ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Abordagem sistemática de projeto cartográfico para a análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica

Ana Paula Marques Ramos[1], Bruno Magro Rodrigues[2], Lucas Prado Osco[3], Patricia Alexandra Antunes[4]

[1]Dra em Ciências Cartográficas, Professora permanente do Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade do Oeste Paulista, Rodovia Raposo Tavares Km 572, CEP 19067-175, Presidente Prudente, São Paulo. (18) 32292132. anaramos@unoeste.br (autor correspondente). [2]Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade do Oeste Paulista, Rodovia Raposo Tavares Km 572, CEP 19067-175, Presidente Prudente, São Paulo. (18) 32292132. magro@hotmail.com [3]Mestre em Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade do Oeste Paulista, Rodovia Raposo Tavares Km 572, CEP 19067-175, Presidente Prudente, São Paulo. (18) 32292132. pradoosco@gmail.com [4]Dra. em Ciências (Química Analítica), Professora da Faculdade de Artes, Ciências e Letras de Presidente Prudente, Universidade do Oeste Paulista, Rodovia Raposo Tavares Km 572, CEP 19067-175, Presidente Prudente, São Paulo. (18) 32292030. antunes@unoeste.br

Artigo recebido em 08/12/2017 e aceito em 27/09/2018

RESUMO

Estudos sobre a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica são dependentes do levantamento e análise das características do meio físico da área. Este é um processo que requer a elaboração de produtos cartográficos; uma tarefa complexa, sobretudo, tratando-se de mapas temáticos, por não haver convenções cartográficas pré-definidas. O objetivo desse trabalho é apresentar uma abordagem sistemática de projeto cartográfico, para auxiliar na produção de mapas temáticos usados na análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica. A concepção metodológica apresentada é resultado da junção da literatura disponível sobre projeto cartográfico para mapeamento topográfico com as teorias da Semiologia gráfica e linguagem cartográfica. Como análise empírica, fez-se um estudo de caso na bacia do rio Pirapozinho, Estado de São Paulo. Um total de 10 mapas temáticos foram produzidos para analisar os aspectos do meio físico da área, como pedologia, declividade e uso e cobertura. Conclui-se que a metodologia aplicada facilita desenvolver um raciocínio sistêmico sobre as questões de projeto e construção de mapas. O projeto cartográfico, ao ser dividido em etapas de projeto de composição geral e projeto gráfico, permite um melhor controle do processo de comunicação cartográfica. Recomenda-se o uso dessa abordagem na produção cartográfica de suporte a diversos estudos ambientais, como de monitoramento, preservação ou recuperação de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: bacia hidrográfica; análise ambiental; mapa temático; projeto e produção cartográfica.

Systematic approach of map design to environmental quality analysis of hydrographic basin

ABSTRACT

Hydrographic basin environmental quality studies depend on the surveying of physical characteristics of area. Hydrographic basin environmental planning involves maps conception, a complex task especially for thematic maps, since there are no predefined cartographic conventions for them. By combining literature review about map design for topographic mapping with both Graphic Semiology and Cartographic Language theories, this research presents a systematic approach of maps design to improve cartographic production of thematic maps for hydrographic basin environmental quality analysis. Also, a study of case was performed as an empirical analysis in Pirapozinho river hydrographic basin, State of São Paulo. A total of 10 thematic maps were produced to analyze physical aspects of the area, such as pedology, slope and landcover. The applied methodology contributes for a systematic reasoning development about the questions of map design and map production. When divided into general composition and graphic design, the map design allows a better control of the cartographic communication process. We recommend applying this approach when develop the cartographic production to support several environmental studies, such as monitoring, preservation or even recovery of hydrographic basin.

Keywords: hydrographic basin; environmental analysis; thematic map; map design and cartographic production

.

Introdução

A degradação ambiental de uma bacia hidrográfica pode ser resultante de uma série de ações geradas pela atividade antrópica. Assim, estudos que avaliem o estado da qualidade ambiental de uma bacia são recorrentes (Oliveira e Galvíncio, 2008); Silvério et al., 2011; Albuquerque e Souza, 2016) e importantes, pois auxiliam no desenvolvimento de medidas que contribuam para o manejo sustentável desses

sistemas ambientais. Leal (2012) afirma que um instrumento para o manejo sustentável de uma bacia hidrográfica é o planejamento ambiental. Segundo Santos (2004), o planejamento ambiental oferece suporte ao processo de controle das intervenções de diferentes agentes, como econômicos, sociais e governamentais, aos sistemas naturais. A função do planejamento ambiental, afirma Mota (2003), é contribuir para a manutenção das condições ecológicas e da proteção dos recursos do ambiente.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) adota a bacia hidrográfica como uma unidade de gerenciamento de recursos hídricos e, a partir disso, propõem a divisão do Brasil em 12 regiões hidrográficas com a Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003 (Brasil, 2003). A partir dessa subdivisão, programas e projetos têm sido organizados nas escalas de bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas. Um desses programas é o lançado pelo Ministério do Meio Ambiente, em 2003, e executado através de sua Secretaria Executiva, denominado de Programa de Revitalização de Bacias Hidrográficas em Situação de Vulnerabilidade e Degradação Ambiental. O objetivo é recuperar, conservar e preservar as bacias em situação de vulnerabilidade ambiental, por meio de ações permanentes e integradas que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioambientais e a melhoria da disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os diversos usos (Brasil, 2012).

A região do Pontal do Paranapanema, localizada no extremo oeste do Estado de São Paulo, é formada por um conjunto de bacias, sub-bacias e microbacias que totalizam uma área de aproximadamente 11 mil quilômetros quadrados (km²). Segundo a Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP), a região do Pontal possui um histórico de intensa ocupação territorial e, de forma geral, sem o devido planejamento ambiental que vise minimizar os impactos oriundos dessa ocupação (Itesp, 2013). Exemplos de trabalhos na temática de planejamento ambiental nas bacias do Pontal são o de Dibieso e Leal (2008), Santos e Piroli (2012), Santos e Leal (2012), Soares (2015), Rodrigues et al. (2015) Trombeta e Leal (2016) e Silva et al. (2016).

Independentemente da perspectiva tratada, seja de monitoramento, preservação ou de recuperação de bacias hidrográficas, todas as ações de intervenção são dependentes de uma etapa de análise da qualidade ambiental da área. Nesse processo, a Cartografia tem papel fundamental, pois atua na elaboração de produtos cartográficos, como mapas e cartas, que auxiliam no levantamento e na análise das características naturais da área, relacionando-as entre si, e com as atividades antrópicas e seus impactos no meio físico. Sluter (2008) afirma que produção e uso de mapas são atividades que fazem parte de um mesmo processo denominado de comunicação cartográfica, o qual apenas ocorrerá quando a informação representada atender a demanda do usuário. Um processo de comunicação cartográfica eficaz é dependente de um projeto cartográfico eficiente, no qual se estabelece, dentre outros, a demanda do usuário (Decanini e Imai, 2000; Sluter, 2008). Assim, o projeto e a produção cartográfica se constituem etapas essenciais na análise da qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar uma abordagem sistemática de desenvolvimento de projeto cartográfico que auxilie na produção de mapas temáticos usados na análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica. A abordagem de realizar projeto cartográfico para atender a demanda da construção de produtos cartográficos de referência é bastante comum. Todavia, há uma lacuna na literatura quando se considera o desenvolvimento de projeto cartográfico para atender a demanda de estudos ambientais. Essa lacuna constitui a principal motivação desse trabalho que é a necessidade do estabelecimento de procedimentos que indiquem como realizar um projeto cartográfico, em etapas, que viabilize a produção de mapas temáticos eficazes, isto é, mapas que forneçam informações claras e acuradas ao usuário. A partir disso, formula-se a questão investigada nesse trabalho: “a combinação da literatura especializada em projeto cartográfico para mapeamento topográfico, tal como apresentado nas obras de Keates (1973, 1989) e da Sociedade Suíça de Cartografia (SSC, 1975), com a de Semiologia Gráfica (Bertin, 1983) e Linguagem Cartográfica (Bos, 1984; Maceachren, 1994, 1995; Dent, 1999; Slocum, 1999), que apresentam proposições de soluções para a simbologia em mapas, contribui com o processo de projeto e a produção cartográfica necessária quando da análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica?”.

Análise Ambiental De Bacia Hidrográfica

Marconi e Lakatos (2009) definem “análise” como o estudo, a interpretação e a divisão do todo em partes, para se observar os componentes de um conjunto e identificar suas possíveis relações. Esta definição pode ser aplicada no estudo da qualidade ambiental de

bacia hidrográfica. Santos (2004) considera uma bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, por constituir um sistema natural delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde suas interações físicas são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas (Figura 1). Na análise da qualidade da água de um determinado recurso hídrico, por exemplo, Mota (1995) afirma que a bacia hidrográfica é considerada como a unidade físico-territorial de planejamento, pois as atividades antrópicas é o fator explicativo da qualidade da água na bacia contribuinte.

Planejamento ambiental

O planejamento ambiental pode ser interpretado como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, uma vez que o planejamento e a fiscalização do uso dos recursos ambientais de um meio consistem em objetivos dessa política. Na abordagem de Santos (2004), o planejamento ambiental constitui-se de uma série de etapas que visam estabelecer o conhecimento sobre uma área, com a finalidade de gerenciar essa área de acordo com suas fragilidades e potencialidades. Para Mateo-Rodriguez et al. (2013), o planejamento ambiental pode ser realizado a partir de uma análise integrada da paisagem. Esta análise consiste em um conjunto de métodos aplicados para caracterizar e interpretar a estrutura da paisagem, estudando suas propriedades, a história do seu desenvolvimento e os processos de formação e transformação da mesma.

A concepção metodológica de planejamento ambiental, a partir da análise integrada da paisagem, proposta por Mateo-Rodriguez (1994), e aplicada, por exemplo, por Leal (1995) e Silva et al. (2016), constitui-se em várias etapas, cada qual caracterizada por seus componentes e produtos específicos e por instrumentos concretos da análise regional e da geoecologia. Tais etapas são inventário físico-territorial, diagnóstico ambiental, prognóstico e proposições de melhorias do estado ambiental da bacia hidrográfica em estudo (Mateo-Rodriguez, 1994; Leal, 1995; Mateo-Rodriguez et al. 2013). O inventário físico-territorial é caracterizado como a etapa de compreensão da realidade que se pretende estudar; o levantamento das informações física-territoriais da bacia. A etapa de diagnóstico abrange o inter-relacionamento das variáveis de análise da bacia, no sentido de avaliar seu estado devido às ações naturais e (ou) antrópicas na mesma. Prognóstico e proposição, correspondem, respectivamente, às etapas de estratégias e apresentação de medidas de gerenciamento dos impactos ambientais na bacia em estudo. Assim, torna-se importante a compreensão do planejamento ambiental como uma forma de manejo de bacias hidrográficas.

Baseado na concepção metodológica de planejamento ambiental proposta por Mateo-Rodriguez (1994), pode-se caracterizar a análise ambiental de uma bacia hidrográfica como a integração das duas primeiras fases do planejamento ambiental, o inventário físico-territorial e o diagnóstico ambiental. Em ambas as fases, a Cartografia é instrumento fundamental, pois contribui para a compreensão da realidade do ambiente em estudo, seja por meio de análises da ocupação da área, suas características físicas-territoriais ou mesmo suas potencialidades e fragilidades. Sendo assim, aplicar uma abordagem sistemática de projeto cartográfico para a produção de suas representações tanto na fase de inventário físico-territorial quanto de diagnóstico ambiental de uma bacia caracteriza-se como uma estratégia importante que pode facilitar a realização eficaz de estudos nesse tipo de sistema natural.

Cartografia Temática

A ICA (Associação Cartográfica Internacional - *International Cartographic Association)* define Cartografia como "A arte, a ciência e a tecnologia de produzir mapa, juntamente com seus estudos enquanto documentos científicos e trabalhos de arte" (Meyen, 1973 apud Dent et al., 2009). São reconhecidas duas categorias da atividade cartográfica: a cartografia de base e a cartografia temática, cada qual apoiada por bases científicas independentes e executando seus próprios produtos dirigidos a usuários específicos (Dent, 1999). A Cartografia de base, também denominada de referência ou de propósito geral, consiste em uma Cartografia sistemática, ou seja, apoiada por normas técnicas (convenções), tendo por base científica ciências como a Geodésia, a Fotogrametria, o Sensoriamento Remoto e a Topografia. A Cartografia temática é assistemática; não há convenções cartográficas pré-estabelecidas, e sim normas metodológicas que conduzem o projeto e a concepção de mapas. Neste caso, a base científica se constitui de teorias da informação e comunicação visual, da semiologia gráfica, da psicologia da percepção e da cognição (Bochicchio, 1989; Dent, 1999).

Na Cartografia de base, tem-se por produto cartográfico um mapa de referência, cuja a ênfase está na localização (coordenadas) de feições na superfície da Terra ou em parte dela.

Assim, neste tipo de mapa se representa uma variedade de feições de uma determinada área geográfica como rios, estradas, vegetação, limite de municípios, estados, países, dentre outros. A questão principal respondida por uma mapa de referência é o "onde?"; "onde determinado fenômeno está localizado?".

Na Cartografia temática, o produto final é um mapa temático, e a ênfase deste tipo de produto está na distribuição espacial de um tema específico. Além da questão onde, os mapas temáticos podem responder questões do tipo "o que está distribuído?" (mapa temático qualitativo), "quanto foi distribuído?" (mapa temático quantitativo), "em que ordem foi distribuído?" (mapa temático ordinal) (Dent et al. 2009; Martinelli, 2011). A partir da definição de Cartografia trazida pela ICA, a Cartografia temática pode ser tratada como a parte da Cartografia que se dedica a representar, a partir de bases cartográficas existentes, fenômenos qualitativos, ordenativos ou qualitativos, concretos ou abstratos, observados ou medidos em campo, transformados em grafismos específicos, oriundos de metodologia voltada para tratamento da informação espacial (Dent, 1999).

Independentemente da categoria cartográfica considerada, se cartografia de base ou temática, para a realização de mapeamento, isto é, do processo de produção de um mapa, deve-se desenvolver um projeto cartográfico. Uma vez que o produto pretendido é um mapa de base, desenvolve-se um projeto cartográfico para mapeamento topográfico; se o produto é um mapa temático, realiza-se um projeto cartográfico temático. O diferencial entre esses dois tipos de projeto é que, enquanto no projeto para mapeamento topográfico se tem convenções cartográficas para serem seguidas e aplicadas, no projeto para mapeamento temático não há convenções para a ocorrência da comunicação cartográfica (Decanini e Imai, 2000). O que se tem adota, em geral, são os padrões de apresentação utilizados pelos órgãos responsáveis pela cartografia de cada nação, como é o caso do IBGE e dos Institutos Cartográficos no Brasil. Dessa forma, para cada mapa temático, produz-se uma linguagem cartográfica, sendo seu resultado apresentado na legenda do mapa (Sluter, 2008).

Projeto Cartográfico

Projeto é o esboço ou plano de algo a ser executado no futuro, usado para descrever uma infinidade de atividades que variam desde o projeto de um simples objeto, como por exemplo um jarro, até o projeto de um mapa (Keates, 1989). Um mapa pode ser entendido como o resultado da aplicação de um projeto cartográfico, o qual é caracterizado como uma atividade complexa que envolve aspectos intelectuais e visuais, tecnológicos e não tecnológicos, individuais e multidisciplinares (Dent et al., 2009). Trata-se da agregação de todos os processos mentais durante a fase do processo cartográfico correspondente a sua abstração sobre a representação cartográfica que se está criando (Vozenilek, 2014). Na visão de Dent et al. (2009), o projeto de mapa temático mais adequado é aquele que propõe a solução mais eficiente e eficaz ao aplicar a linguagem cartográfica ao organizar os elementos no mapa.

A concepção metodológica para projeto cartográfico, inicialmente proposta por Keates (1973, 1989) e a Sociedade Suíça de Cartografia (SSC, 1975) para atender ao mapeamento topográfico (ou de referência), foi atualizada por Decanini e Imai (2000), com base na reflexão sobre as teorias da Semiologia Gráfica (Bertin, 1983) e da Linguagem Cartográfica (Bos, 1984; Maceachren, 1994, 1995; Dent, 1999; Slocum, 1999) para atender ao mapeamento temático. Nessa concepção metodológica, o projeto cartográfico é dividido em duas fases: projeto de composição geral e projeto gráfico, as quais são associadas às etapas de produção preliminar e produção final, sendo todas essas fases e etapas interligadas por um processo de retroalimentação (Figura 1).

O projeto de composição geral é caraterizado pela definição das variáveis interdependentes do projeto, as quais, conforme mostra a Figura 1, consistem da seleção da área geográfica, definição do formato de apresentação dos mapas (mídia), definição da escala do produto e do sistema de coordenadas, e seleção e organização das informações para atender a demanda do usuário do mapa. A fase de projeto gráfico se constitui da definição da representação gráfica (símbolos e fontes) e do *layout* do mapa (Decanini e Imai, 2000). Essas duas fases do projeto cartográfico, juntamente com as etapas de produção preliminar e produção final do produto, são interligadas por um processo de retroalimentação, pois se trata de uma importante medida para a eficiência do processo de comunicação cartográfica afirmam Dent et al. (2009). O processo de retroalimentação auxilia a verificar se o processo de elaboração do mapa foi concluído com alto padrão de qualidade, isto é, se o mapa fornece as informações requeridas pelo usuário de forma correta, acurada e rápida (Vozenilek, 2014).

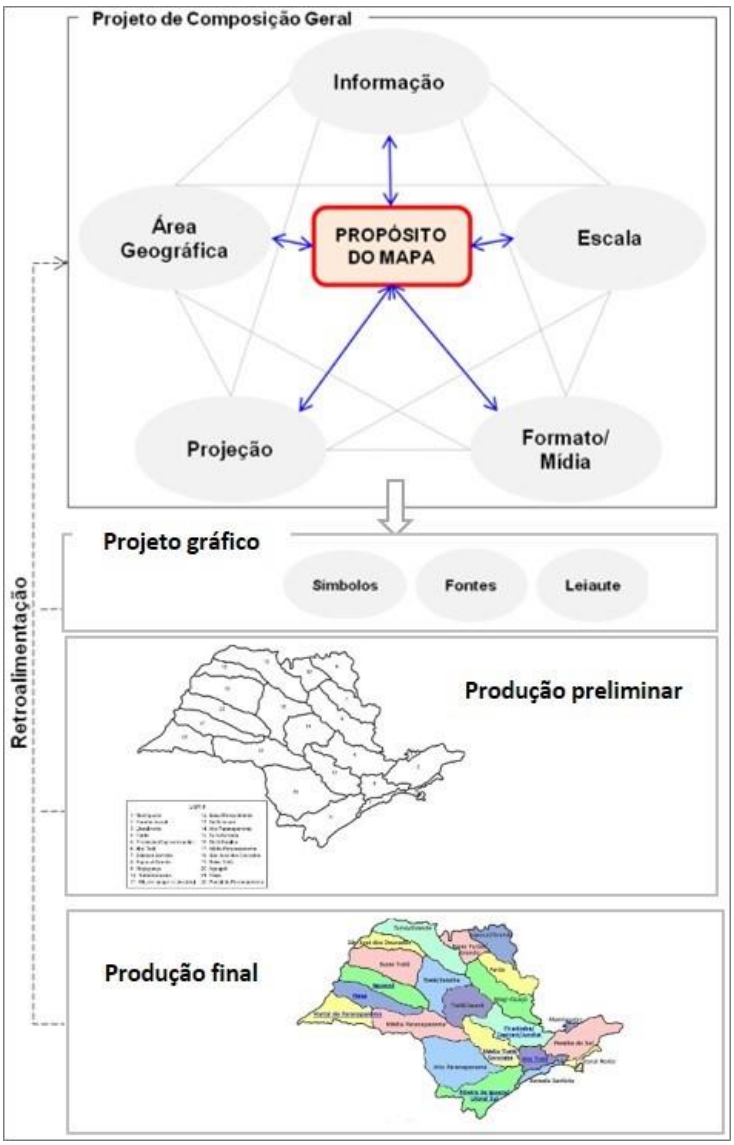

Figura 1. Concepção metodológica de projeto cartográfico, envolvendo distintas fases e etapas.

Aplicação da Concepção Metodológica de Projeto Cartográfico

Para exemplificar o desenvolvimento do projeto cartográfico na análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica, realizou-se um estudo de caso na bacia do rio Pirapozinho, Estado de São Paulo. Assim, apresenta-se nesta seção tanto o desenvolvimento do projeto cartográfico, a partir da concepção metodológica apresentada na seção anterior, quanto a produção cartográfica, isto é, a aplicação do projeto cartográfico para a elaboração dos mapas temáticos de análise da qualidade ambiental da bacia hidrográfica em estudo.

Projeto cartográfico: desenvolvimento do projeto de composição geral

Propósito do mapa

De acordo com a concepção metodológica apresentada na seção anterior e ilustrada na Figura 1, o *propósito do mapa* constitui a variável interdependente que interliga todas as demais variáveis do projeto cartográfico. A questão central que deve ser levantada na fase de análise dessa variável de projeto é "qual a demanda do usuário do mapa?". No estudo de caso selecionado, isto é, na análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica, o propósito dos mapas temáticos é auxiliar o usuário (ex.: gestor público ou instituições) a verificar o estado ambiental da bacia, e sabe-se que este consiste em um dos requisitos na tarefa de planejamento ambiental de uma bacia.

Área geográfica

A bacia hidrográfica do rio Pirapozinho possui uma área aproximada de 1.000 km² e está compreendida entre seis municípios do Estado de

São Paulo, quais sejam Pirapozinho, Tarabai, Álvares Machado, Presidente Bernardes, Sandovalina e Mirante do Paranapanema (Figura 2). Essa bacia juntamente com outras seis bacias hidrográficas constituem a 22ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22).

Cabe ressaltar que as razões da seleção da bacia do rio Pirapozinho enquanto área de estudo foram as diferenciações físicas que essa bacia possui, quando comparado às demais bacias da URGHI-22. A bacia hidrográfica do rio Pirapozinho está inserida em uma área do Pontal do Paranapanema conhecida como Depressão de Presidente Bernardes (Paula e Silva et al. 2003) ou Planalto das Lagoas (Stein et al. 2003). Outro importante aspecto é o fato dessa bacia ser pouco estudada dentre as bacias da região do Pontal do Paranapanema. Todavia, trata-se de uma importante bacia para a região, visto que o rio Pirapozinho juntamente com os rios Paranapanema, Paraná e Santo Anastácio constituem os principais rios do Pontal do Paranapanema, segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas (CBH) do Estado de São Paulo.

Figura 2. Localização geográfica da bacia do rio Pirapozinho no Pontal do Paranapanema - SP.

Seleção e organização das informações

A seleção e organização das informações é uma etapa do projeto cartográfico onde se identifica o conjunto de dados que deve ser mapeado para atender a demanda do usuário. No contexto de uma bacia hidrográfica, tais dados correspondem às variáveis, ou seja, aos mapas necessários para desenvolver a análise da qualidade ambiental da bacia. Para definir tais mapas no presente trabalho, considerou-se abordagens de trabalhos relacionados ao tema, a saber Dibieso e Leal (2008), Santos e Piroli (2012), Leal (2012), Santos e Leal (2012), Soares (2015), Rodrigues et al. (2015), Trombeta & Leal (2016) e Silva et al. (2016), as quais se fundamentam na proposta metodológica de planejamento ambiental proposta por Mateo-Rodriguez (1994).

Um conjunto de 10 mapas temáticos, que expressam as variáveis do estudo, foi definido para compor a análise da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho, quais sejam: distribuição da drenagem, declividade, mapa hipsométrico, pedológico, unidades geológicas, unidades climáticas, mapa de uso e cobertura da terra, de áreas de preservação permanente aflorantes, mapa de unidades morfológicas, e de suscetibilidade a erosão. Cada um desses mapas é composto por classes e subclasses de informação, para as quais se deve

definir a dimensão espacial (se ponto, linha ou área) das feições na escala de representação adotada e o nível de medida, se nominal, quantitativo ou ordinal, entre cada subclasse de feição. Dessa forma, na Tabela 1 é apresentada a síntese da seleção e organização das informações para a bacia hidrográfica em estudo.

Tabela 1 –Seleção e organização das informações para a bacia hidrográfica do Rio Pirapozinho.

Variável (mapa)	Classe de informação	Subclasse de informação	Dimensão espacial	Nível de medida
Distribuição da drenagem	Drenagem	-	Linha	Não se aplica
	Bacia hidrográfica			
	Limite dos municípios			
Declividade	Classes de declividade	Até 5%	Área	Quantitativo
		Acima de 5% a 12%		
		Acima de 12% a 20,68%		
	Drenagem	Não se aplica	Linha	Não se aplica
	Bacia hidrográfica			
	Curvas de nível			
	Limite dos municípios			
Hipsometria	Classes hispométricas	Região baixa	Área	Ordinal
		Região média baixa		
		Região média		
		Região média alta		
		Região alta		
	Drenagem	Não se aplica	Linha	Não se aplica
	Bacia hidrográfica			
	Curvas de nível			
	Limite dos municípios			
Unidades geológicas aflorantes	Unidades	Ka_I	Área	Qualitativo
		Ka_{IV}		
		Ka_V		
		Kc		
		Ksa		
		Qa		
	Drenagem	Não se aplica	Linha	Não se aplica
	Bacia hidrográfica			
	Limite dos municípios			
Variável (mapa)	**Classe de informação**	**Subclasse de informação**	**Dimensão espacial**	**Nível de medida**
Uso e cobertura da terra	Classes de uso	Lagoa/Represa	Área	Qualitativo
		Solo exposto		
		Vegetação		
		Culturas		
		Pastagem		
	Drenagem	Não se aplica	Linha	Não se aplica
	Limite da bacia			
	Limite dos municípios		Área	
	Malha urbana		Área	
	Pontos de coleta		Ponto	
Unidades morfológicas	Unidades	Colinas Amplas	Área	Qualitativo
		Colinas Médias		
		Planícies Aluviais		

	Drenagem	Não se aplica	Linha	Não se aplica
	Bacia hidrográfica			
	Limite dos municípios			
Unidades climáticas	Subsistema climático	B_{IV}mAlpha	Área	Não se aplica
		B_{IV}mBeta		
		T		
	Drenagem	Não se aplica	Linha	
	Bacia hidrográfica			
	Limite dos municípios			
Pedologia	Classes pedológicas	Latossolos Vermelhos	Área	Qualitativo
		Nitossolos Vermelhos		
		Argissolos Vermelhos		
		Argissolos Vermelho-Amarelos		
		Neossolos Flúvicos		
	Drenagem	Não se aplica	Linha	Não se aplica
	Bacia hidrográfica			
	Limite dos municípios			
	Bacia hidrográfica			
	Limite dos municípios			
Variável (mapa)	**Classe de informação**	**Subclasse de informação**	**Dimensão espacial**	**Nível de medida**
Áreas de Preservação Permanente (APP)	Áreas de Preservação Permanente	APP (50 m)	Área	Quantitativo
		APP (30 m)		
	Limite dos municípios	Não se aplica	Linha	Não se aplica
	Corpos d'água		Área	
	Vegetação		Área	
	Bacia hidrográfica		Linha	
Suscetibilidade a erosão	Suscetibilidade a erosão	Muito baixo	Área	Ordinal
		Médio		
		Alto		
		Muito Alto		
	Drenagem	Não se aplica	Linha	Não se aplica
	Bacia hidrográfica			
	Limite dos municípios			

Definição da escala de representação

A escala de representação tem influência direta no potencial do mapa enquanto meio de comunicação cartográfica (Dent et al. 2009; Slocum et al. 2009), pois determina a seleção, a generalização e a representação das feições no mapa (Dent et al. 2009). Portanto, na definição da escala de um mapa, deve-se considerar questões como a demanda do usuário, a mídia de apresentação do produto, o nível de detalhe da informação para atender a demanda do usuário (SSC, 2005; Dent et al. 2009), isto é, deve-se integrar as variáveis do projeto de composição geral ao se definir a escala de representação (Figura 1).

Na presente análise empírica, definiu-se a escala de 1:300.000 para a elaboração dos mapas temáticos. Esta decisão foi pautada tanto em função das variáveis interdependentes do projeto cartográfico, quanto em razão da escala cartográfica dos dados utilizados na compilação de cada mapa temático. Assim, é importante destacar que cada projeto irá nortear o nível de detalhe do mapa, o que permite afirmar que não há uma escala padrão a ser adotada em todo e qualquer trabalho de análise ambiental ou similar. Ressalta-se, ainda, que embora 1:300.000 não represente nenhuma das escalas adotadas no mapeamento sistemático da cartografia nacional (1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000.

1:50.000 e 1:25.000) (Menezes e Fernandes, 2013), essa foi a escala que melhor representou, na mídia selecionada, o conjunto de informações pretendido para cada mapa temático.

Formato de apresentação e sistema de coordenadas

O formato de apresentação dos mapas deve ser aquele que favoreça uma rápida e fácil leitura do produto. Para tanto, a definição da mídia deve ocorrer em função das variáveis interdependentes do projeto de composição geral. Assim, no estudo de caso, a partir do conjunto de informações selecionado e da escala de representação definida para os mapas, estabeleceu-se que uma mídia de tamanho A4 (21 cm x 29,7 cm) é adequada para apresentar os mapas temáticos ao usuário, seja o produto exibido na tela do computador ou impresso.

Quanto à decisão sobre qual sistema de coordenadas adotar na elaboração dos mapas, cumpriu-se a exigência do IBGE (Brasil, 2005) para o sistema de referência, adotando-se, portanto, o datum horizontal SIRGAS 2000. Para o sistema de projeção, manteve-se a recomendação do IBGE, a qual é o sistema UTM (Universal Transverso de Mercator) quando se trabalha com escalas aproximadas a 1:250.000 e a área de geográfica não se situa em borda de fuso. A bacia do rio Pirapozinho encontra-se por completo no fuso 22 na divisão de fusos do sistema UTM.

Projeto cartográfico: desenvolvimento do projeto gráfico

De acordo com a concepção metodológica para projeto cartográfico adotada no presente trabalho (Figura 1), o projeto gráfico é dividido em duas etapas: representação gráfica e leiaute do mapa. A primeira compreende a definição da simbologia das feições e o projeto de fontes para apresentação das informações (Menezes e Fernandes, 2013, Decanini e Imai, 2000).

A definição da simbologia de uma representação cartográfica deve ser realizada de maneira que as propriedades perceptivas visuais (dissociativa/associativa, seletiva, ordenativa e quantitativa) dos símbolos descrevam as características, ou os níveis de medida (nominal, ordinal e quantitativo), do fenômeno geográfico em estudo (Martinelli, 2011). Para tanto, no projeto de símbolos, especificam-se as variáveis visuais de Bertin (1983) (ex.: tamanho, cor, forma, espaçamento, valor), a forma de representação dos símbolos (geométrica, pictórica ou alfanumérica) e a dimensões das feições (pontuais, lineares e de área) do mapa (Keates, 1989; Dent, 1999; Decanini e Imai, 2000).

Cabe ressaltar que recomendações de órgãos governamentais ou instituições foram utilizadas como referência para definir o projeto de cores dos mapas temáticos sempre que disponível. Como no caso do mapa de unidades geológicas, para o qual se adotou as cores do mapa de unidades geológicas produzido por Almeida et al. (1981). Outro exemplo é o mapa de suscetibilidade a erosão que é baseado no mapa de suscetibilidade a erosão elaborado pela CPTI (Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas) de 1999, ou ainda, o mapa de uso e cobertura da terra que seguiu o proposto no Manual Técnico de Uso da Terra (2013) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Também, para o mapa de pedologia, baseou-se no mapa pedológico produzido pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) em 1999, para o mapa de unidades morfológicas, manteve-se o adotado pelo IPT (1994), e nos mapas de drenagem, hipsometria e declividade baseou-se nos produtos disponibilizados pelo IBGE.

Para ilustrar o resultado do projeto gráfico desenvolvido no presente estudo de caso, a Tabela 2 apresenta o projeto dos mapas de suscetibilidade a erosão e o mapa de uso e cobertura da terra. A organização dessa tabela é baseada nas classes e subclasses de informação definidas no projeto de composição geral, considerando-se as variáveis visuais, as cores (sistema de cor RGB), a dimensão espacial e a simbologia das feições no mapa. Essa abordagem de projeto gráfico foi aplicada em cada um dos 10 mapas temáticos de análise da qualidade ambiental da bacia do rio Pirapozinho.

Quanto ao projeto de fontes para apresentação das informações no mapa, Brown et al. (2001) recomendam a fonte verdana, por consistir em um estilo claro, moderno e limpo. Portanto, todos os textos presentes nos mapas do caso de estudo (i.e. toponímia e informações marginais) foram escritos em verdana, preto (RGB= 0,0,0).

A segunda fase do projeto gráfico é a definição do leiaute do produto. Dent (1999) afirma que na elaboração do *layout* deve-se adotar uma divisão balanceada do espaço disponível para apresentar a informação no mapa. Isto corresponde a realizar uma organização equilibrada dos elementos do mapa (i.e. legenda, metadados, escala, rosa dos ventos, título, mapa de contexto geográfico, coordenadas, logotipos,

etc.) para evitar um peso ótico em uma só direção da representação visual. Segundo Dent et al. (2009) um projeto gráfico eficaz depende da capacidade de organização hierárquica que se impõe aos elementos do mapa para atender à demanda do usuário.

Tabela 2 – Projeto gráfico proposto para os mapas de suscetibilidade a erosão e de uso e cobertura da terra utilizados na análise da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho.

Variável (mapa)	Classe de informação	Subclasse de informação	Variável visual	Sistema de cor (RGB)	Símbolo
Suscetibilidade a erosão	Suscetibilidade a erosão	Muito baixo	Cor valor	(225,235,214)	
		Médio		(230,188,140)	
		Alto		(204,146,75)	
		Muito alto		(179,111,23)	
	Drenagem	-	-	(10,147,252)	
	Bacia hidrográfica			(255,0,0)	
	Limite dos municípios			(178,178,178)	
Uso e cobertura da terra	Classes de uso	Lagoa/Represa	Cor matiz	(0,0,254)	
		Solo Exposto		(115,76,0)	
		Vegetação		(0,164,14)	
		Culturas		(255,127,127)	
		Pastagem		(255,255,115)	
	Drenagem	-	-	(10,147,252)	
	Limite da bacia			(0,0,0)	
	Limite dos municípios			(130,130,130)	-
	Malha urbana			(178,178,178)	

Produção cartográfica

Todos os mapas temáticos propostos para a análise da qualidade ambiental da bacia do rio Pirapozinho foram compilados no *software* de Sistema de Informação Geográfica, o ArcGIS 10.2, e Spring 5.3 em alguns casos, utilizando dados disponíveis por órgãos como o IBGE, a CPTI e o USGS (*United States Geological Survey* - Serviço Geológico Americano). No banco de dados geográficos do IBGE (2010) foram obtidas bases cartográficas vetoriais, na extensão *shapefile*, como a base de municípios (escala 1:250.000) e de drenagem (escala 1:50.000). Na página da CPTI foram obtidos dados vetoriais sobre a pedologia, as unidades geológicas aflorantes, entre outras. Os dados *raster* foram obtidos na página da USGS, sendo os quais imagens orbitais de 30 metros de resolução espacial, sensor OLI do satélite Landsat 8, e Modelo Digital de Superfície (MDS) com resolução espacial de 30 m da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

A produção dos mapas de declividade e hipsométrico foi realizada aplicando funções de geoprocessamento no MDS do SRTM. Para a definição da amplitude do intervalo das classes de declividade (até 5%, maior que 5%, até 12% e de 12% até 30%), adotou-se a abordagem de De Biasi (1992), o qual associa faixas de declividade ao uso da terra. Assim, terreno com declividade até 5% limita-se a uso urbano-industrial, de 5% a 12% limita-se ao emprego de mecanização na agricultura, e entre 12% e 30% define-se o limite para urbanização sem restrições de parcelamento de solo.

O mapa de uso e cobertura foi gerado a partir da classificação de um mosaico formado por duas imagens Landsat 8, uma imagem na data de 07/04/2016 e outra de 30/04/2016. A classificação foi realizada no *software* Spring 5.3, adotando o tipo supervisionada por pixel, com o algoritmo de Máximo Verossimilhança, para uma composição falsa cor 4(B), 5(G) e 6(R). A partir da elaboração de uma chave de interpretação, conforme recomenda Florenzano (2011), identificou-se um total de cinco classes temáticas para o mapa de

uso e cobertura: lagoa/represa, solo exposto, vegetação, culturas e pastagem. O índice kappa obtido na classificação foi de 95,2%.

Na produção do mapa de subsistema climático, utilizaram-se os dados levantados por Boin (2000) e apresentados no mapa de Unidades Climáticas no trabalho do mesmo autor. O mapa de drenagem foi elaborado com os dados disponibilizados na base do IBGE na escala de 1:250.000. Enquanto que o mapa de áreas de preservação permanente foi elaborado aplicando a função de geoprocessamento *buffer* sobre o curso dos rios, segundo o que determina a lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil ,2012). Assim, utilizaram-se faixas de 30 metros, para rios da bacia com largura inferior a 10 m, e faixas de 50 m, para rios com largura de 10 a 50 m. Os demais mapas como unidades morfológicas, pedologia, etc. foram produzidos com os dados disponibilizados pela CPTI, em 1999, na escala 1:250.000.

Resultados e Discussão

Um total de 10 mapas (Figuras 3 a 13) resultou da aplicação da abordagem de projeto cartográfico para a análise da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho. Para todos os 10 mapas empregou-se o mesmo *layout* visando contribuir com o processo de comunicação cartográfica. Isto porque um *layout* único para todo o conjunto de mapas favorece o aprendizado do usuário sobre como as informações estarão organizadas na mídia de apresentação do produto após a leitura de alguns desses. Com isso, pode-se direcionar a atenção do usuário somente para a mensagem que o mapa pretende comunicar. O conjunto de mapas produzidos foi formado por mapa de unidades climáticas, de declividade, de unidades geológicas aflorantes, de unidades morfológicas, mapa hipsométrico, mapa pedológico, de distribuição da drenagem, de suscetibilidade a erosão, de áreas de preservação permanente e mapa de uso e cobertura da terra.

Na Figura 3, tem-se o mapa da rede de drenagem da bacia em estudo. Nota-se que a drenagem da bacia está sobreposta à representação do relevo. Essa visualização da forma do relevo foi criada aplicando-se a técnica de sombreamento no modelo digital de superfície do SRTM. Considera-se que essa decisão de projeto contribuiu para a eficiência do processo de comunicação cartográfica, pois facilita a compreensão da dinâmica fluvial da área. Uma análise visual do mapa da rede de drenagem, combinado ao sombreamento do relevo, evidencia claramente que a bacia hidrográfica do rio Pirapozinho possui diferenciação da drenagem nas porções nordeste e central (Figura 3).

Na porção nordeste da bacia há uma maior ramificação da drenagem, conferindo o padrão dendrítico de drenagem. Enquanto na porção central, identificam-se drenagens mais esparsas, com menor índice de ramificação. A literatura divide a bacia do rio Pirapozinho em basicamente em dois setores. O primeiro conhecido como depressão de Presidente Bernardes (Paula e Silva et al. 2003) ou Planalto das Lagoas (Stein et al. 2003), caracterizado por seu relevo plano, pouco dissecado, com padrões de drenagem dendrítico principalmente nas porções nordeste, e padrões de drenagem semicircular ao centro-norte com a presença de lagoas sobre os setores de menor declividade. O segundo setor da bacia é localizado na porção centro-sul, caracterizado por intensa ocupação de terras agrícolas e menor volume de vegetação arbórea quando comparado com a porção central e norte.

A declividade e a hipsometria da bacia do rio Pirapozinho estão representadas nos mapas das Figuras 4 e 5, respectivamente. Pela análise visual dessas representações, tem-se que a bacia não possui elevados índices de declividade, isto é, a hipsometria da região é concentrada entre baixa para média, e isso indica uma maior aptidão agrícola mecanizada na área. Silva et al. (2016) apontam que conforme aumentam as declividades, aumenta-se a suscetibilidade a erosão do ambiente, sendo necessário uma maior atenção para áreas com maior declividade e com baixa cobertura vegetal. Nota-se, ainda, que, em ambas as representações temáticas (Figuras 4 e 5), fez-se uso da variável visual cor-valor (Slocum et al. 2009) para representar a inclinação do terreno (declividade) e a variação de sua altitude (hipsometria). O uso dessa variável intencionou permitir uma ordem visual, isto é, uma hierarquia visual entre as subclasses de informações representadas. Assim, ao se aplicar o conceito de cores quentes-frias (Slocum et al. 2009) associando cores frias (ex.: verde, amarelo) às regiões mais baixas (menor declividade) da bacia e cores quentes (ex.: laranja, marrom e vermelho) às regiões mais altas (maior declividade), pode-se rapidamente analisar a topografia da região. É possível identificar que as regiões mais altas (Figura 5) estão localizadas, sobretudo, na porção nordeste da bacia, ou seja, nas regiões com maior concentração de cabeceira de drenagem e, portanto, com maior declividade (Figura 4).

Cabe destacar que cor-valor corresponde a uma das três componentes da variável visual cor proposta por Bertin (1983). Slocum (1999) é

quem estabelece a divisão da cor em três componentes, quais sejam matiz da cor (ou cor-matiz), saturação da cor (ou cor-saturação) e valor da cor (cor-valor). O matiz é o comprimento de onda do espectro eletromagnético associado a cor (ex.: verde, azul, vermelho); saturação é a intensidade do matiz, 100% de saturação, tem-se uma cor pura e 0% uma cor acinzentada; valor é o brilho da cor, ou seja, a quantidade de luz branca na cor (Slocum, 1999).

A Figura 6 apresenta o mapa pedológico da bacia rio Pirapozinho. Há cinco tipos de solo nessa bacia: Latossolos Vermelhos, Neossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos. Como o propósito desse mapa é o de diferenciar um tipo de solo de outro, tem-se a decisão de se utilizar a variável visual cor-matiz (Slocum et al. 2009) para segregar uma classes de solo de outra na bacia. Isso porque essa variável retrata a propriedade perceptiva de dissimilaridade entre as feições (Martinelli, 2011), isto é, segregação entre classes, cujo é o objetivo para a classe de informação 'classes pedológicas' na bacia em estudo. A cor é uma variável de alta capacidade seletiva para criação e separação de grupos distintos, caracterizando-se uma das variáveis visuais mais importantes no projeto gráfico para a comunicação visual (Dent et al. 2009; Slocum et al. 2009).

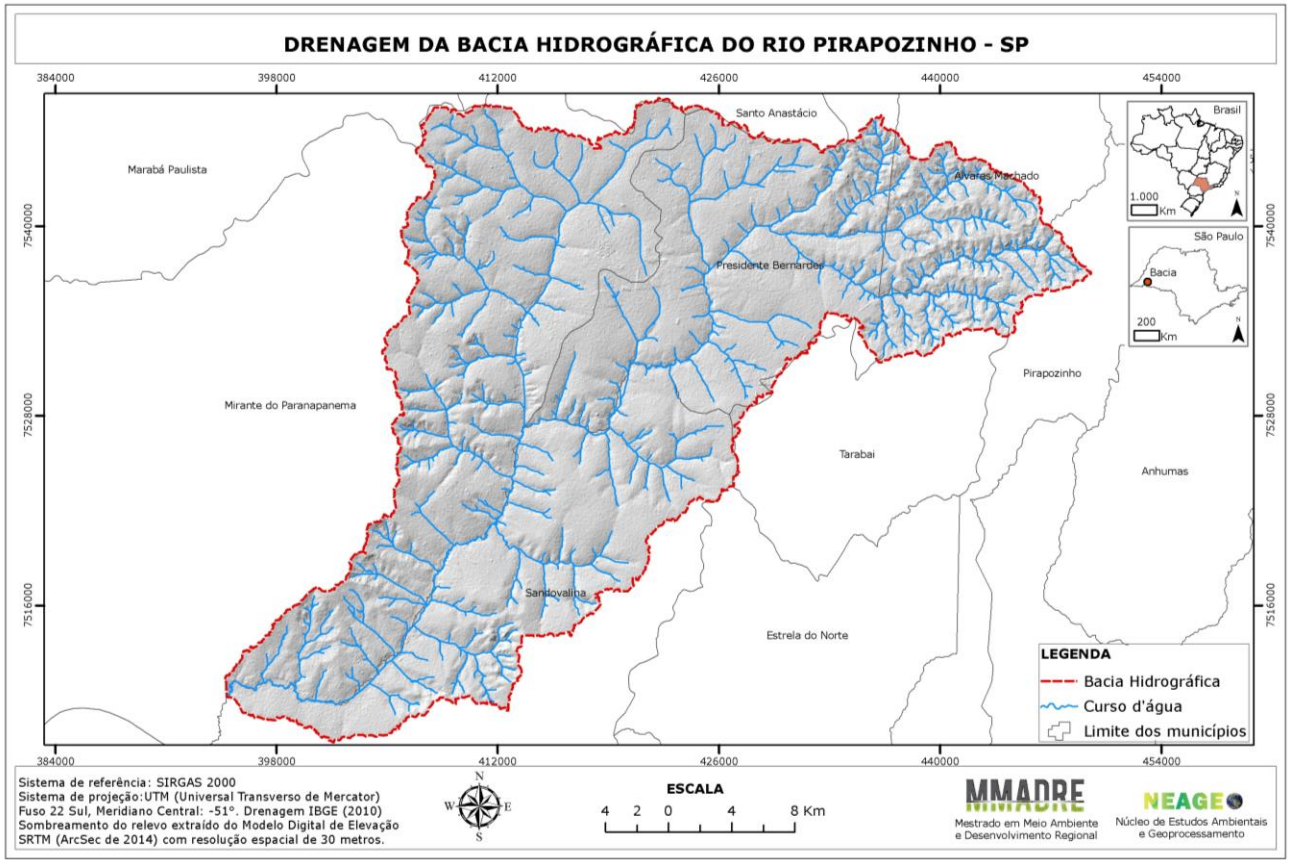

Figura 3. Mapa de distribuição de drenagem da bacia do rio Pirapozinho.

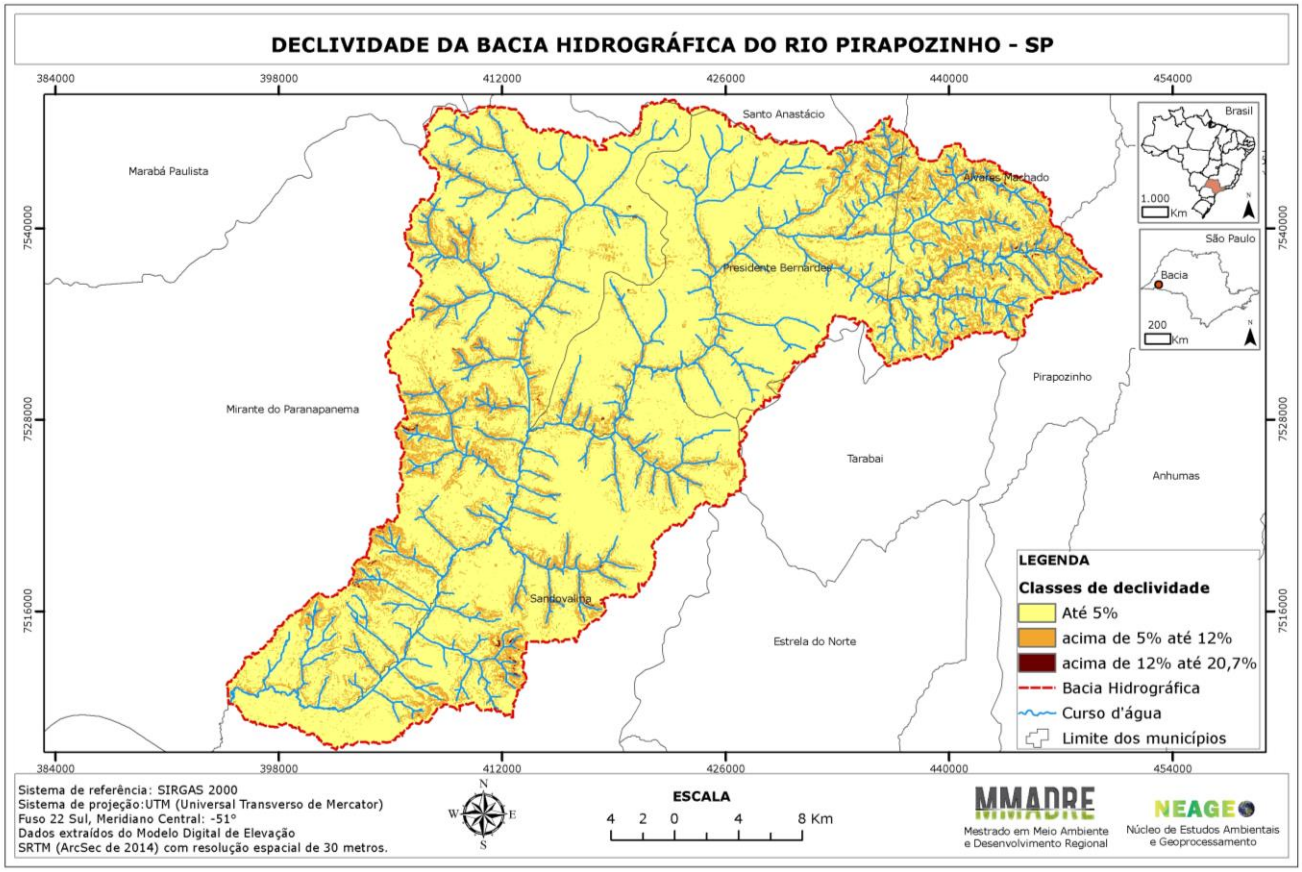

Figura 4. Mapa de declividade da bacia do rio Pirapozinho.

O projeto gráfico estabelecido para o mapa da Figura 6 facilita analisar a distribuição espacial de cada tipo de solo na bacia do rio Pirapozinho. Verifica-se que há uma maior concentração de solos do tipo Argissolos Vermelho-Amarelos na região nordeste da bacia, e na porção sul, próximo a foz do rio Pirapozinho e contíguo ao curso hídrico, tem-se a predominância dos solos Neossolos Flúvicos. Além disso, o mapa (Figura 6) evidencia que somente uma pequena região da bacia possui os Nitossolos Vermelhos, e essa é representada pela cor matiz vermelho. O uso desse matiz para regiões pequenas no mapa é adequado, pois, por ser uma cor quente, avança aos olhos (Dent et al. 2009), e de acordo com o mapa de sensibilidade retinal (Wade; Swanston, 1991 apud Maceachren, 1995) deve ser utilizado para representar elementos de pequena dimensão no mapa.

Nos mapas de unidades geológicas aflorantes (Figura 7), unidades climáticas (Figura 8) e uso e cobertura da terra (Figura 9), a variável cor-matiz, também, foi aplicada para diferenciar as classes temáticas dessas representações. No caso do mapa de unidades geológicas aflorantes (Figura 7) foi aplicado seis matizes, sendo três deles para simbolizar as divisões da formação Adamantina, subdivididas em unidades de mapeamento Ka1, Ka4 e Ka5, um para as unidades geológicas da formação Caiuá (Kc), outro para a formação Santo Anastácio (Ksa) e um último matiz para a formação de Areias Quartzosas (Qa). Pode-se considerar que quanto maior o número de matizes associado a um mapa, mais complexo é o projeto gráfico deste, pois, de acordo com Dent et al. (2009), o olho humano tem capacidade limitada em discernir grandes variações acromáticas (tons de cinza) ou cromáticas (matizes).

O mapa de unidades climáticas (Figura 8) mostra que a bacia do rio Pirapozinho está localizada em apenas dois subsistemas, o BIVmAlpha e BIVmBeta, separados por uma faixa de transição (T). Os matizes no comprimento de onda azul e verde foram aplicados aos subsistemas climáticos, enquanto o matiz amarelo aplicado para a faixa de transição. Nota-se que o matiz azul se apresenta menos saturado no mapa em comparação ao matiz verde (Figura 8). Esta foi uma decisão para se manter um equilíbrio visual no mapa, pois a saturação da cor deve ser trabalhada em função da dimensão do elemento representado. Assim, como a maior parte da bacia encontra-se no subsistema BIVmAlpha, adotou-se um matiz menos saturado, neste caso o azul, e para a porção menor da bacia, situada no subsistema BIVmBeta, um matiz mais saturado, neste caso o verde. Cabe ressaltar que o

matiz amarelo, simbolizando a área de transição, propicia uma segregação visual (Dent et al. 2009) entre os dois subsistemas climáticos da representação temática (Figura 8).

Diferentemente do mapa de unidades climáticas, verifica-se pela Figura 9 que seis matizes foram necessários para representar o uso e a cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Pirapozinho em abril de 2016. A definição dos matizes para esse tipo de representação temática é ainda mais complexa, pois, primeiro, deve-se buscar uma associação da cor da feição no mapa com o elemento do mundo real, de maneira a tornar intuitiva a leitura do produto cartográfico, como por exemplo representar a hidrografia em azul e não em amarelo. Segundo porque determinadas classes temáticas (ex: cultura) possuem uma grande quantidade de feições e de tamanhos variados, o que dificulta estabelecer um matiz apropriado para todas essas feições. Assim, para auxiliar na definição dos matizes, baseou-se no manual de uso da terra do IBGE (2013), o qual sugere matizes para as classes de uso e cobertura da terra no sistema de cores RBG.

Ao analisar o mapa de uso e cobertura (Figura 9), verifica-se que a bacia hidrográfica do rio Pirapozinho é predominantemente ocupada por áreas de pastagem e cultura. Na análise quantitativa desse mapa, tais classes totalizam aproximadamente 88% da área da bacia. Esses resultados apontam que a bacia em estudo possui um *déficit* vegetativo, o que se confirma ao se quantificar a área de vegetação, a qual correspondeu a apenas 6,5% do total da bacia, o que não atende ao estabelecido no código florestal, o qual afirma ser de 20% a área de vegetação ideal (Brasil, 2012).

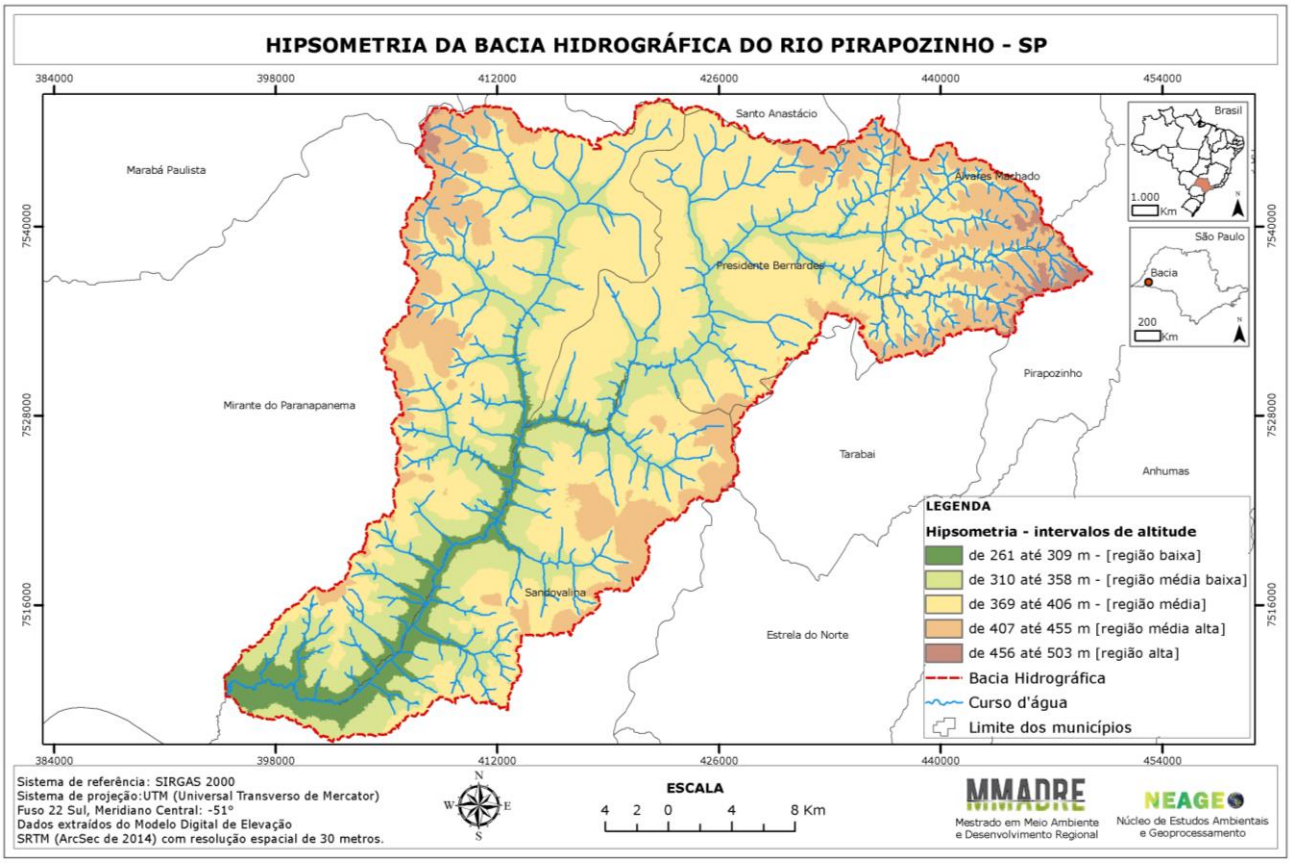

Figura 5. Mapa hipsométrico da bacia do rio Pirapozinho.

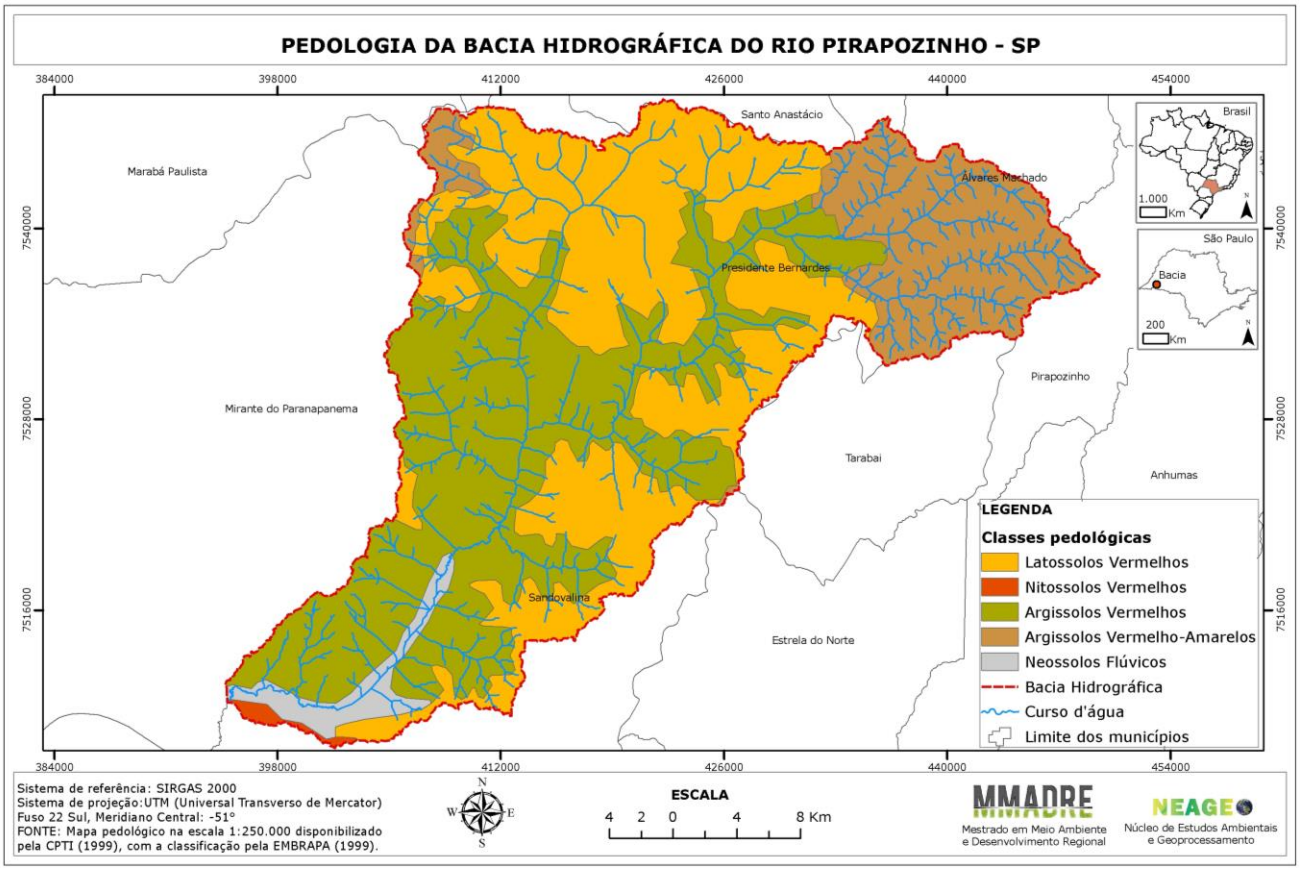

Figura 6. Mapa pedológico da bacia do rio Pirapozinho.

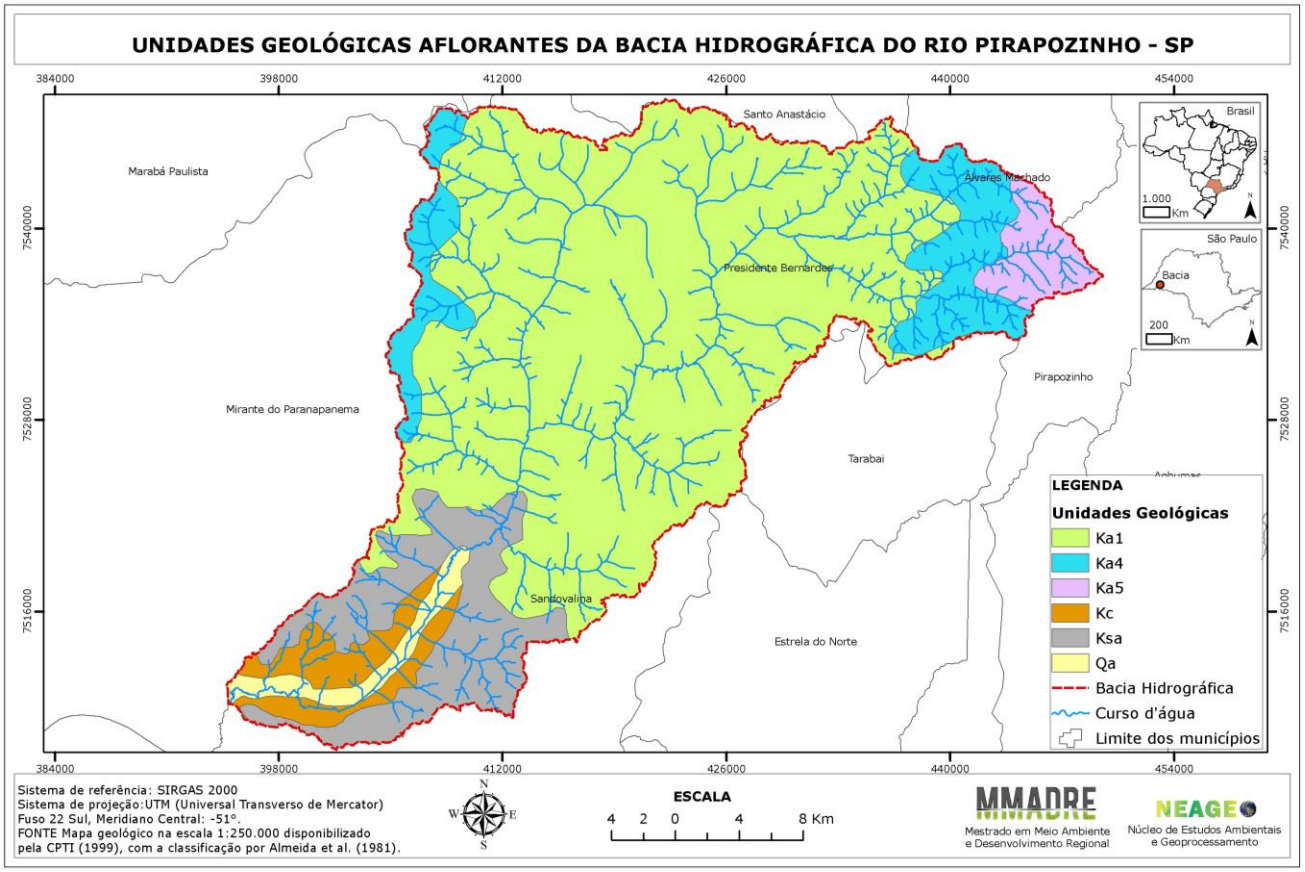

Figura 7. Mapa de unidades geológicas aflorantes da bacia do rio Pirapozinho.

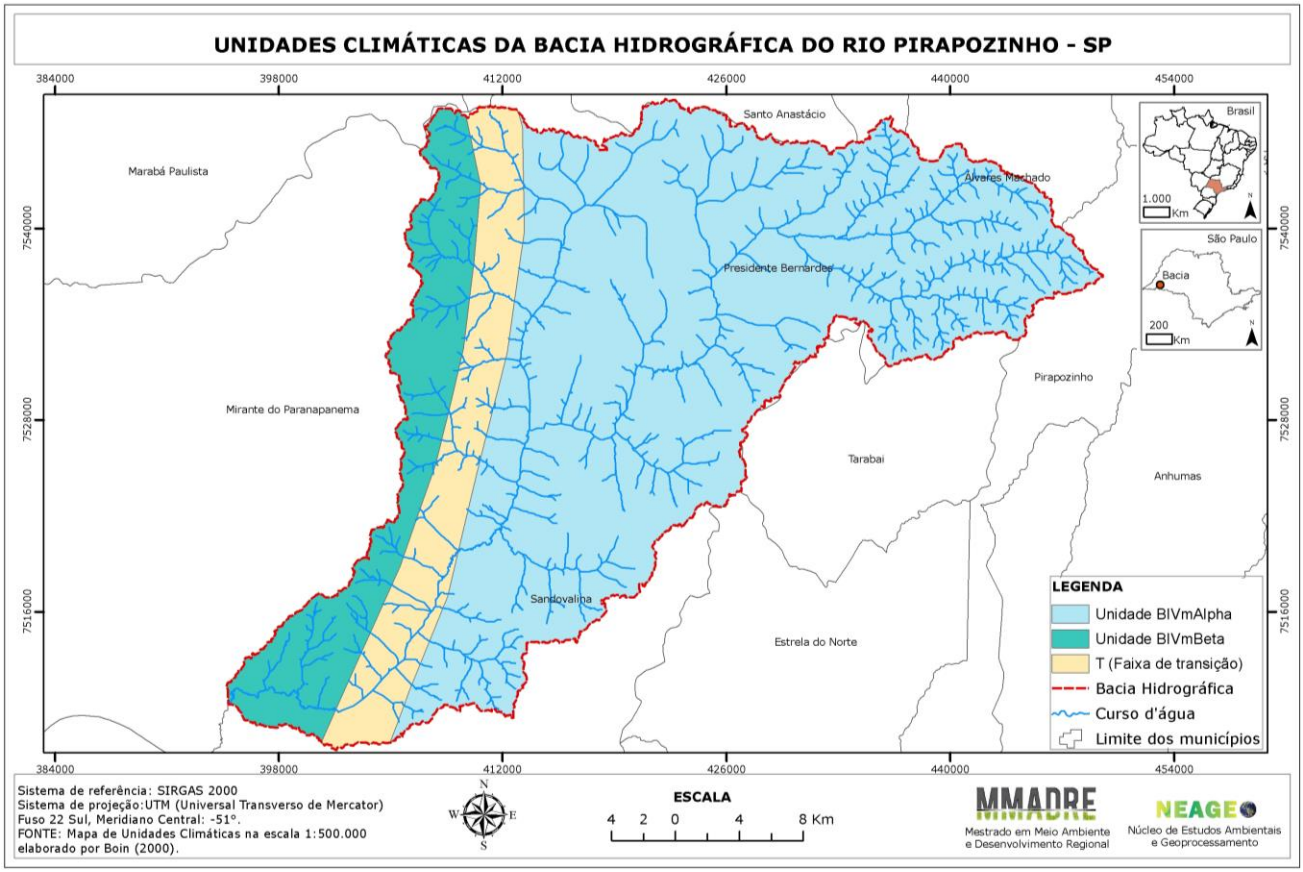

Figura 8. Mapa de unidades climáticas da bacia do rio Pirapozinho.

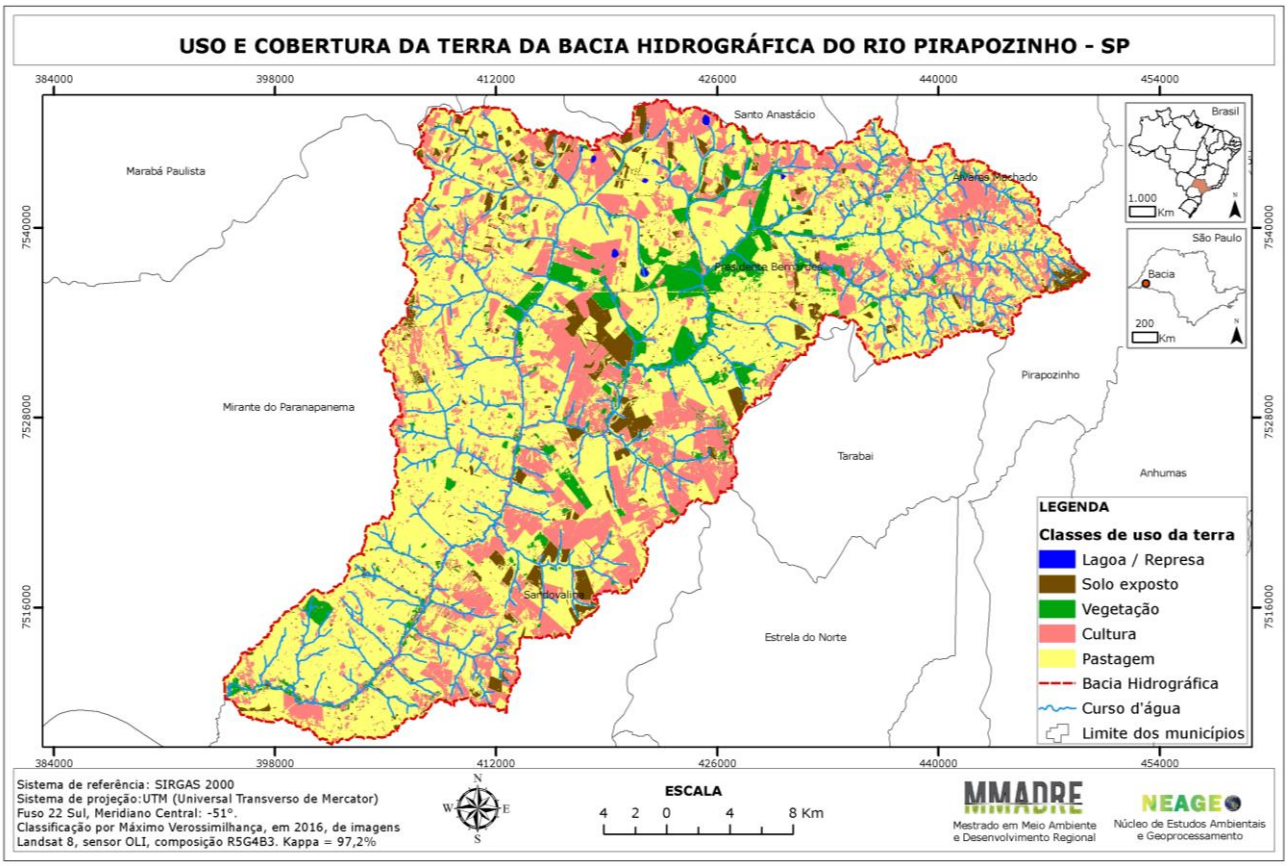

Figura 9. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Pirapozinho.

Outro produto cartográfico elaborado para a bacia do rio Pirapozinho foi o mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP) como mostra a Figura 10. Segundo Brasil (2012), as faixas marginais de cursos d'água são APP, e tais áreas devem conter, para corpos d'água com largura de até 10 m, uma faixa de vegetação com largura mínima de 30 m. Para corpos d'água com largura acima de 10 m, a faixa de vegetação deve ser de 50 m. Na representação das faixas de APP (Figura 10), utilizou-se o matiz vermelho, para indicar as áreas onde a faixa de vegetação deve ser maior, neste caso, de 50 m, e o matiz laranja para as áreas de APP de 30 m. Assim, tem-se uma associação entre a largura da faixa de APP e a intensidade da cor-matiz, visto que o laranja é um matiz resultante da combinação de duas cores: o amarelo (cor secundária) e o vermelho (cor primária). As três cores primárias são o vermelho, o verde e o azul, e a partir da combinação dessas três cores, obtém-se qualquer outra cor do espectro eletromagnético (Slocum et al., 2009). A mesma proporção das três cores primárias resulta na cor cinza.

Nota-se (Figura 10) que a bacia encontra-se desprovida de vegetação nas APP. A análise combinada entre o mapa de APP (Figura 10) e de uso e ocupação da terra (Figura 9), evidencia que a bacia do rio Pirapozinho se encontra em desequilíbrio ambiental. Segundo Silva *et al* (2017), a vegetação exerce a função de proteção dos solos contra contaminações, sendo essencial para a manutenção da qualidade ambiental de um meio. Especificamente a ausência de vegetação ciliar contribui para processos degradativos em uma bacia, como processos erosivos, exposição a contaminantes, tais como agrotóxicos e fertilizantes, visto que a vegetação retém partículas xenobióticas e amortecedora da força das águas precipitadas (Mota, 2010).

O mapa de unidades morfológicas e de suscetibilidade a erosão da bacia do Pirapozinho encontra-se nas Figuras 11 e 12, respectivamente,. Essa bacia possui três divisões no relevo, havendo na região nordeste a predominância de Colinas Médias, e nas porções centro-sul e noroeste as Colinas Amplas (Figura 11). O mapa de suscetibilidade a erosão tem a função de identificar as regiões mais frágeis ambientalmente, e pra isto integra aspectos do meio físico como drenagem, pedologia e unidades morfológicas. Regiões de maior declividade são de maior suscetibilidade a processos erosivos. Deve-se considerar, ainda, que quanto maior o intemperismo, maior será o desgaste das rochas favorecendo o desenvolvimento da pedogênese local.

A hierarquia visual entre as subclasses de informação nas representações temáticas de unidades morfológicas e de suscetibilidade a erosão da bacia do rio Pirapozinho (Figuras 11 e 12) foi estabelecida por meio da variável visual cor-valor. No primeiro (Figura 11) adotou-se o matiz verde e trabalhou-se com o valor dessa cor, isto é, a variação de brilho da cor. O mesmo procedimento foi realizado no mapa de suscetibilidades a erosão (Figura 12), porém a partir de um matiz marrom-avermelhado para realizar a conotação com a cor da terra.

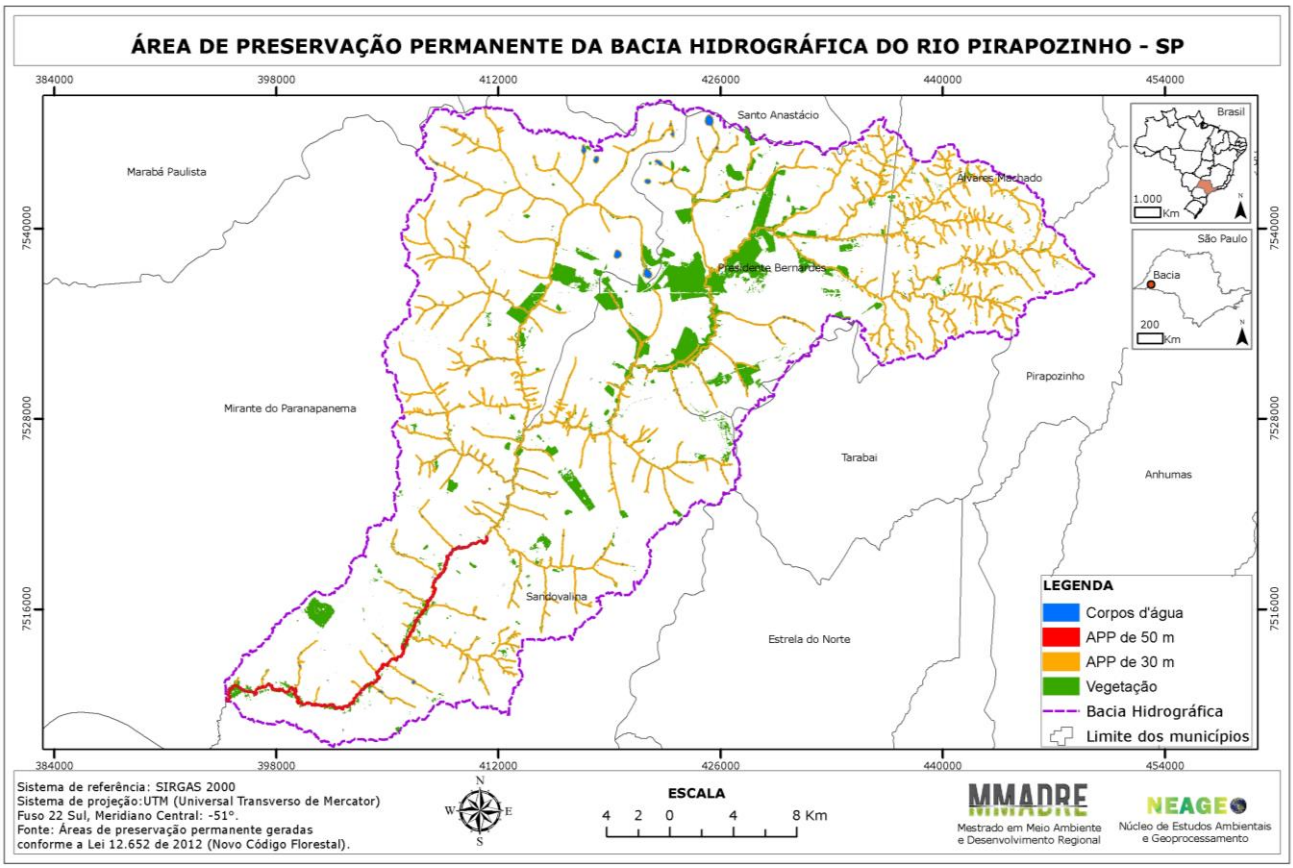

Figura 10. Mapa de áreas de preservação permanente da bacia do rio Pirapozinho.

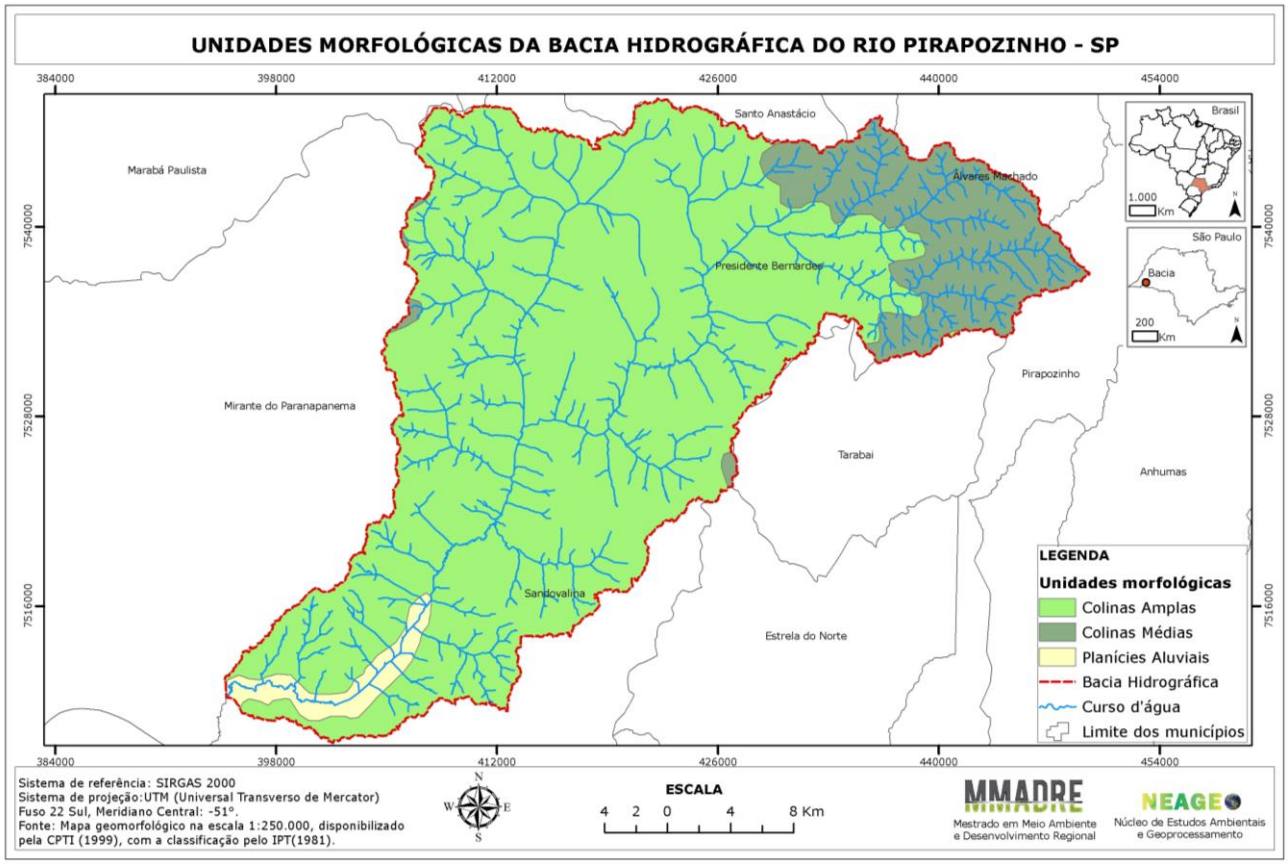

Figura 11. Mapa de unidades morfológicas da bacia do rio Pirapozinho.

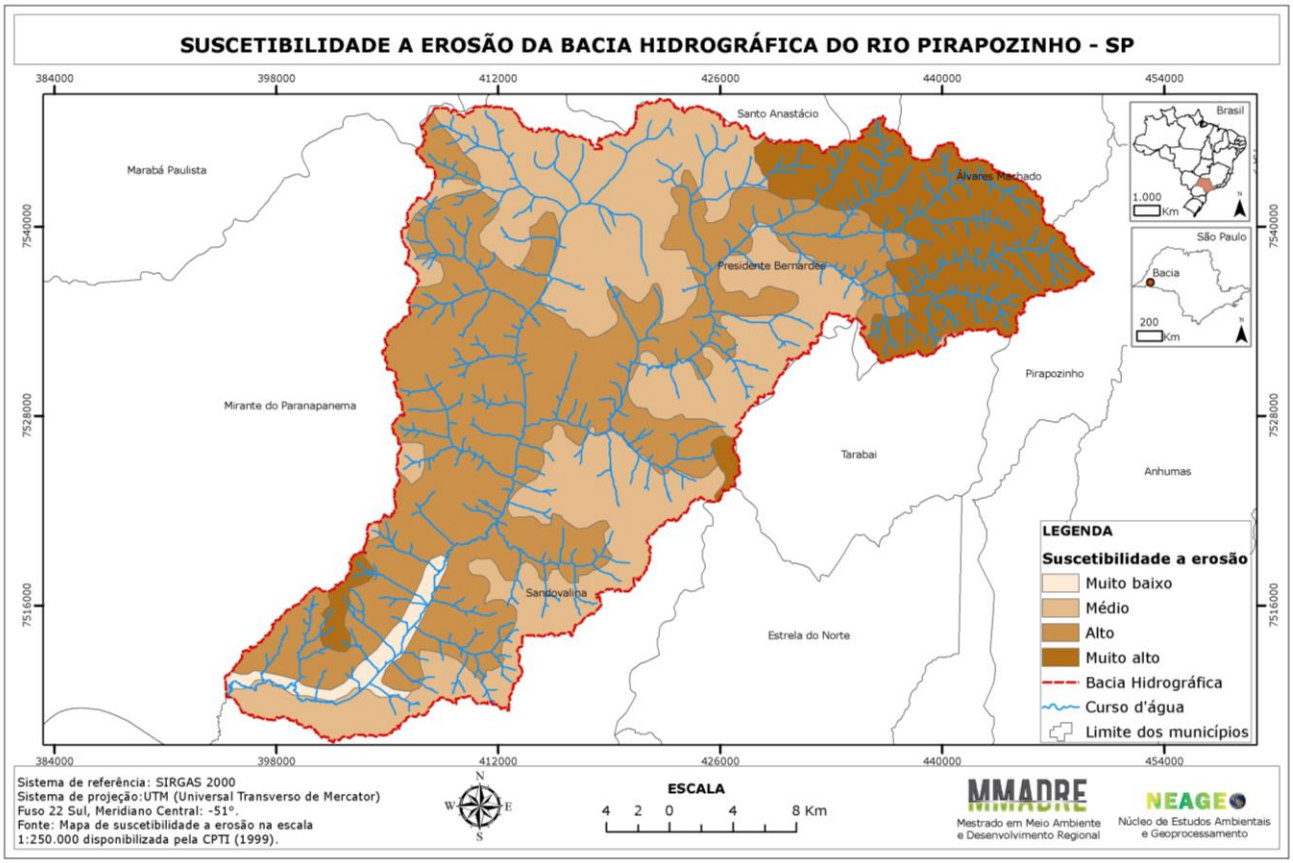

Figura 12. Mapa de suscetibilidade a erosão da bacia do rio Pirapozinho.

Conclusão

Este trabalho apresentou uma abordagem de desenvolvimento de projeto cartográfico que auxilie na produção de mapas temáticos aplicados na análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica. Para exemplificar a execução do projeto cartográfico, em etapas, realizou-se um estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Pirapozinho- SP.

Conclui-se que a concepção metodológica de projeto cartográfico que o divide em duas fases, projeto de composição geral e projeto gráfico interligadas por um processo de retroalimentação, facilita desenvolver um raciocínio sistêmico sobre as questões referentes ao projeto e a construção de mapas. Isso se confirma no desenvolvimento do estudo de caso na bacia do rio Pirapozinho, no qual fez-se necessário a elaboração de um conjunto de 10 mapas temáticos, subdivididos em representações qualitativas, ordenativas e quantitativas, para se estudar os diferentes aspectos do meio físico da bacia, como pedologia, declividade, uso e cobertura, entre outros, e assim verificar a qualidade ambiental da área.

Conclui-se, também, que o processo de compilação de mapas temáticos é favorecido ao se combinar a literatura sobre projeto cartográfico para mapeamento topográfico com a literatura sobre semiologia gráfica e linguagem cartográfica. Embora seja sabido que os mapas de referência e os mapas temáticos têm propósitos distintos, e que a compilação de mapas temáticos não é regida por convenções cartográficas e sim exige a criação de uma linguagem cartográfica para cada mapa, sendo seu resultado apresentado na legenda do mapa. Isto se comprova pelo estudo de caso na bacia do rio Pirapozinho, no qual se aplica uma linguagem cartográfica diferente para cada uma das 10 representações criadas. Outro aspecto que se considera positivo para o processo de comunicação cartográfica, e que foi adotado no estudo de caso, foi o projeto gráfico considerar um *layout* único para todos os 10 mapas temáticos mantendo cada tema acompanhado de um conjunto padrão de informações, como limite da bacia, limite dos municípios e disposição dos recursos hídricos.

Nesse sentido, entende-se que todo o conjunto de decisões que compôs a formulações do projeto cartográfico dos mapas gerados é eficiente para auxiliar na avaliação do estado ambiental de bacia hidrográfica. Isso se constata, por exemplo, pelo estudo de caso, no qual se contata pela análise quali-quantitativa do mapa de uso e cobertura da terra da bacia, por exemplo, que a forma atual de ocupação da bacia do rio

Pirapozinho contribui de forma negativa para sua qualidade ambiental.

Recomenda-se que os mapas produzidos no presente trabalho sejam utilizados em estudos futuros sobre o desenvolvimento de outras análises na bacia do rio Pirapozinho como, por exemplo, análise de fragilidade ambiental e de potencialidades da bacia. Também, sugere-se que os resultados do presente trabalho sejam integrados em uma análise da qualidade das águas superficiais dessa bacia, de modo a se obter um diagnóstico ambiental mais aprofundado da área.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas concessão das bolsa de mestrado e a Universidade do Oeste Paulista.

Referências

Albuquerque, E.L.S., Souza, M.J.N., 2016. Condições ambientais e socioeconômicas nas bacias hidrográficas costeiras do setor leste metropolitano de Fortaleza, estado do Ceará. Revista Brasileira de Geografia Física 9, 110-124.

Almeida, M.A., Dantas, A.S.L., Fernandes, L.A., Sakate, M.T., Gimenez, A.F., Teixeira, A.L., Bistrichi, C.A. e Almeida, F.F.M., 1981. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo. In: 3º simpósio regional de geologia, SP, v. 2, p. 77-89, 1981, Curitiba.

Bertin, J., 1983. Semiology of Graphics Diagrams Networks Maps. The University of Wisconsin Press, Madison. Edição traduzida para a língua inglesa.

Bochicchio, V.R., 1989. Atlas Atual: Geografia. Manual de Cartografia. Atual, São Paulo.

Boin, M.N., 2000. Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada. Tese (doutorado). Rio Claro, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas,

Bos, E.S., 1984. Cartographic Symbol Design. ITC, The Netherlands.

BRASIL, 2003. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003.

BRASIL, 2005. Decreto 5.334, de 6 de janeiro de 2005.

BRASIL, 2012. Lei n 12.651, de 25 de maio de 2012.

Brown, A., Ermmer, N., Worm, J.V.D., 2001. Cartographic design and production era: the example of tourist web maps. Cartographic Journal 38, 61-72.

CPTI. Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais, 1999. Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI – 22 (Pontal do Paranapanema): Relatório Zero, CD-ROM, São Paulo.

De Biasi, M.A., 1992. Carta Clinográfica: Os Métodos de Representação e sua Confecção. Revista do Departamento de Geografia 6, 45–60.

Decanini, M.M.S., Imai, N.N., 2000. Mapeamento na Bacia do Alto Paraguai: Projeto e Produção Cartográfica. Revista Brasileira de Cartografia 52, 65-75.

Dent, B.D., 1999. Cartography: Thematic Map Design. 5 ed. McGraw-Hill, Boston.

Dent, B.D., Torguson, J., Hodler, T., 2009. Cartography: Thematic Map Design. 6 ed. McGraw-Hill, Georgia.

Dibieso, E.P., Leal, A.C., 2008. Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro - Presidente Prudente - SP. Geografia. Ensino & Pesquisa (UFSM) 12, 433-448.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Campinas.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Download de dados cartográficos. Disponível em < ftp://geoftp.ibge.gov.br/>. Acesso em 06 de Junho de 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Manual de uso da terra. Disponível em <http://ibge.gov.br/home/geociencias/recursos naturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm >. Acesso em 06 de Junho de 2017.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1994. Bases técnicas para a recuperação da bacia do rio Santo Anastácio, 3ª fase. São Paulo.

ITESP. Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo, 2013. Fundação Itesp: sua história e realizações, Evolução das políticas agrárias e fundiária no Estado de São Paulo. São Paulo.

Keates, J.S., 1973. Cartographic design and production. Longman, London.

Keates, J.S., 1989. Cartographic design and production. 2nd ed. Longman, London.

Leal, A.C., 1995. Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca – Campinas-SP. Dissertação (Mestrado). Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Leal, A.C., 2012. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. Entre-lugar 3, 65-84.

Maceachren, A., 1994. Some Truth With Maps: A Primer in Symbolization & Design. Association of American Geographers, Washington.

Maceachren, A.M., 1995. How maps work: Representation, Visualization and Design. The Guilford, New York.

Marconi, M., Lakatos, E., 2009. Técnicas de pesquisa, 7. ed. Atlas, São Paulo.

Martinelli, M., 2011. Mapas da Geografia e Cartografia Temática, 6 ed. Contexto, São Paulo.

Mateo-Rodriguez, J.M., 1994. Apuntes de Geografia de los paisajes. Faculdade de Geografia – Universidade de la Havana, Havana.

Mateo-Rodriguez, J.M., Silva, E. V., 2013. Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica, Edições UFC, Fortaleza.

Menezes, P.M.L., Fernandes, M. do C., 2013. Roteiro de Cartografia, Oficina de Texto, São Paulo.

Mota, S., 1995. Preservação e conservação de recursos hídricos. 2.ed. ABES, Rio de Janeiro.

Mota, S., 2003. Urbanização e meio ambiente. 3 ed. ABES, Rio de Janeiro.

Mota, S., 2010. Introdução à engenharia ambiental. ABES, Rio de Janeiro.

Oliveira, T.H., Galvíncio, J.D., 2008. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Moxotó – PE usando sensoriamento remoto termal. Revista Brasileira de Geografia Física 2, 30-49.

Paula e Silva, F. de, Chang, H.K., Caetano-Chang, M.R., 2003. Perfis de referência do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. Revista Geociências 22, 21-32.

Rodrigues, B.M., Osco, L.P., Ramos, A.P.M., Antunes, P.A., 2015. Uma contribuição sobre planejamento ambiental aplicado na região do Pontal do Paranapanema. Revista Científica ANAP Brasil 8, 97-109.

Rodriguez, J.M.M., Silva, E.V., Cavalcanti, A.P.B., 2013. Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Educações UFC, Fortaleza.

Santos, R.F., 2004. Planejamento Ambiental: teoria e prática. Oficina de textos, São Paulo

Santos, E.P., Piroli, E.L., 2012. Análise do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do ribeirão do Rebojo usando geoprocessamento: uma contribuição ao planejamento ambiental – UGRHI Pontal do Paranapanema (SP) – Brasil. Revista Geonorte 3, 1244-1261.

Santos, E.P., Leal, A.C., 2012. Contribuição para o planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Rebojo–UGRHI Pontal do Paranapanema – São Paulo. Revista Geonorte 3, 791-802.

Silva, M.S.; Bueno, I. T.; Júnior, F. W. A.; Borges, L. A. C.; Calegario, N. (2017) Avaliação da cobertura do solo como indicador de gestão de recursos hídricos: um caso de estudo na sub-bacia do Córrego dos Bois, Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental 22, 445-452.

Silva, M.P., Santos, F.M. e Leal, A.C., 2016. Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego da Olga, UGRHI Pontal do Paranapanema – São Paulo. Revista Sociedade & Natureza 28, 409-428.

Silvério, G.S., Mezomo, J., Tomazoni, J.C., Coletti, V.D., 2011. As Condições Ambientais da Microbacia do Rio Passo da Pedra. Revista Brasileira de Geografia Física 5, 1029-1042.

Slocum, T.A. Thematic cartography and visualization, 1999. Prentice-Hall, Upper-Saddle River.

Slocum, A.T., Mcmaster, R.B., Kessler, F.C., Howard, H.H., 2009. Thematic Cartography and Geovisualization. 3 ed. Prentice Hall, Upper-Saddle River.

Sluter, C.R., 2008. Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico como parte do processo de comunicação cartográfica. Portal da Cartografia 16, 1-20.

Soares, F.B., 2015. Subsídios para o planejamento ambiental: Estudo de caso da bacia do Balneário da Amizade–São Paulo. Formação 2, 252-278.

Stein, D.P., Ponçano, W.L. e Saad, A.R., 2003. Erosão na bacia do Rio Santo Anastácio, Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. Revista Geociências 22, 143-162.

SSC. Swiss Society of Cartography, 1975. Cartographic Generalization Topographic Maps. Enschede, Holanda.

SSC. Swiss Society of Cartography, 2005. Topographic maps – Map graphics and Generalization. Enschede, Holanda.

Trombeta, L.R., Leal, A.C., 2016. Planejamento ambiental e geoecologia das paisagens: contribuições para a bacia hidrográfica do Córrego Guaiçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil. Revista Formação 3, 187-216.

Vozenilek, V.I.T., 2014. O projeto cartográfico (Cap. 4). In: Ormeling, F; Rystedt, B., O

mundo dos mapas. International Cartographic Association.