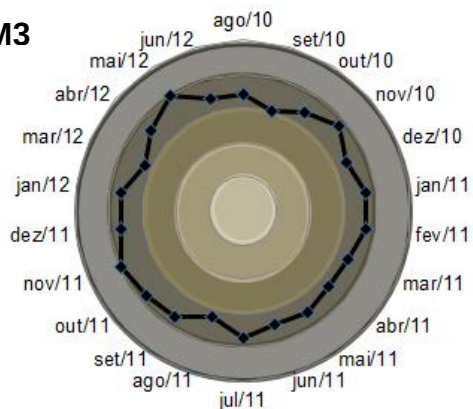
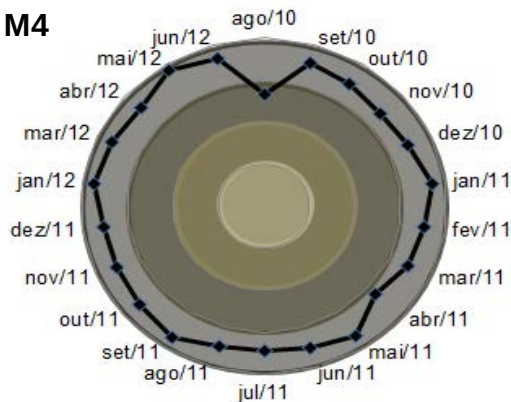
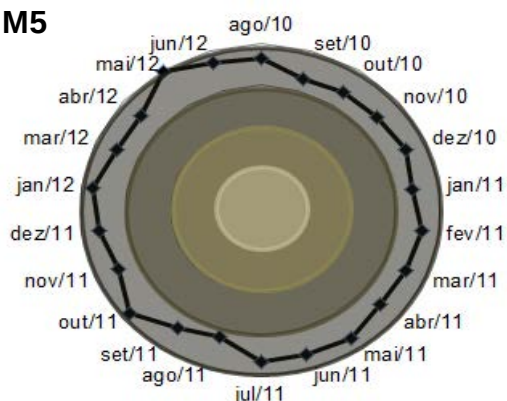
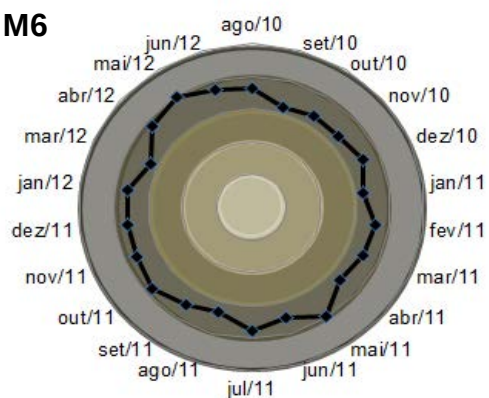
Nas microbacias M4, M5 e M6 e nos quatro pontos de foz (F1, F2, F3 e F4) foram retiradas a vegetação natural para a ocupação agrícola. O início dessas atividades ocasionou o processo de deterioração dos corpos d'água. O manejo agrícola realizado indicou quantidades altas de fertilizantes (na maioria das vezes em quantidades superiores à própria capacidade de assimilação dos vegetais), visando alta produtividade. Assim, o excesso de nutriente adicionado, tende a escoar superficialmente pelo terreno, atingindo o manancial.

As partículas de solo deslocam-se para o fundo do vale, até atingir o leito do córrego, e associado às baixíssimas velocidades de escoamento horizontal se sedimentam causando assoreamento, reduzindo o volume útil do corpo d'água, e servindo de suporte para o crescimento de macrófitas próximo às margens.

Devido aos processos de eutrofização e assoreamento, a calha desses córregos se tornou cada vez mais rasa (conversão à várzeas ou áreas alagadas),

aumentando a proliferação de macrófitas, que cobriram grande parte da sua superfície. O grau de eutrofização nesses pontos foi classificado como Eutrófico para M6 e Hipereutrófico para os demais.

A resolução CONAMA 357/05 estabelece limites de fósforo total, para ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários, o limite de fósforo total, para classes 1 e 2 é de 0,1 mg/L. Inserindo esse valor na fórmula de Índice do Estado Trófico (IET) de Carlson (1977), o resultado foi classificado como Mesotrófico, podendo ou não, causar deterioração no recurso hídrico, dependendo do uso do solo aplicado na microbacia.

M1**M2****M3****M4****M5****M6**

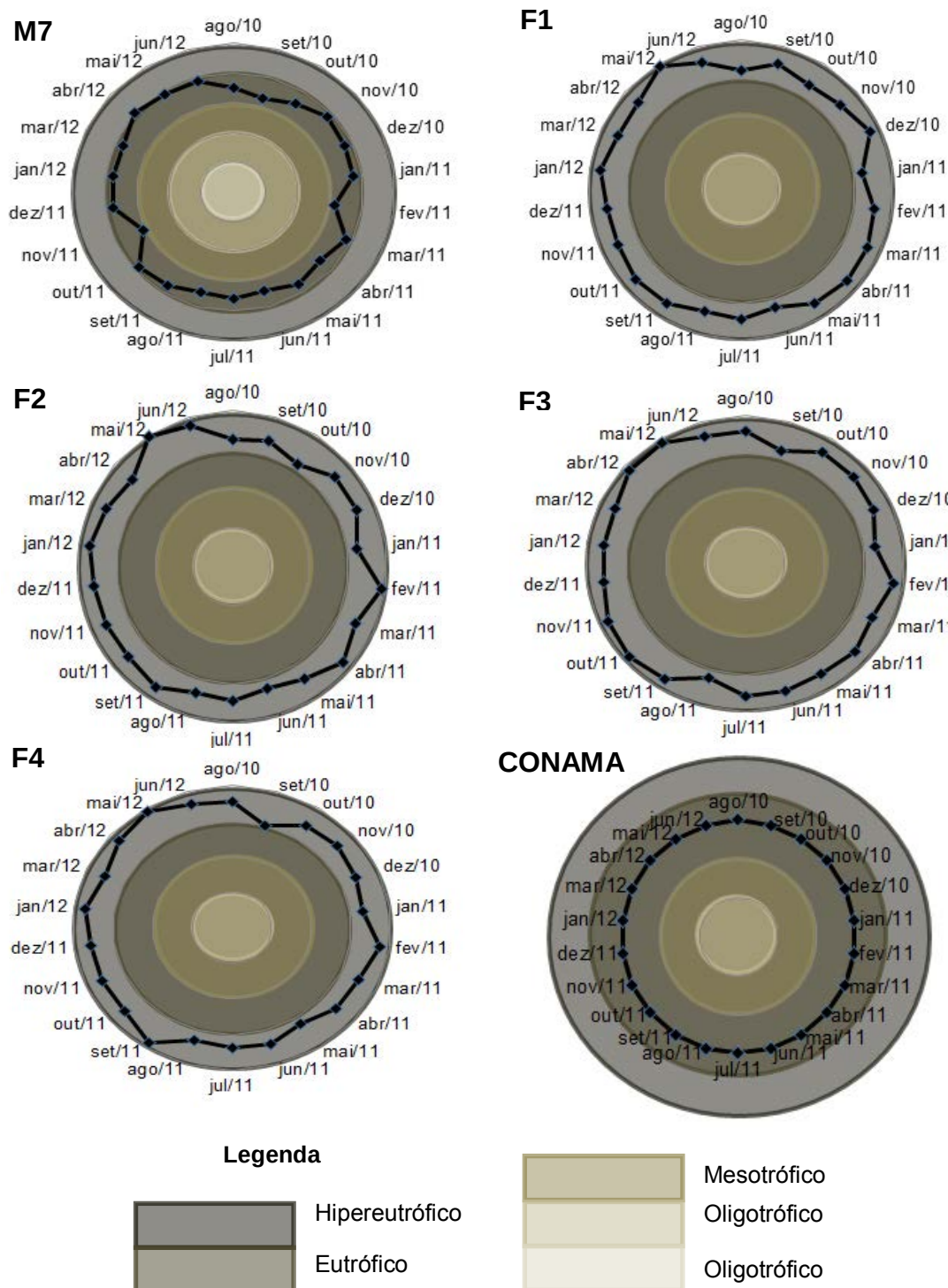
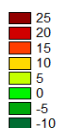
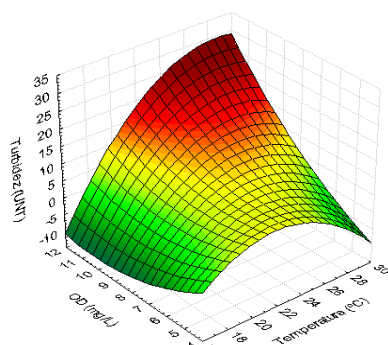


Figura 11. Níveis de eutrofização na microbacia do córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, SP.

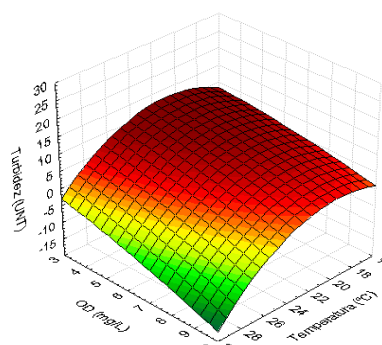
A interação entre as variáveis turbidez (T), oxigênio dissolvido (O.D.) e temperatura da água (T°C) dos pontos amostrados, foram representados no gráfico de superfície de resposta (Figura 12).

As microbacias M2, M4, M5 e M7 apresentaram interações semelhantes. A turbidez e a temperatura da água influenciaram diretamente na concentração de oxigênio dissolvido, diminuindo a solubilidade deste na água, quando a temperatura aumenta e diminuindo a concentração, quando a turbidez está alta e a decomposição de matéria orgânica torna-se necessária.

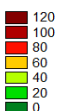
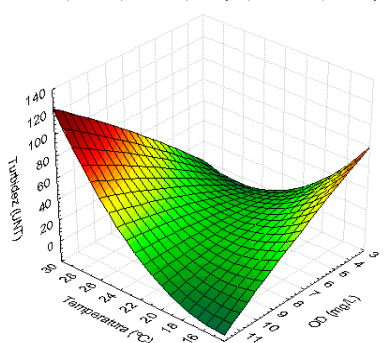
M1
Turbidez = $-65,506 + 9,1633x - 12,5337y - 0,2495x^2 + 0,4289xy + 0,2781y^2$



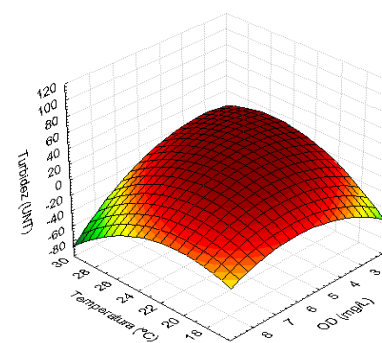
M2
Turbidez = $-68,9693 + 7,8042x + 1,0889y - 0,1828x^2 - 0,0682xy - 0,0815y^2$



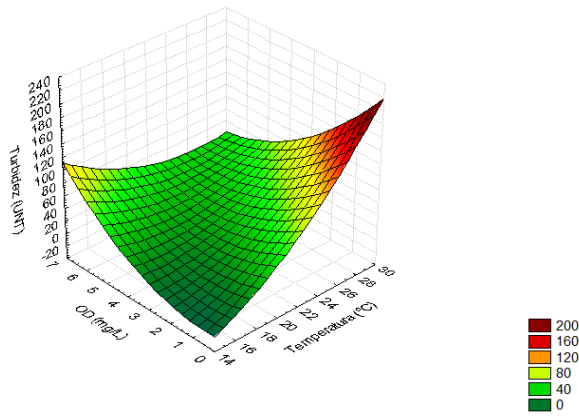
M3
Turbidez = $466,2669 - 33,7034x - 28,3252y + 0,5517x^2 + 1,4974xy - 0,1948y^2$



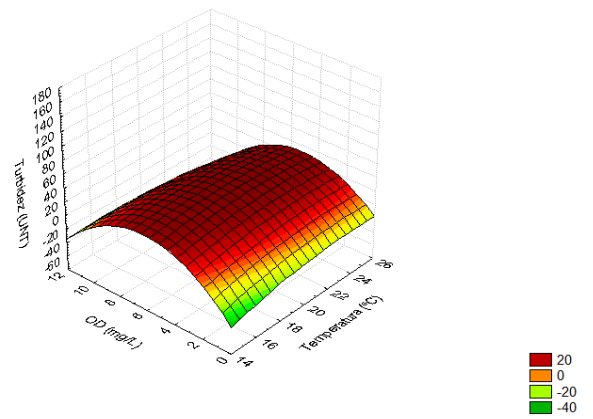
M4
Turbidez = $-550,0762 + 39,2561x + 48,8532y - 0,7206x^2 - 1,1119xy - 2,5414y^2$



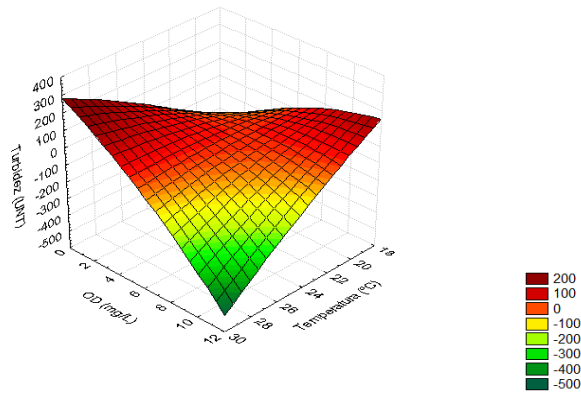
M5
Turbidez = $-23,6885-6,0397*x+35,3505*y+0,4692*x^2-2,6961*x*y+2,9467*y^2$



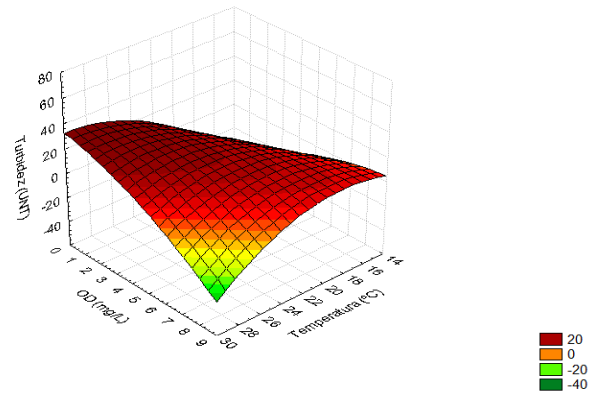
M6
Turbidez = $-161,4015+12,2508*x+27,2944*y-0,2581*x^2-0,319*x*y-1,8619*y^2$



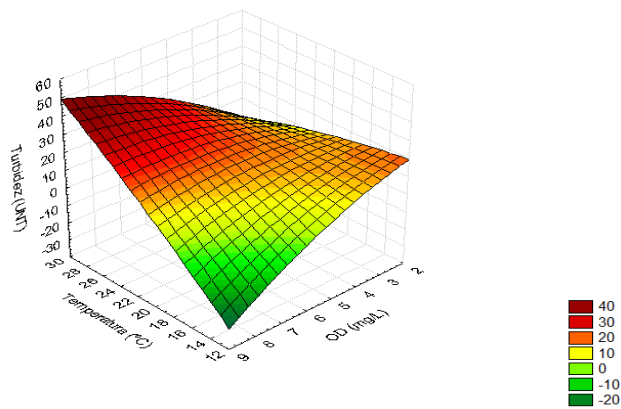
M7
Turbidez = $-1570,2574+87,7579*x+208,9763*y-0,8687*x^2-8,3833*x*y-1,8891*y^2$



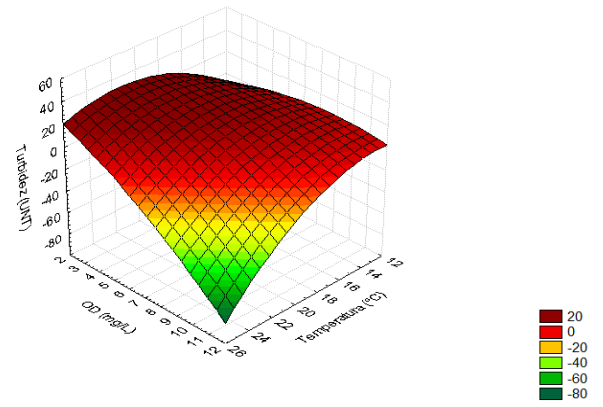
F1
Turbidez = $-250,2844+18,8714*x+21,9283*y-0,3149*x^2-0,8199*x*y-0,5069*y^2$



F2
Turbidez = $45,9877-1,4438*x-10,7396*y-0,03*x^2+0,7795*x*y-0,497*y^2$



F3
Turbidez = $-207,4938+21,1865*x+16,0793*y-0,4616*x^2-0,8017*x*y-0,3834*y^2$



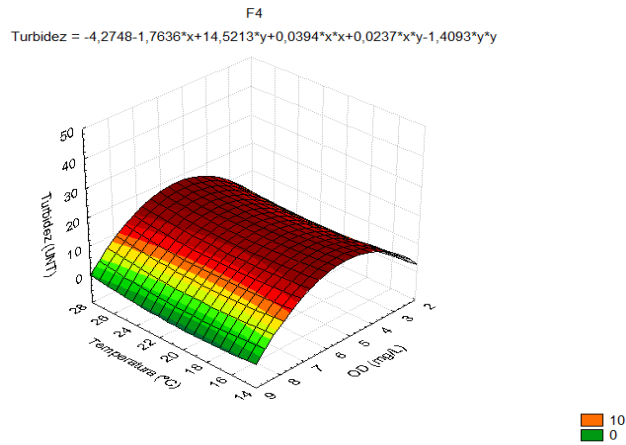
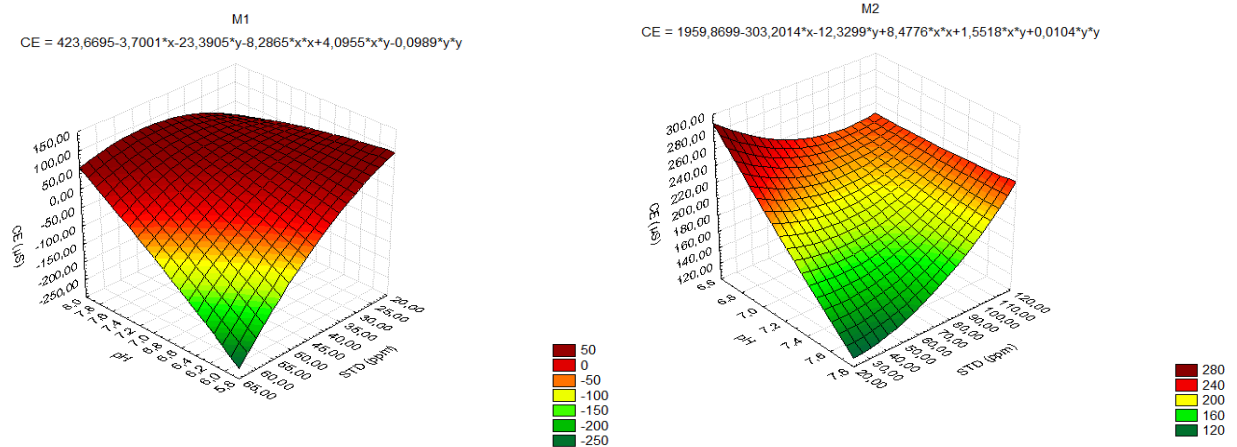
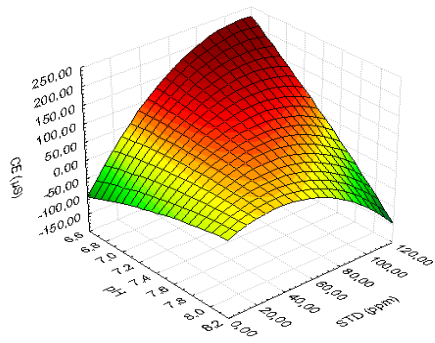


Figura 12. Superfície de resposta da interação entre as variáveis turbidez (T), oxigênio dissolvido (O.D.) e temperatura da água (T°C).

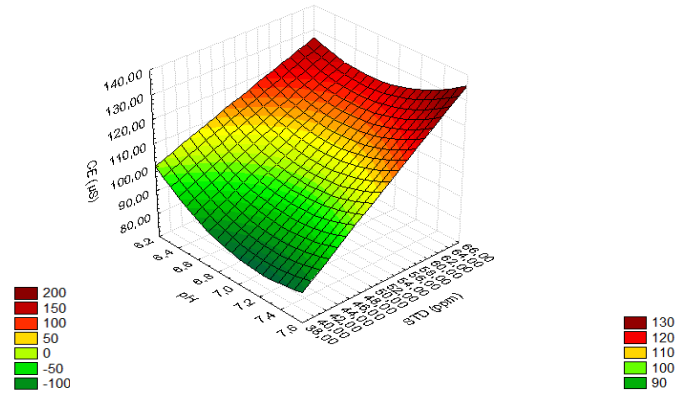
A interação entre as variáveis condutividade elétrica (CE), pH e sólidos totais dissolvidos (STD) dos pontos amostrados, foram representados no gráfico de superfície de resposta (Figura 13).



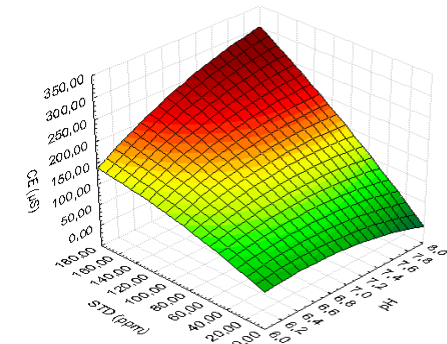
M3
CE = -1801,723+406,4954*x+22,4621*y-22,5689*x*x-2,5269*x*y-0,0256*y*y



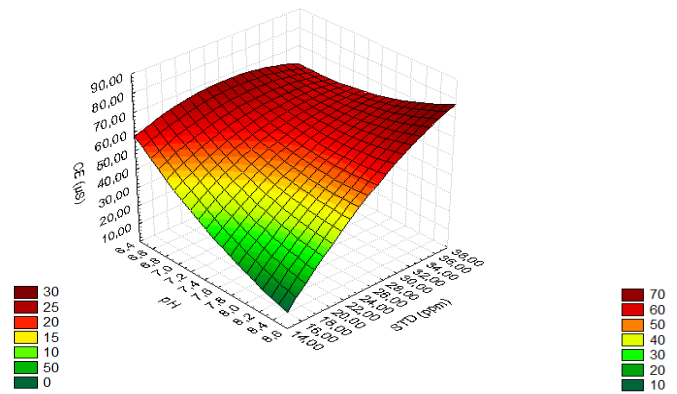
M4
CE = 1211,9015-305,5857*x-3,1637*y+19,3596*x*x+0,6846*x*y-0,0014*y*y



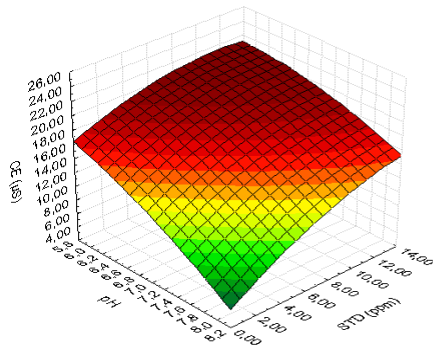
M5
CE = -948,685+305,2395*x-2,6403*y-23,4635*x*x+0,5844*x*y-0,0017*y*y



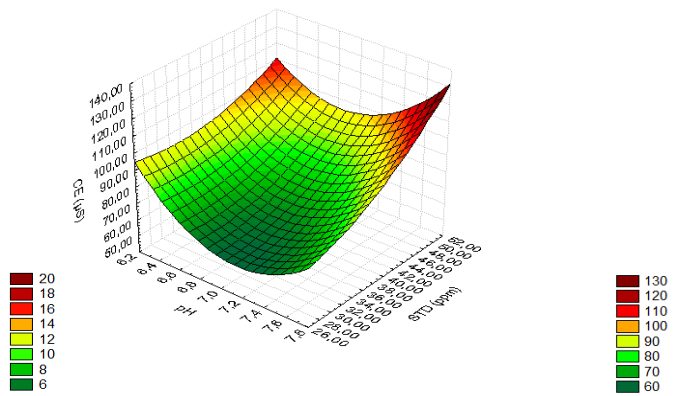
M6
CE = 549,3422-113,9721*x-4,6467*y+4,9665*x*x+1,2408*x*y-0,061*y*y



M7
CE = 7,7533+5,9952*x-0,1964*y-0,7785*x*x+0,1739*x*y-0,0335*y*y



F1
CE = 2371,8522-613,1171*x-9,558*y+41,0931*x*x+0,9781*x*y+0,0527*y*y



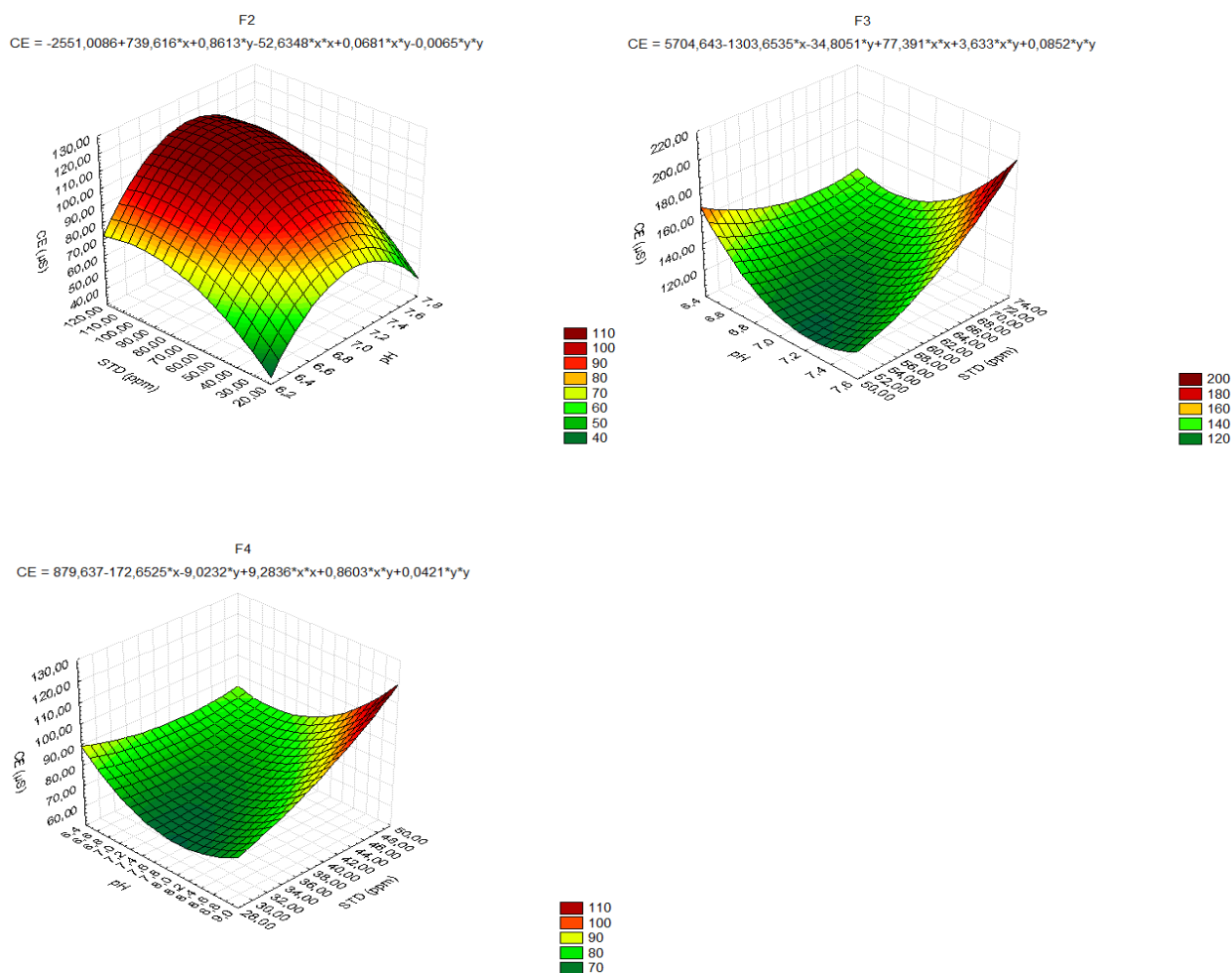


Figura 13. Superfície de resposta da interação entre as variáveis condutividade elétrica (CE), pH e sólidos totais dissolvidos (STD).

As microbacias (com exceção da M7) apresentaram interações semelhantes. A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos são influenciados diretamente pela concentração de pH, aumentando a solubilidade dessas variáveis na água a medida que o pH aumenta. Um pH mais ácido provoca a precipitação de sais e consequentemente diminui a concentração de condutividade elétrica na água, fato ocorrido na microbacia M7, onde os valores de pH, CE e STD, foram os menores encontrados.

4.3. Análise multivariada

Das seis variáveis analisadas, uma mostrou-se significativa na definição do modelo da análise da componente principal. A extração da matriz de correlação possibilitou a identificação da associação entre as variáveis, as quais podem mostrar a tendência geral dos dados, bem como as variáveis de maior significância para a proposta deste estudo. A correlação entre as 6 variáveis consideradas importantes na definição da qualidade das águas pode ser vista na Tabela 10.

A matriz de correlação [R] das variáveis físico-químicas estudadas na microbacia do Córrego da Glória indica as variáveis que apresentaram correlação superior a 0,8 (CE e SDT) na qualidade de água. Segundo Helena et al. (2000), coeficientes de correlação superiores a 0,5 expressam uma forte relação entre as variáveis no que tange a qualidade do recurso hídrico.

Tabela 10. Matriz de correlação das variáveis físico-químicas significativas do modelo de análise de componente principal, na microbacia do Córrego da Glória, Município de Taquaritinga, SP.

	PH	T°C	CE	SDT	T	OD
PH	1.00					
T°C	-0.22	1.00				
CE	-0.10	-0.05	1.00			
SDT	-0.08	-0.08	0.89	1.00		
T	-0.19	0.10	-0.03	-0.02	1.00	
OD	0.35	-0.26	-0.04	-0.03	-0.18	1.00

Os componentes principais - CP foram definidos na combinação linear das variáveis originais da qualidade da água pH, T°C, CE, SDT, T e OD. Como estas variáveis não têm as mesmas unidades de medida, a combinação linear foi realizada com os dados padronizados e os componentes resultantes não são invariantes a mudanças multiplicativas diferenciadas nas escalas das variáveis. Assim, a alteração foi conduzida para resultados, tendo em vista os critérios subjacentes à CP. Na

Tabela 11 verifica-se a redução do percentual da variância total explicada pelas componentes CP1 e CP2, sem ocorrer variação do total explicado pelas variáveis.

Tabela 11. Componentes Principais – CP na combinação linear das variáveis originais.

	CP1	CP2
PH	0.129	-0.718
T°C	0.132	0.604
CE	-0.969	0.025
SDT	-0.969	0.007
T	0.055	0.496
OD	0.041	-0.735
Explicação da Variância	1.917	1.668
Proporção Total	32,09%	27,70%

A primeira componente rotacionada (CP1) passou a explicar 32,09% da variância enquanto a segunda componente rotacionada (CP2) passou a contribuir com 27,70%. A análise dos CPs apresentou um resultado de redução de 2 das 6 variáveis analisadas no CP1. As variáveis CE e SDT apresentaram-se significativas na explicação da variância total, podendo ser consideradas no estudo de qualidade de água. Nesta análise é interessante diminuir o espaço amostral uma vez que, reduzindo o número de variáveis de qualidade de água, reduz-se também o número de análises laboratoriais, economizando tempo e recursos. Sendo a análise de CE ou SDT indicando a correlação.

Quanto ao primeiro componente principal (CP1) as variáveis CE e SDT, mostram uma correlação positiva entre si, indicando que quanto maior a concentração iônica (STD = -0,969) maior a capacidade de conduzir corrente elétrica (CE = -0,969) pela água dos pontos analisados, mostrando que, como consequência da entrada de SDT no sistema da microbacia hidrográfica houve o aumento da CE nos pontos de amostragem, atribuindo uma proporcionalidade a essas duas variáveis no que se refere à qualidade de água. Bertossi et al. (2013) e Andrade et

al. (2007), encontraram uma correlação semelhante, apontando os sólidos totais dissolvidos e a condutividade elétrica como as variáveis mais representativas para qualidade de água.

No CP2, as variáveis pH e OD foram identificadas pelos fatores comuns e independentes (componente principal), apresentando melhor comportamento das variáveis de qualidade de água. Estas variáveis são indicativas de atividades fotossintéticas na água, pois durante o dia os fitoplânctons ao realizarem a fotossíntese, consomem CO_2 e liberam O_2 na água, esse processo causa a acidificação da água devido ao ácido carbônico, produzido na respiração de microrganismos, decomposição da matéria orgânica e fotossíntese. Tornando estreita a relação das concentrações de pH e O.D na água.

Os valores elevados dos pesos fatoriais sugerem quais são as variáveis mais significativas em cada fator. A seleção do número de componentes teve como base os princípios sugeridos por Jolliffe (2002), ou seja, que a porcentagem acumulada da variância total entre 70 e 90% oferece uma idéia razoável da representação da variância original. Adotou-se, como critério para a seleção dos componentes principais, a porcentagem acumulada da variância total dos dados originais de 70%.

A Figura 14 mostra a seleção dos componentes principais no método gráfico Scree Plot. A porcentagem de variação explicada pela componente está no eixo das ordenadas, e os autovalores estão representados em ordem decrescente no eixo das abscissas.

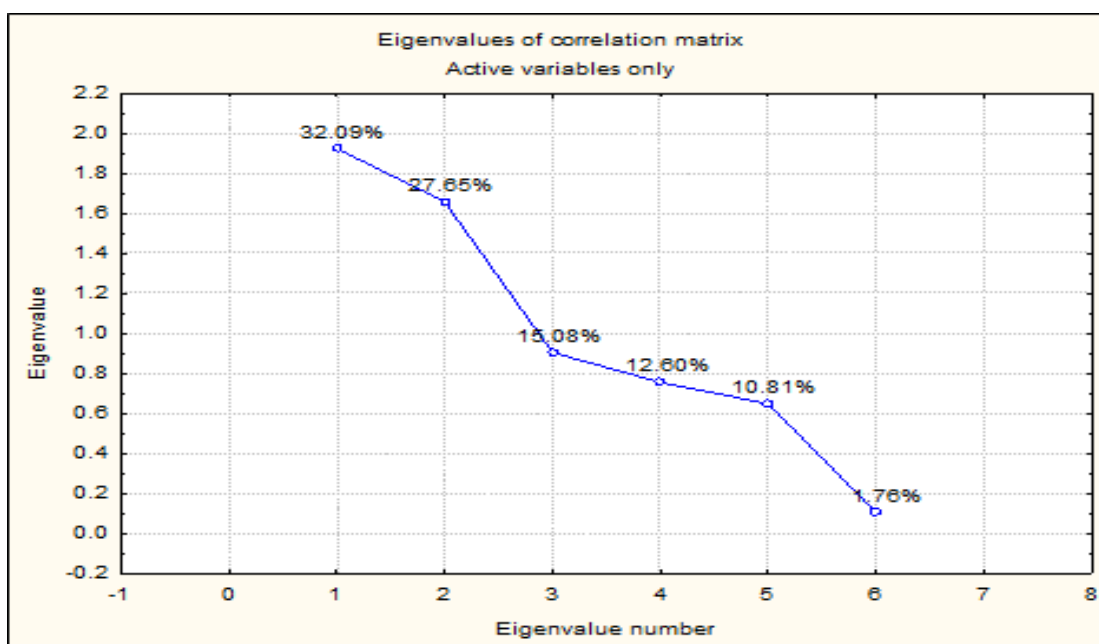


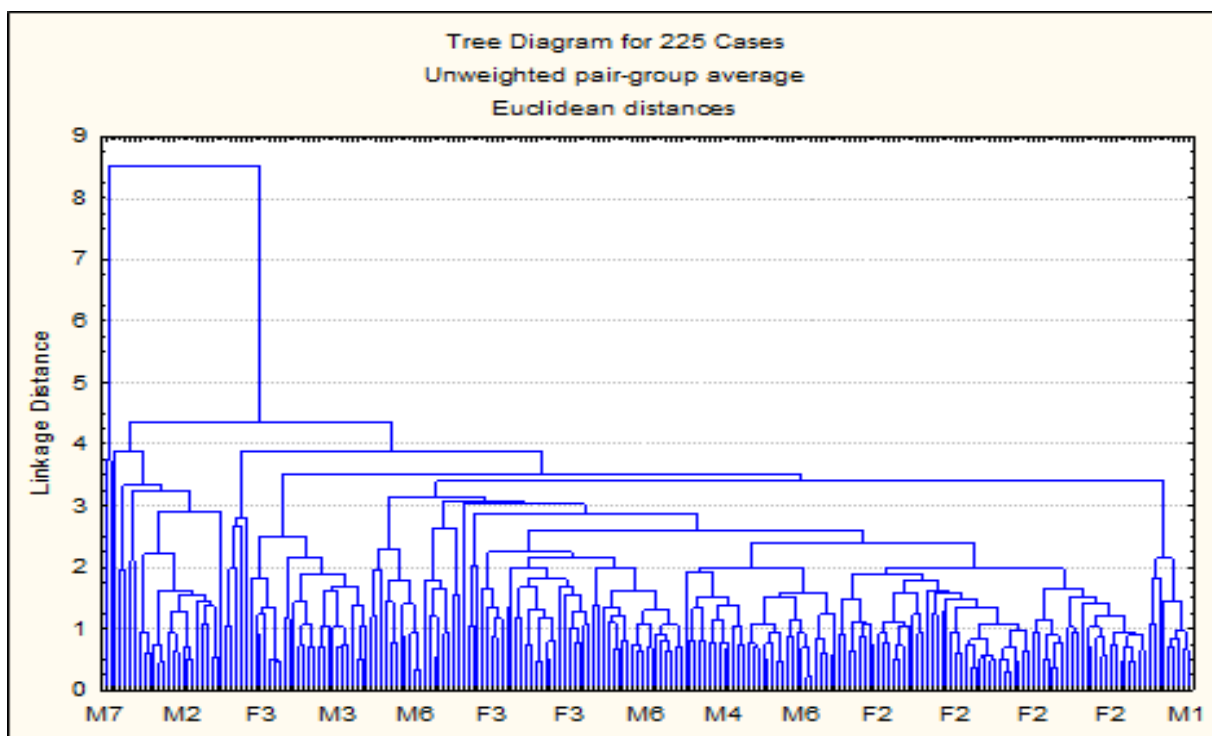
Figura 14. Gráfico de explicação da proporção de variação de cada componente principal.

Como se pode observar, na Figura 14, as duas primeiras componentes explicam 59,74% da variância total, havendo uma estabilização do gráfico após a terceira componente, sendo consideradas as duas primeiras. Pode-se observar, também, que as outras componentes apresentam uma baixa explicação, não sendo aconselhável incluí-las na análise. A técnica de Análise de Componentes Principais serviu para evitar as correlações entre as variáveis e separar as informações que são específicas do recurso hídrico e foi determinada a partir dos autovalores e autovetores obtidos na matriz de covariância.

Para superar esta limitação aplicou-se a transformação ortogonal dos eixos pelo emprego do algoritmo Varimax. Este processo maximiza a variância entre os fatores, alterando a raiz característica sem afetar a proporção da variância total explicada pelo conjunto (Andrade et al., 2007).

A similaridade da qualidade das águas das microbacias e das áreas de foz na área do estudo, avaliada pelo método de agrupamentos, levou à formação de quatro grupos homogêneos. No dendograma (Figura 15), que corresponde à representação gráfica dos agrupamentos construídos pelo método estatístico utilizado, com os coeficientes de aglomeração reescalados (em que o menor coeficiente

corresponde a 0 e o maior a 9), fica explícito que o ponto ótimo de corte é a distância



de valor acima de 4,5—após a formação dos quatro grupos.

Figura 15. Dendrograma da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento envolvendo todos os pontos amostrais da microbacia do Córrego da Glória.

Deste modo, pode-se supor que as amostras com melhor qualidade da água de acordo com as características analisadas, situam-se na extremidade direita do dendrograma e as com qualidade mais degradada na extremidade esquerda, estando entre estas as amostras com qualidade intermediária.

Além do constatado, observa-se em linhas gerais que as amostras situadas na extremidade esquerda do dendrograma são principalmente amostras das microbacias M7 e M2 que apresentaram maior vulnerabilidade em relação ao uso do solo ao seu redor, refletindo na qualidade da água.

Na Figura 16 nota-se a interação dos grupos formados por similaridade entre as variáveis físico-químicas da água.

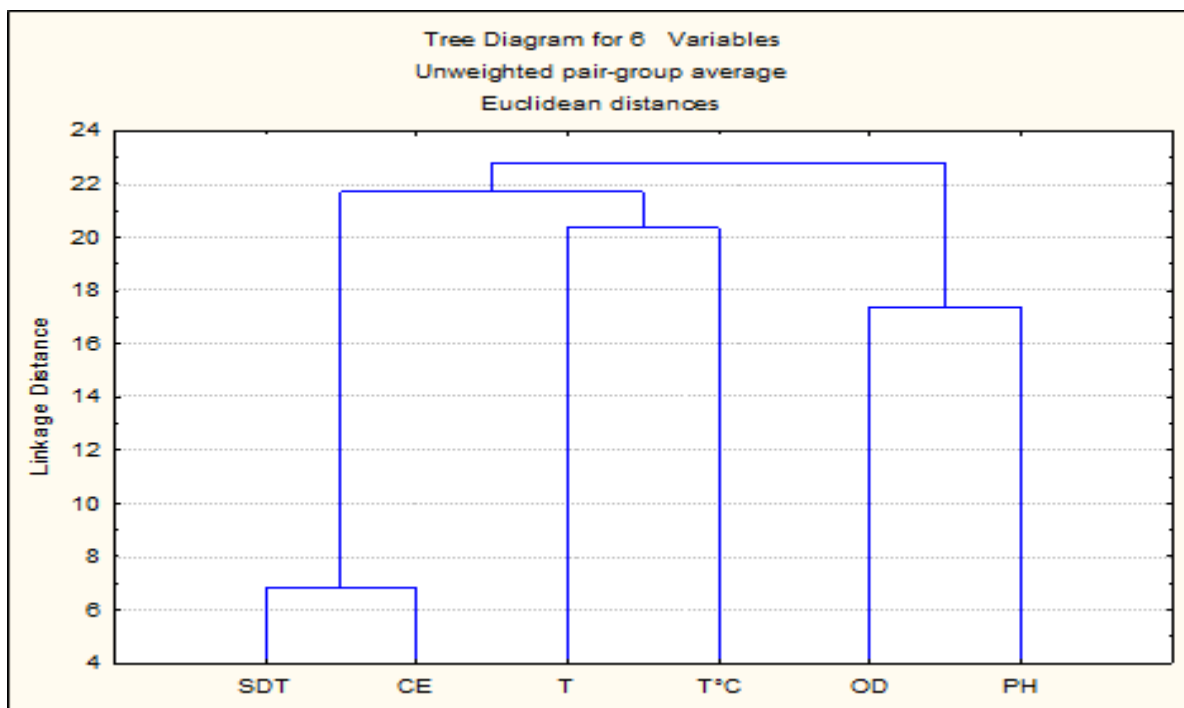


Figura 16. Dendrograma da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples.

Esse dendrograma formou três grupos distintos, no qual o grupo representado pelas variáveis à direita engloba SDT (sólidos dissolvidos totais) e CE (condutividade elétrica). Devido a isso, pode-se dizer que essas duas variáveis são semelhantes entre si. Já as variáveis T (Turbidez) e T°C (temperatura), o OD (oxigênio dissolvido) e pH formaram dois grupos distintos entre si e entre o primeiro grupo formado, por se manterem isoladas das demais.

Na Figura 17 o primeiro fator (F1), que representou 32,09% da variância explicada, destacaram-se as variáveis, com pesos altos e negativos. Este fator indicou a importância de monitorar a concentração de OD e pH no corpo hídrico, por interferirem diretamente em atividades metabólicas e catalizadoras de organismos plancônicos capazes de alterar a qualidade da água, a qual inclui decomposição de material orgânico, fotossíntese, respiração, solubilidade de sais e oxirredução de ferro e fósforo. No segundo fator (F2), que explicou uma variância total de 27,65% apresentaram pesos altos e negativos, o que indica que varia no mesmo sentido.

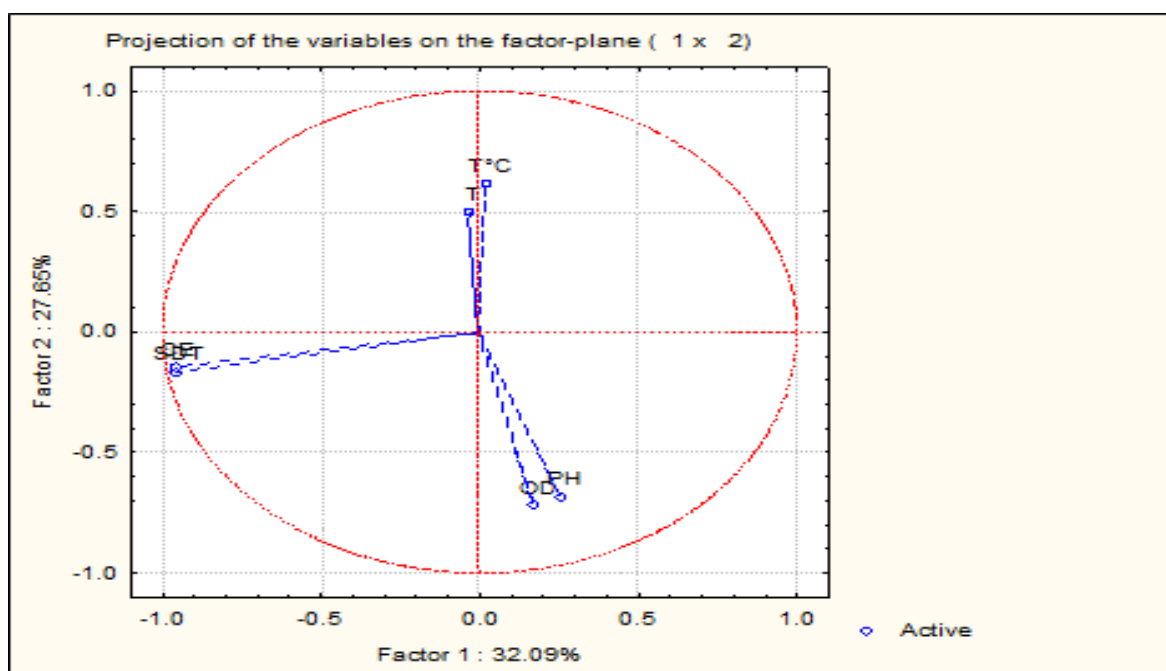


Figura 17- Gráfico da distribuição da nuvem de variáveis, no círculo de correlações.

Observa-se na Figura 18 que as variáveis OD e T encontram-se em posições opostas em F1, sugerindo uma convergência entre elas o que é explicado em razão da solubilidade dos gases na água diminuírem com o aumento da temperatura. As variáveis CE e SDT encontram-se alojadas mais a esquerda em F2 indicando maior representatividade, pois se encontram distantes do eixo principal.

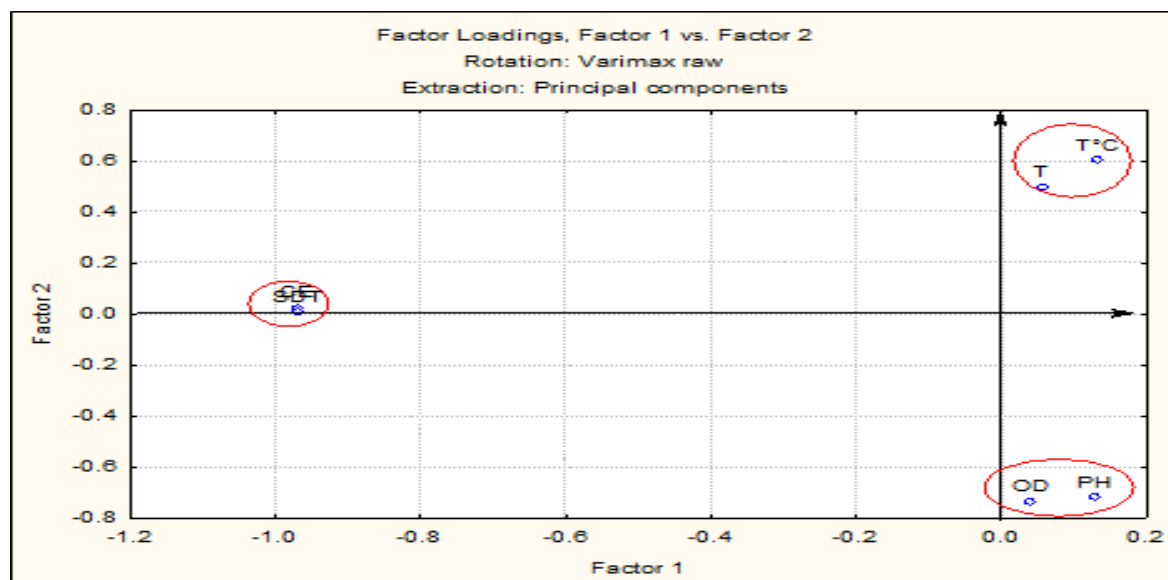


Figura 18. Gráfico dos planos fatoriais, que representam as perpendiculares traçadas em relação ao fator 2.

Para a obtenção da análise fatorial dos dados, inicialmente realizou-se a análise de variância, cluster e dos componentes principais, em que se destacaram as microbacias M2 e M7 para o Fator CP1 (Figura 19), em função dos resultados obtidos para a clusterização dos dados.

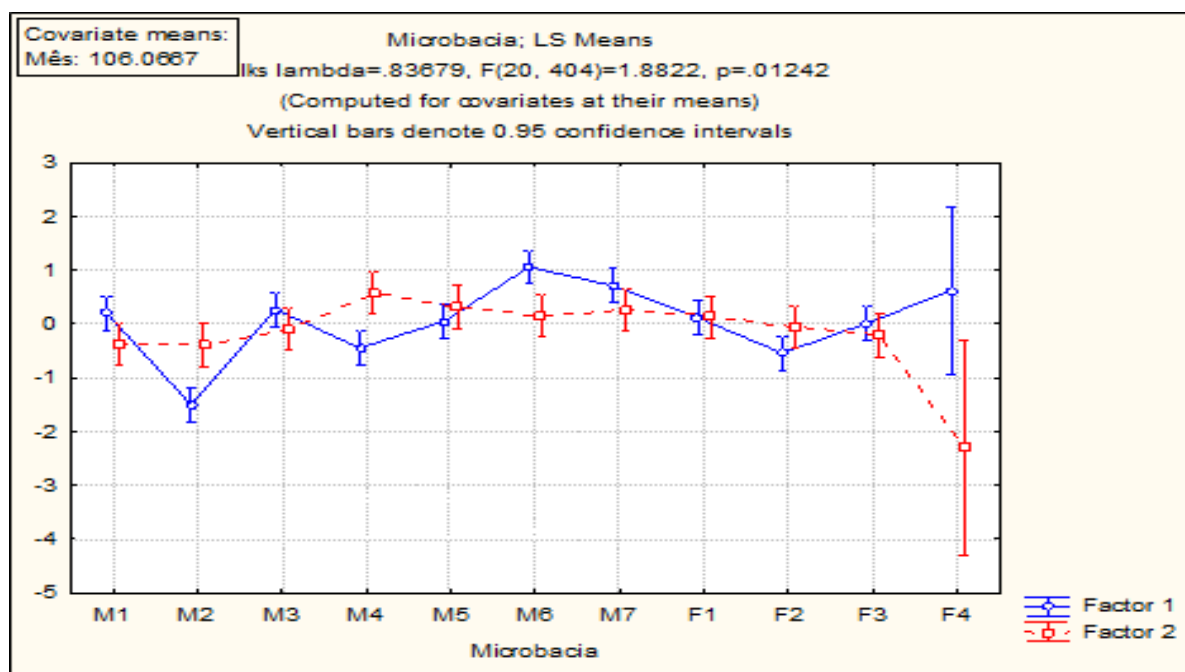


Figura 19. Gráfico de médias dos dados das variáveis agrupadas para cada tratamento.

No cluster 1 as microbacias M2 e 64 apresentaram médias opostas (-1.5 e 1.0, respectivamente), indicando que as mesmas variáveis que apresentam valores elevados na microbacia M6 e que interferem na qualidade da água, não influenciam a microbacia M2, onde os valores das médias são negativos.

Para o cluster 2, apenas a F4 apresentou um resultado expressivo (-2.1), quando comparado com os valores dos outros pontos avaliados.

Na Figura 20 observa-se a correlação positiva entre as variáveis CE e STD, em que à medida que os sólidos dissolvidos são adicionados na água a condutividade elétrica da água aumenta proporcionalmente.

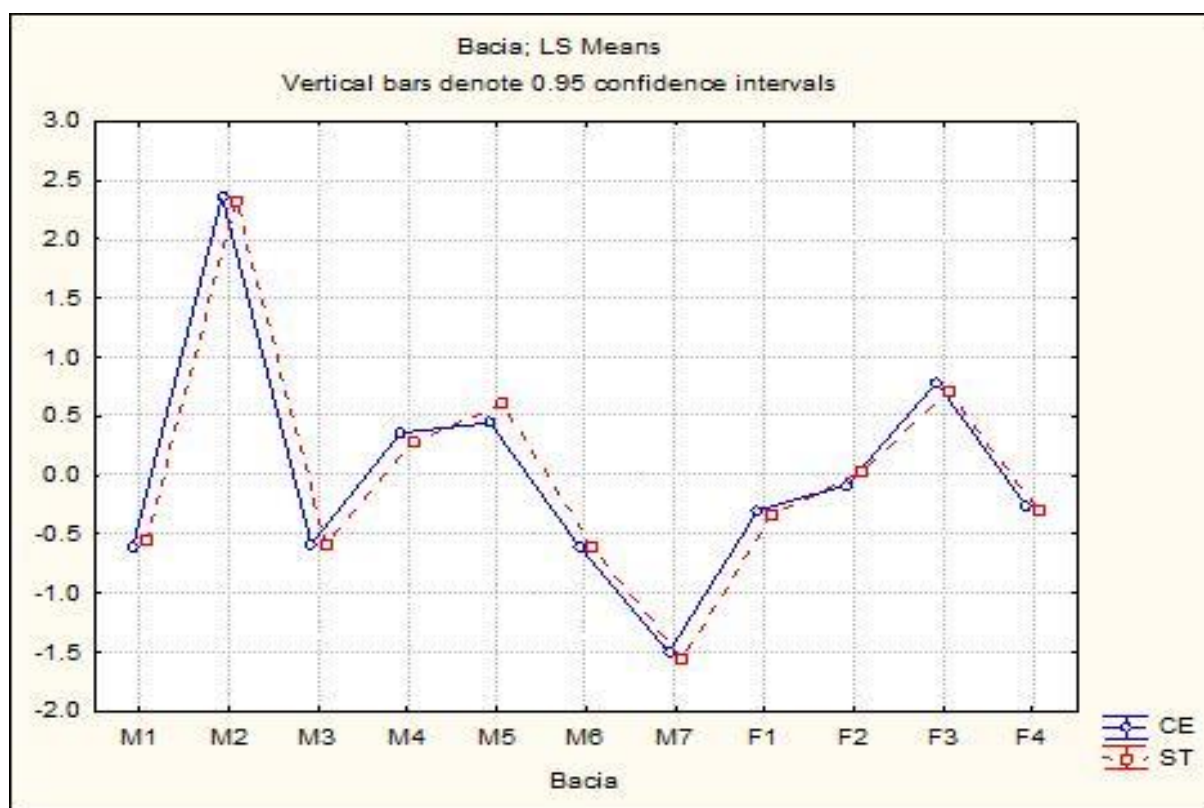


Figura 20. Análise univariada para as variáveis CE e SDT.

A microbacia M2 apresentou valores elevados tanto de CE, quanto de SDT, indicando incremento de nutrientes (sais) na água. Por se tratar de uma microbacia localizada em área agrícola, a fonte mais presumível seria a adubação de cana-de-açúcar, e o veículo de transporte desses nutrientes provavelmente se dê por escoamento superficial, fato que propicia o carreamento de partículas de solo para o recurso hídrico amostrado, aumentando consequentemente os íons e a capacidade de conduzir a corrente elétrica. Embora a microbacia M2 seja protegida por mata ciliar e possua uma densa faixa de pastagem entre a plantação de cana-de-açúcar e a zona ripária, a mesma apresenta indícios de erosão e escoamento superficial.

Constatou-se em avaliações de campo que havia canais de escoamento de água próximo aos carreadores das lavouras de cana (esses carreadores são importantes para a movimentação e logística das máquinas e implementos agrícolas no momento de preparo de solo, colheita e transporte da cana-de-açúcar), tais canais em períodos de chuva induziam o fluxo de água diretamente para o leito da nascente M2, ocasionando aumento na condutividade elétrica, na percentagem de sólidos totais dissolvidos e provocando maior turbidez na água. Nas visitas a esta

microbacia, foi possível observar também uma expansão do leito da nascente e uma diminuição na altura da lâmina d'água, sintomas característicos de degradação em águas superficiais.

Assim, as análises realizadas possibilitaram a percepção da influência que o uso e cobertura do solo ocasionam nas variáveis hidrológicas na microbacia estudada, corroborando com os trabalhos de Silveira (2014), Bariani et al. (2013) e França (2009) que utilizaram a estatística multivariada para monitoramento hidrológico e obtiveram resultados semelhantes.

Todavia, a microbacia M7, apresentou um comportamento distinto em relação às concentrações de CE e SDT. Embora os valores de turbidez fossem elevados e a coloração da água estivesse nitidamente turva, indicando a presença de partículas refletoras de luz, as concentrações de CE e SDT, permaneceram abaixo dos outros pontos amostrados. Isso se deve a grande quantidade de sedimento de origem argilosa depositada no fundo da microbacia, que retém cargas positivas, aumentando a concentração de sais na interface água-sedimento, e diminuindo na lâmina superficial da água.

5. CONCLUSÕES

Morfometricamente, as microbacias são mais alongadas e demonstram ser mais susceptível ao escoamento e menos propensa à enchente.

Espacialmente, a microbacia M2 é a mais deteriorada e com menor qualidade de recurso hídrico. O fator CP1 mostrou correlação positiva entre as variáveis SDT e CE, evidenciando processo de escoamento superficial.

Temporalmente, o fator CP2 mostrou correlação negativa para a variável T em relação ao OD, mostrando o efeito da sazonalidade.

O grau de eutrofização predominante é de eutrófico à hipereutrófico.

A alteração ambiental ocorreu nas microbacias com predominância de sistemas produtivos agrícolas.

A análise multivariada fatorial foi uma ferramenta eficiente na avaliação da qualidade de água, explicando 59,79% da variância dos dados.

6. REFERÊNCIAS

- AMANO, A.; KAZAMA, S. Relationship between Discharge and Nutrient Concentration in Inundation Areas in Cambodia. *Journal of Water and Environment Technology*, Vol. 10, No.2, 2012.
- ANDRADE, E.M.; ARAUJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; DISNEY, W.; ALVES, A.B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. *Engenharia Agrícola*. v.27, n.3, p.683-690, 2007.
- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. USA, Washington: APHA, 1998.
- BALTOKOSKI, V. Modelo SWAT2005 aplicado às sub-bacias dos rios Conrado e Pinheiro – Pato Branco, PR. Dissertação de Mestrado, UNIOESTE, Cascavel, PR. 2008. 158 p.
- BAO, P. N.; ARAMAKI, T.; OTAKI, M. OTAKI, Y. Water Demand Management: A Strategic Approach towards a Sustainable Urban Water System in Hanoi. *Journal of Water and Inviromment Tecnology*. v.11, n.5, p.403-418, 2013.
- BARIANI, C.J.; FILHO, W.P.; BARIANI, N.M. Análise integrada de variáveis de uso, cobertura do solo e limnológicas em Itaqui, RS. *Revista Geografia. Acadêmica*. v.7, n.2. Brasília: MMA/SRHU, 2013. 288 p.
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas. In: (Coord.). Manual técnico de manejo e conservação de solo e água.. Campinas: CATI, 1994. V. 1, (Manual Técnico, 38).
- BERTOSSI, A. P. A.; CECÍLIO, R. A.; NEVES, M. A.; GARCIA, G. O. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do espírito santo. *Revista Árvore*. v. 37, n.1, p.107-117, 2013.
- BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal brasileiro. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Poder Executivo, Brasília, DF, 16 nov. 1965, p.9529. 1965.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão Nacional de Coordenação do PNMH. Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: Manual Operativo. Brasília, 1987. 60p.
- BRYANT RB, BUDA AR, KLEINMAN PJA, CHURCH CD, SAPARITO LS, FOLMAR GJ, et al. Using flue gas desulfurization gypsum to remove dissolved phosphorus from agricultural drainage waters. *J Environ Qual*; 41:664–71. 2012.
- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. v.22, n.2, p.361-369. 1977.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.99-105, 1990.

CAVICHIOLO, F.A.; BERTONHA, R.S.; BORGES, M.J.; PISSARRA, T.C.T. Avaliação do uso e ocupação do solo em propriedades rurais para implantação de práticas conservacionistas. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos, 4p. 2008.

CHINN, C.; PILLAI, U. P. P. Self-repair of compacted vertisols from Central Queensland, Australia. *Geoderma*, v.144, p.491-504, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas. Rio Claro: Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, 1969. 375f. (Tese de Livre Docência).

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. *Notícias Geomorfológicas*, Campinas, v.18, n.36, p.130-132, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A., Geomorfologia. Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. O canal fluvial. In: *Geomorfologia Fluvial*. 1.ed. v.1. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. *Geomorfologia*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Relator: Marina Silva. *Diário Oficial da União*, Brasília, 18 de março de 2005.

EHLERS, E. Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Livros da Terra, 1996. 178 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de Pesquisa em Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 412 p. 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de produção, cultivo do algodão irrigado. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 22 out, 2011.

EROL A.A. e RANDHIR T.O. Watershed ecosystem modeling of land-use impacts on water quality. *Ecological Modelling*. v.270, p.54-63. 2013.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia, 2.ed., Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FELIPPE, M.; LAVARINI, C.; PEIFER, D.; DOLABELA, D.; MAGALHÃES JUNIOR, A. Espacialização e caracterização das nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG. In: *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Campo Grande-MG. p.1-18. 2009.

FERREIRA, J.G.; ANDERSEN, J.H.; BORJA, A.; BRICKER, S.B.; CAMP, J.; CARDOSO DA SILVA, M.; GARCÉS, E.; HEISKANEN, A.-S.; HUMBORG, C.; IGNATIADES, L.; LANCELOT, C.; MENESGUEN, A.; TETT, P.; HOEPFFNER, N.; CLAUSSEN, U. Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. v.93, p.117-131. 2011.

FRANÇA, G.V. de. Interpretação fotográfica de bacias e de rede de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba, SP. Piracicaba, 1968. 151p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FRANÇA, M.S. 2009. Análise estatística multivariada dos dados de monitoramento de qualidade de água da bacia do Alto Iguaçu: uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. 166p.

FREITAS, R.O. de. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. *Bol. Paul. Geogr.*, São Paulo, n.11, p.53-57, 1952.

GALHARTE C.A.; VILLELA J.M.; CRESTANA S. Estimativa da produção de sedimentos em função da mudança de uso e cobertura do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG – v.18, n.2, p.194-201, 2014.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ J.M.; FERNANDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. *Water Research*, Amsterdam, v.34, n.3, p.807-16, 2000.

GONÇALVES, C. S. Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia - Agudo – RS.. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, 114f. 2003.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin Geological Society American*, Colorado, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. São Paulo, v.1, n.2, 1184 p.

IWASAKI, D.; HAMA, T.; OSUGA, K.; SUGIYAMA, S. Characteristics of Phosphorus in Sediments in Drainage Canals in Paddy-Field Districts around Lake Biwa. *Journal of Water and Environment Technology*. v.11, n.2, p.81-89. 2013.

JOLLIFFE, L. T. Principal component analysis. 2.ed. New York: Springer, 2002. 487p.

KLEINMAN PJA, SHARPLEY AN, MCDOWELL RW, FLATEN DN, BUDA AR, TAO L, et al. Managing agricultural phosphorus for water quality protection: principles for progress. *Plant Soil*; 345. 2011.

KÖPPEN, W.E.R. GEIGER. *Klimate der erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

KRÖGER R, MOORE MT, THORNTON KW, FARRIS JL, PREVOST JD, PIERCE SC. Tiered on-the-ground implementation projects for Gulf of Mexico water quality improvements. *Journal of Soil and Water Conservation*, 67 94. 2012.

KRÖGER,R., DUNNE E.J., J. NOVAK , KING K.W., MCLELLAN E., SMITH D.R., STROCK J., BOOMER K., TOMER M., NOE G.B. Downstream approaches to phosphorus management in agricultural landscapes: Regional applicability and use. *Science of the Total Environment*. 442p. 263–274 in journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv. 2013.

LEPSCH, I.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4a aproximação. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175 p.

McDOWELL, L. L. MCGREGOR, K. C. Plant nutrient losses in runoff from conservation tillage corn. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.4, n.1, p.79-91, 1984.

McDOWELL, R. W.; SHARPLEY, A. N.; CONDRN, L.M. et al. Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implications for agricultural management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.59, p.269-284, 2001.

McNABB, D. H.; STARTSEV, A. D.; NGUYEN, H. Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J. Madison*, v. 65, n. 4, p. 1238-1247, 2001.

MILLER, V. C. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area. Technical Report, Department Geology, p. 30, 1953.

Moorberg C. J. Vepraskasb M. J. Niewoehnerb C. P. Phosphorus Dissolution in the Rhizosphere of Bald Cypress Trees in Restored Wetland Soils. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 79 No. 1, p. 343-355. 2014.

NASCIMENTO, P. C. do et al. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 34, n. 2, abr. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000200007>>.

NEVES, M. G. F. P. Composição de resíduos de varrição e resíduos carreados pela rede de drenagem, em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, p. 331-336, 2011.

OSMOND, D.; MEALS, D.; HOAG, D.; ARABI, M.; LULOFF, A.; JENNINGS, G.; MCFARLAND, M.; SPOONER, J.; SHARPLEY, A. AND LINE D. Improving conservation practices programming to protect water quality in agricultural watersheds: Lessons learned from the National Institute of Food and Agriculture–

Conservation Effects Assessment Project. Journal of Soil and Water Conservation. n.5, p.122-127. 2012.

PAULA JÚNIOR, F. e MODAELLI, S. Política de águas e educação ambiental: processos dialógicos e formativos em planejamento e gestão de recursos hídricos. Brasília: MMA/SRHU, 288 p, 2013.

PELLEGRINI, J. B. R. Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do arroio Lino - Agudo - RS. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 85f. 2005.

PENTEADO, M.M., RANZANI, G. Aspectos Geomorfológicos dos Solos do Município de Jaboticabal. Geographica, v.25, p.42-60, 1971.

PISSARRA, T. C. T. Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP: Comparação entre imagens TM-LANDSAT 5 e Fotografias aéreas verticais. 136 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PISSARRA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, n.2, 2004.

PISSARRA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M.; GALBIATTI, J.A.; CAMPOS, S. Análise das condições hidrológicas em microbacias hidrográficas com diferentes uso e ocupação do solo. Irriga. Botucatu, v.13, n.4, p.552-565. 2008.

POLITANO, W. Estudo da adequabilidade do emprego de bacias hidrográficas de 3ª, 2ª, 1ª ordem de magnitude na análise morfométrica aplicada a solos. Jaboticabal,. 331 p. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. 1992

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 65 p.

REYNOLDS, C. S. DAVIES, P. S. Sources and bioavailability of phosphorus fractions in freshwaters: a british perspective. Biology Review, v.76, p.27-64, 2001.

RUHE, R.V. Geomorphology (geometric processes and superficial geology). Boston: Houghton Mifflin, 246p. 1975.

SANTOS, D.B. dos; VIDOTTO, M.L.; BERTINATTO, R.; MARCON, G.R. de S.; FRIGO, E.P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p.7-18, 2012.

SANTOS, E. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio jirau município de dois vizinhos – Paraná. 140 f. Dissertação (mestrado em geografia). Departamento de Geografia, setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná, 2005.

SANTOS, J.D. Alteração das propriedades físicas e químicas do solo em função de diferentes sistemas agrícolas – São José da Lapa / MG. Belo Horizonte: Departamento de Geografia da UFMG. 2007. 88 p.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in bedlands at Perth Amboy, New Jersey. *Bulletin Geological Society America*, v. 67, p. 597-646, 1956.

SHARPLEY AN, KLEINMAN PJA, JORDAN P, BERGSTRÖM L, ALLEN AL. Evaluating the success of phosphorus management from field to watershed. *J Environ Qual*; 38: 1981–8. 2009.

SHARPLEY, A. N. Phosphorus cycling in unfertilized and fertilized agricultural soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.49, p.905-911, 1985.

SHARPLEY, A.N. Dependence of runoff P on extractable soil P. *J. Environ. Qual.* 24:920-926, 1995.

SHARPLEY, A.N. Dependence of runoff P on extractable soil P. *J. Environ. Qual.* 24:920-926, 1995.

SHARPLEY, A. N., J.P. SCHMIDT, L. HERGERT. Nutrient management practices. In: M. Schnepf and C. Cox, editors, *Environmental benefits of conservation on cropland: The status of our knowledge*. Soil Water Conserv. Soc., Ankeny, IA. p. 149–193. 2006.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A.; PROCHNOW, L. I. Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: Options for the future. *Scientia Agricola*, v.63, n.2, p.194-209, 2006.

SILVEIRA, G.V. 2014. Influência do uso da terra nos parâmetros limnológicos na bacia hidrográfica do rio Itu-RS. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS. 92p.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal Science*, New Haven, v. 248, p. 655-68, 1950.

STATSOFT. Statistics: methods and applications. Tulsa, OK, USA, 2007.

STRAHLER, A. N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. *Bulletin Geological Society America*, Colorado, v. 69, p. 279-300, 1958.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Un.*, New Haven, v. 38, p. 913 - 920, 1957.

STRAHLER, A. N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. *Bull. Geol. Soc. Am.*, Colorado, v. 69, p. 279 - 300, 1958.

STRAHLER, A.N. STRAHLER, A. H. *Environmental Geoscience: interaction between natural systems and man*. Santa Barbara: Hamilton Publishing Company, 1973. 511p.

STRAHLER, A. N. Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis. *Am. Jo. Science*, v. 248, p.800-814, 1950.

TERSARIOL, P. P. S. MANZIONE R. L. Medidas de permeabilidade do solo como indicadores das relações hídricas de uma parcela de solo sob diferentes tipos de uso. *Ourinhos: Departamento de Solos UNESP*. 2006. p. 1.

TOLEDO Jr, A. P. TALARICO, M. CHINEZ, S. J. AGUDO, E. G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Balneário Camboriú, Santa Catarina*. p. 1-34. 1983.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. *Revista Árvore*. v.30, n.5, p.849-857, 2006.

VALENTE, O. F.; DIAS, H.C.T. A bacia hidrográfica como unidade básica de produção de água. *Revista Ação Ambiental, Viçosa*, n.20, p.8-9, 2001.

VALENTE, O. F; DIAS, H.C.T. A bacia hidrográfica como unidade de produção de água. *Viçosa, Revista Ação Ambiental, Viçosa*, v.4, n.20, p.8-9, 2001.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p

VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2.ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.1.

WITHERS, P. J. A., JARVIE H. P.. Delivery and cycling of phosphorus in rivers: A review. *Sci. Total Environ.* 400:379–395. doi:10.1016/j. scitotenv.2008.08.002. 2008.

WOHLENBERG, E. V.; et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.28, n.5, p.891-900, 2004.