

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DO REGIME FLUVIAL E DA CARGA SUSPensa
TRANSPORTADA DO RIO PIRAPÓ- PR**

Priscila Panzarini Gon

Maringá
2009

PRISCILA PANZARINI GON

**ANÁLISE DO REGIME FLUVIAL E DA CARGA SUSPensa
TRANSPORTADA DO RIO PIRAPÓ- PR**

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux

Maringá
2009

Aos meus amados pais Silvia e Jair.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Jair Severino Gon e Silvia Mara Panzarini Gon, por todo amor recebido e suporte para que eu chegasse até essa etapa da minha vida.

Ao Professor Doutor José Cândido Stevaux pela orientação, confiança, paciência e amizade.

Ao Rodolpho Camargo Melo Farinacio não somente pela ajuda com este trabalho, mas também pelo amor, carinho, compreensão e companheirismo durante todos esses anos.

Aos meus familiares tanto Panzarini quanto Gon.

Ao GEMA (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Meio Ambiente) pela utilização de sua estrutura física.

Aos professores do GEMA que sempre estiveram dispostos a ensinar.

Aos amigos do GEMA e do Departamento de Geografia pelo carinho, pelos conhecimentos transmitidos e pela disposição em ajudar não somente na vida acadêmica, como também na vida pessoal. Em especial à amiga e companheira de trabalho Rafaela Harumi Fujita por cada ano de amizade e aprendizagem. Em especial também aos amigos Édipo Cremon e Pedro França Júnior pela ajuda com os mapas.

A geógrafa Maria de Moraes pelos ensinamentos de laboratório e de vida nestes anos de graduação.

Aos professores do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, por todo conhecimento transmitido durante o curso.

Aos amigos Bruna Thamara do Amaral Carvalho, Pedro Henrique Fernandes Carnevalli e Rafael Evaristo Pereira, pela grande e especial amizade durante esses anos.

A SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) pelos dados atenciosamente fornecidos.

A SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) de Maringá, em especial ao senhor Lorenzo Cassaro pela atenção e pelos dados fornecidos.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	9
2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	10
2.1- Geologia e Geomorfologia.....	11
2.3- Solos.....	17
2.4- Clima.....	17
2.5- Vegetação.....	19
2.6- Uso e ocupação da bacia.....	22
3- OBJETIVOS.....	25
3.1- Objetivo Geral.....	25
3.2- Objetivos Específicos.....	25
4- REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
4.1- Bacias Hidrográficas.....	25
4.2- Erosão Hídrica.....	26
4.3- Carga Suspensa.....	26
5- MATERIAL E MÉTODOS.....	27
5.1- Fonte dos dados.....	27
5.2- Análise dos dados.....	27
5.3- Produção dos mapas.....	28
5.4- Levantamento bibliográfico.....	28
6- RESULTADOS.....	30
7- DISCUSSÃO.....	37
8- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
9- REFERÊNCIAS.....	41

Lista de Figuras

Figura 1- Rio Pirapó no município de Maringá	10
Figura 2- Localização da bacia hidrográfica do rio Ivaí no estado do Paraná	12
Figura 3- Municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Pirapó	13
Figura 4- Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Pirapó	14
Figura 5- Declividade da bacia hidrográfica do rio Pirapó	15
Figura 6- Geologia da bacia hidrográfica do rio Pirapó	16
Figura 7- Cobertura pedológica da bacia hidrográfica do rio Pirapó	18
Figura 8- Climas da bacia hidrográfica do rio Pirapó	20
Figura 9- Vegetação original da bacia hidrográfica do rio Pirapó	21
Figura 10- Uso do solo da bacia hidrográfica do rio Pirapó nos anos 1989-1990	23
Figura 11- Uso do solo da bacia hidrográfica do rio Pirapó nos anos 2001- 2002	24
Figura 12- Localização das estações de dados da bacia hidrográfica do rio Pirapó	29
Figura 13- Mapa pluviométrico da bacia hidrográfica do rio Pirapó	31
Figura 14- Médias mensais da precipitação da bacia hidrográfica do rio Pirapó	32
Figura 15- Médias da precipitação para a série histórica estudada (1967-2008) da bacia hidrográfica do rio Pirapó	32

- Figura 16- Médias da vazão para a série histórica estudada (1967-2008) da bacia hidrográfica do rio Pirapó 33
- Figura 17- Médias da concentração de sedimentos suspensos para a série histórica estudada (1967-2008) da bacia hidrográfica do rio Pirapó 33
- Figura 18- Médias da descarga sólida para a série histórica estudada (1967-2008) da bacia hidrográfica do rio Pirapó 34
- Figura 19- Relação da concentração de sedimentos suspensos com a vazão para toda série histórica estudada na estação Vila Silva Jardim na bacia do rio Pirapó 34
- Figura 20- Relação da concentração de sedimentos suspensos com a vazão para toda série histórica estudada na estação Vila Silva Jardim na bacia do rio Pirapó 35
- Figura 21- Correlação entre a concentração de sedimentos suspensos e a vazão na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó 35
- Figura 22- Correlação entre a vazão e a descarga sólida na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó 36
- Figura 23- Relação entre a vazão e a concentração de sedimentos suspensos por décadas de estudo na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó 37
- Figura 24- Relação entre a vazão e a descarga sólida por décadas de estudo na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó 37

RESUMO

Os rios são os principais agentes de transformação do relevo, agindo na transferência de energia e matéria das porções mais altas para as mais baixas do continente. Também possuem importância considerável para muitas atividades humanas: como vias de transporte, fonte de energia, pesca, irrigação, recreação, fornecimento de água potável, além da existência de terras férteis nas suas planícies de inundação. A bacia hidrográfica do rio Pirapó está localizada na região Norte do Estado do Paraná e engloba 33 municípios em uma área de 5.076,00 km². Este trabalho procura determinar o comportamento da produção e do transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Pirapó por meio da análise de sua carga suspensa utilizando-se dos dados de estações pluviométricas e fluviométricas durante o período de 1967 até a atualidade, fornecidas pela SUDERHSA. Este estudo revela a condição do uso e manejo do solo na bacia hidrográfica do rio Pirapó, uma vez que a erosão hídrica tem forte relação com a cobertura vegetal. Na época de colheita da soja, o solo fica desnudo, ocasionando, maior erosão laminar e conseqüentemente as maiores taxas concentração de sedimento no mês de fevereiro, que é um mês chuvoso para a bacia hidrográfica do rio Pirapó. Este estudo contribui para o conhecimento de características hidrosedimentares do rio Pirapó, auxiliando os estudos geoambientais e de planejamento e gestão ambiental, visando subsidiar trabalhos futuros.

PALAVRAS- CHAVE: rio Pirapó, carga suspensa, uso do solo, erosão.

1- INTRODUÇÃO

Os rios exercem grande importância no desenvolvimento natural e humano, é deles que se pode obter água para uso doméstico, para agricultura, para fornecimento de energia, para funcionamento das indústrias, para navegação e também para o lazer. Estudar as variáveis hidrológicas de um rio tem grande relevância para construir uma base de dados para o planejamento ambiental referente a qualquer alteração antrópica que possa ser feita nesse rio.

As características físicas de uma bacia hidrográfica são definidas pelas características morfológicas, representadas pelo tipo de relevo, forma, orientação e declividade da bacia de drenagem e pelos aspectos geológicos, representados pelas estruturas, litologia, mantos de intemperismo e cobertura pedológica. Além desses aspectos, a cobertura vegetal e o tipo de ocupação da bacia exercem também uma influência importante nas relações entre infiltração e escoamento superficial em uma bacia de drenagem (Jorge & Uehara, 1998).

As ações antrópicas têm afetado cada dia mais a qualidade e a quantidade dos recursos naturais, muitas ações prejudicam a própria sobrevivência do ser humano. As alterações nas propriedades dos solos podem gerar grandes perdas econômicas e frequentemente a necessidade de efetuar interferências de manutenção nos corpos hídricos.

A erosão hídrica, o transporte de sólidos e sedimentação são processos naturais, complexos e interdependentes que podem ser agravados devido a práticas de uso e manejo inadequadas aos solos. Segundo Itaipu (1990) o transporte de material por um rio depende de suas características hidráulicas, das características geomorfológicas e geológicas de sua bacia hidrográfica, bem como do tipo de ocupação de superficial da área da bacia.

Este estudo fornece informações sobre a variação espacial e temporal das características hidrosedimentares do rio Pirapó, contribuindo para os estudos geoambientais e para o planejamento e gestão ambiental, visando o subsídio de trabalhos futuros.

2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Pirapó (Fig. 1) está localizada na região Norte do Estado do Paraná (Fig. 2) e engloba 33 municípios em sua área que mede cerca de 5.076,00 km² (Fig. 3). A nascente do rio Pirapó é localizada no município de Apucarana- PR. Da nascente até desaguar no rio Paranapanema, no município de Jardim Olinda, segundo perfil longitudinal elaborado por Martinez (2005) o rio Pirapó percorre aproximadamente 250 km, variando sua altitude de 800 m para 240 m. Seu maior afluente é o rio Bandeirantes do Norte, com 149 km de extensão, localizado na margem direita do rio tronco (Fig. 4). Segundo Cassaro (1999) não há aproveitamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Pirapó para a geração de energia elétrica devido ao baixo volume de água nem gradiente hidráulico suficiente para a construção de usinas hidrelétricas.



Figura 1- Rio Pirapó no município de Maringá

2.1- Geologia e Geomorfologia

A bacia hidrográfica do rio Pirapó localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense (Maack, 1968). Esta macro-unidade morfológica compreende aproximadamente 2/3 do estado do Paraná e apresenta um conjunto de relevos planálticos, com inclinação geral para oeste- noroeste e subdivididos pelos principais afluentes do rio Paraná (SANTOS *et al*, 2006). O Terceiro Planalto Paranaense é caracterizado por apresentar uma topografia pouco movimentada. Sobre a bacia do rio Pirapó, pode-se afirmar que é uma região onde a topografia possui grandes discrepâncias: na porção mais alta da bacia o terreno é bem acidentado, diferente da das porções médias e baixas da bacia onde a superfície é aplainada (Fig. 5). Compreende três unidades litológicas principais, em ordem de predominância: Formação Serra Geral, Formação Caiuá e Formação Santo Anastácio (Fig. 6), sendo que o basalto da Formação Serra Geral aflora no vale do rio Pirapó desde a cabeceira até a foz no rio Paranapanema.

Os derrames basálticos na área possuem espessuras entre 20 a 40 metros. A partir da média bacia o basalto é recoberto pela Formação Caiuá. Estratigraficamente, a Formação Caiuá localiza-se acima da Formação Serra Geral, e abaixo dos arenitos da Formação Santo Anastácio, que têm mais expressão na margem direita do rio Bandeirantes do Norte, constituindo o divisor de águas entre o rio Pirapó e o seu principal tributário (Martinez, 2005).

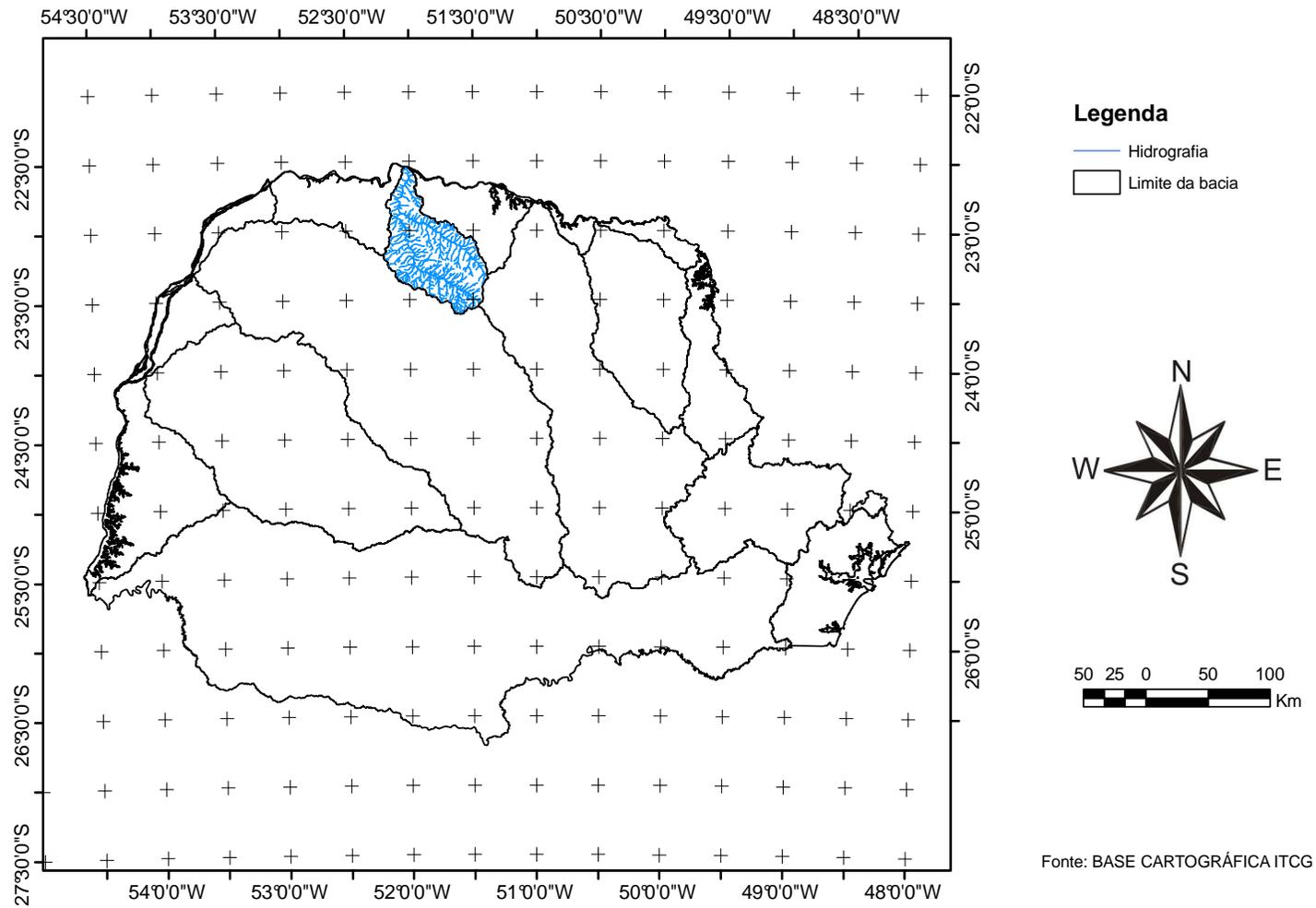


Figura 2- Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó no estado do Paraná

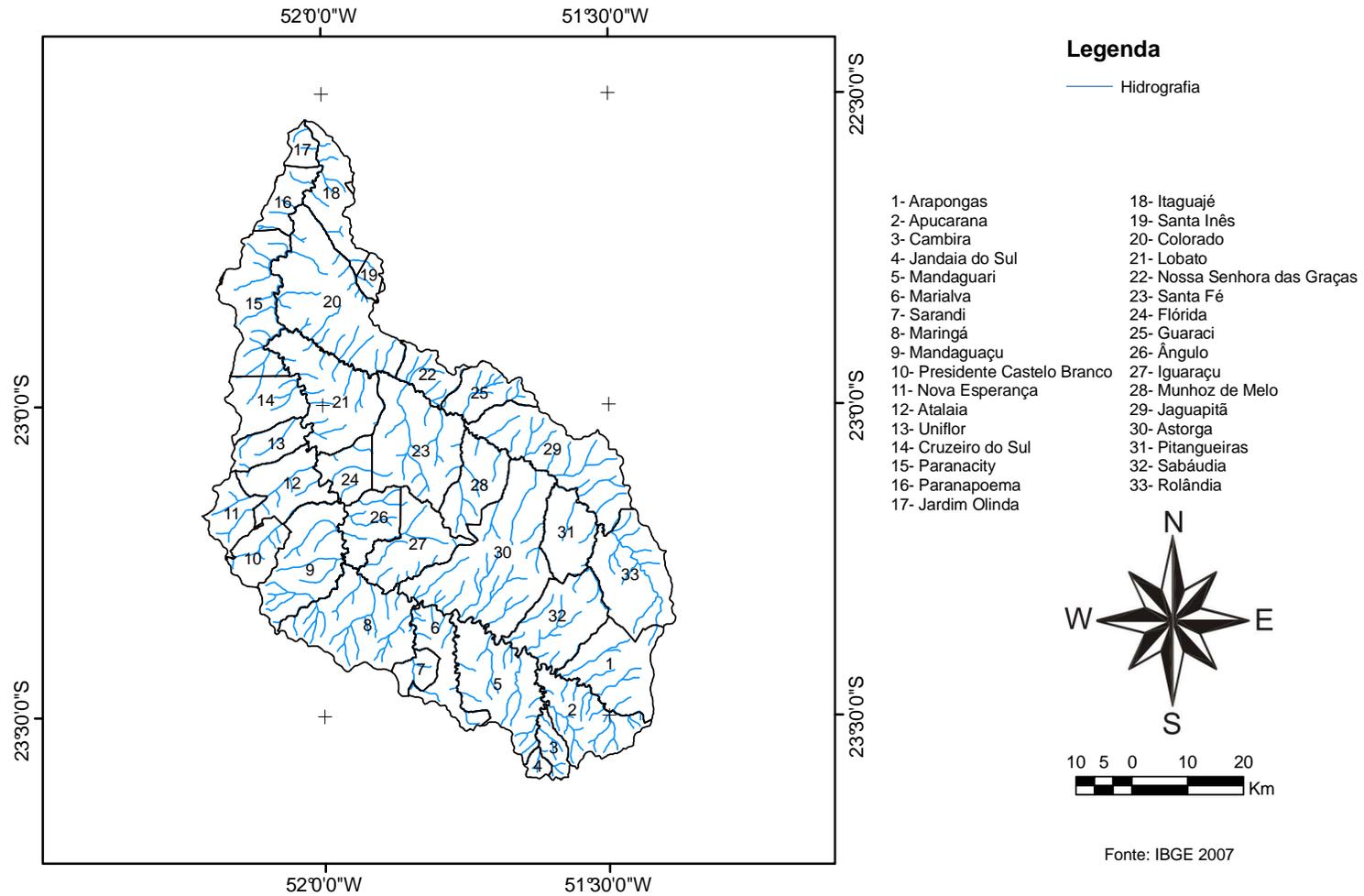


Figura 3- Municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Pirapó

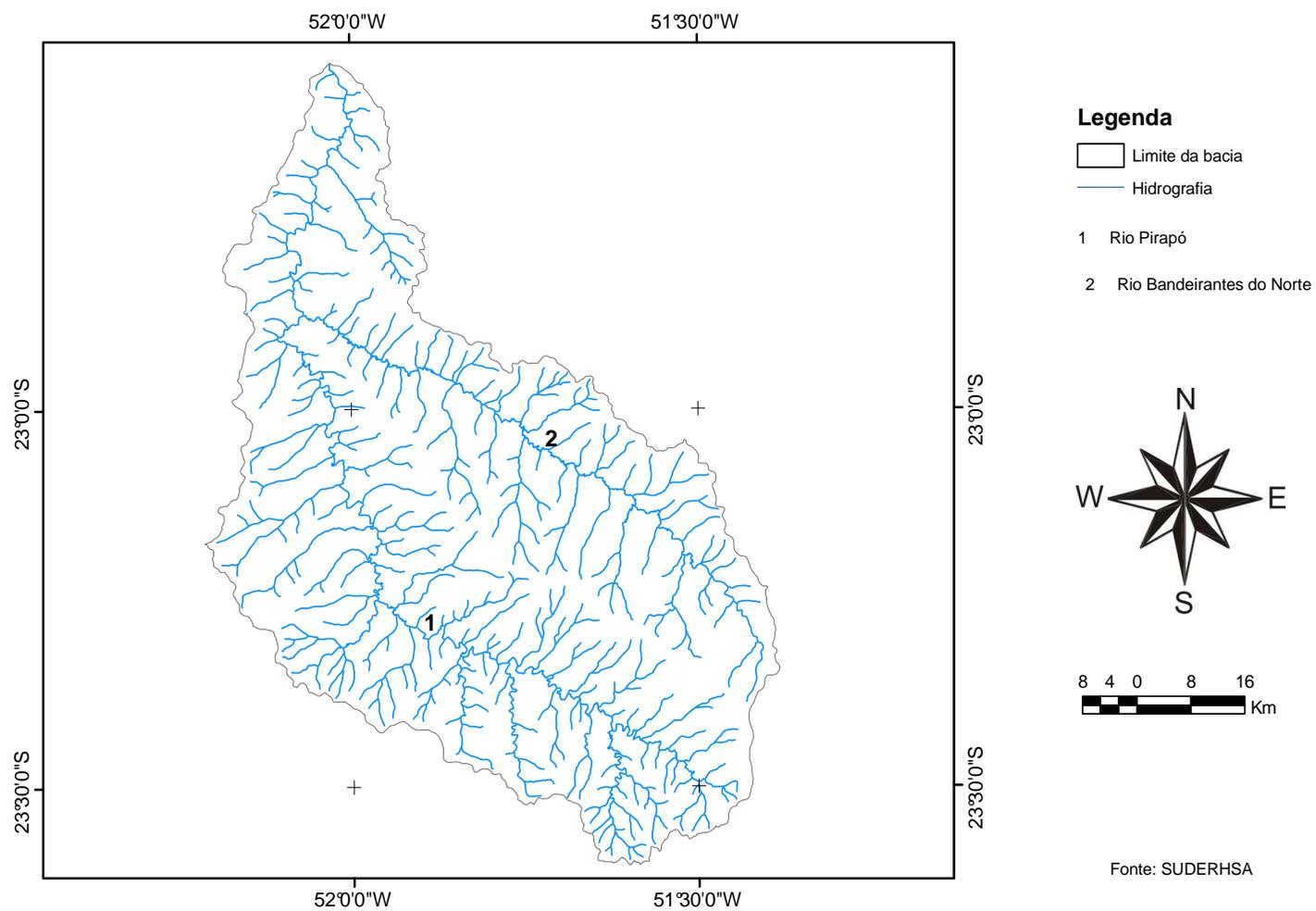


Figura 4- Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Pirapó

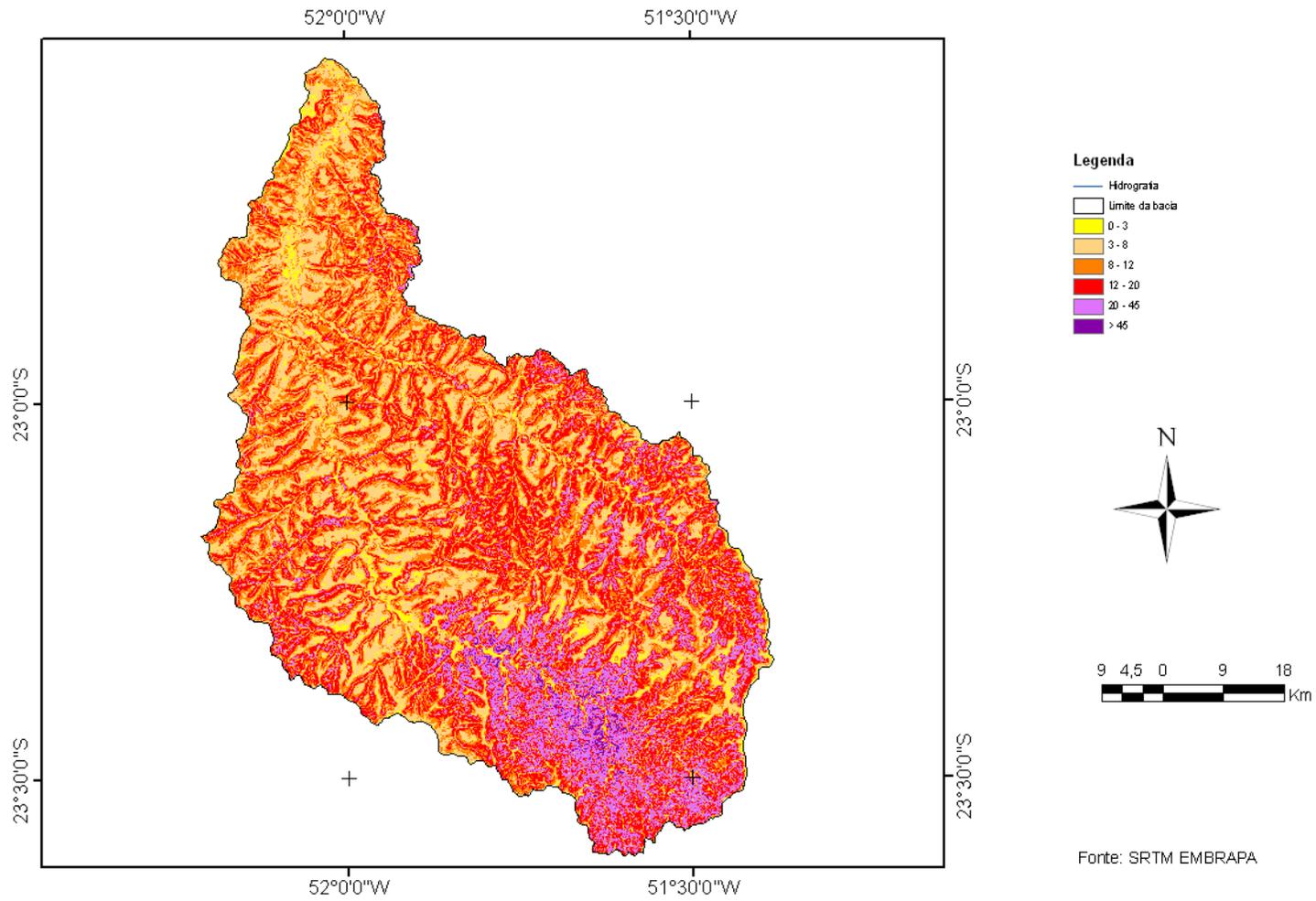


Figura 5- Declividade da bacia hidrográfica do rio Pirapó

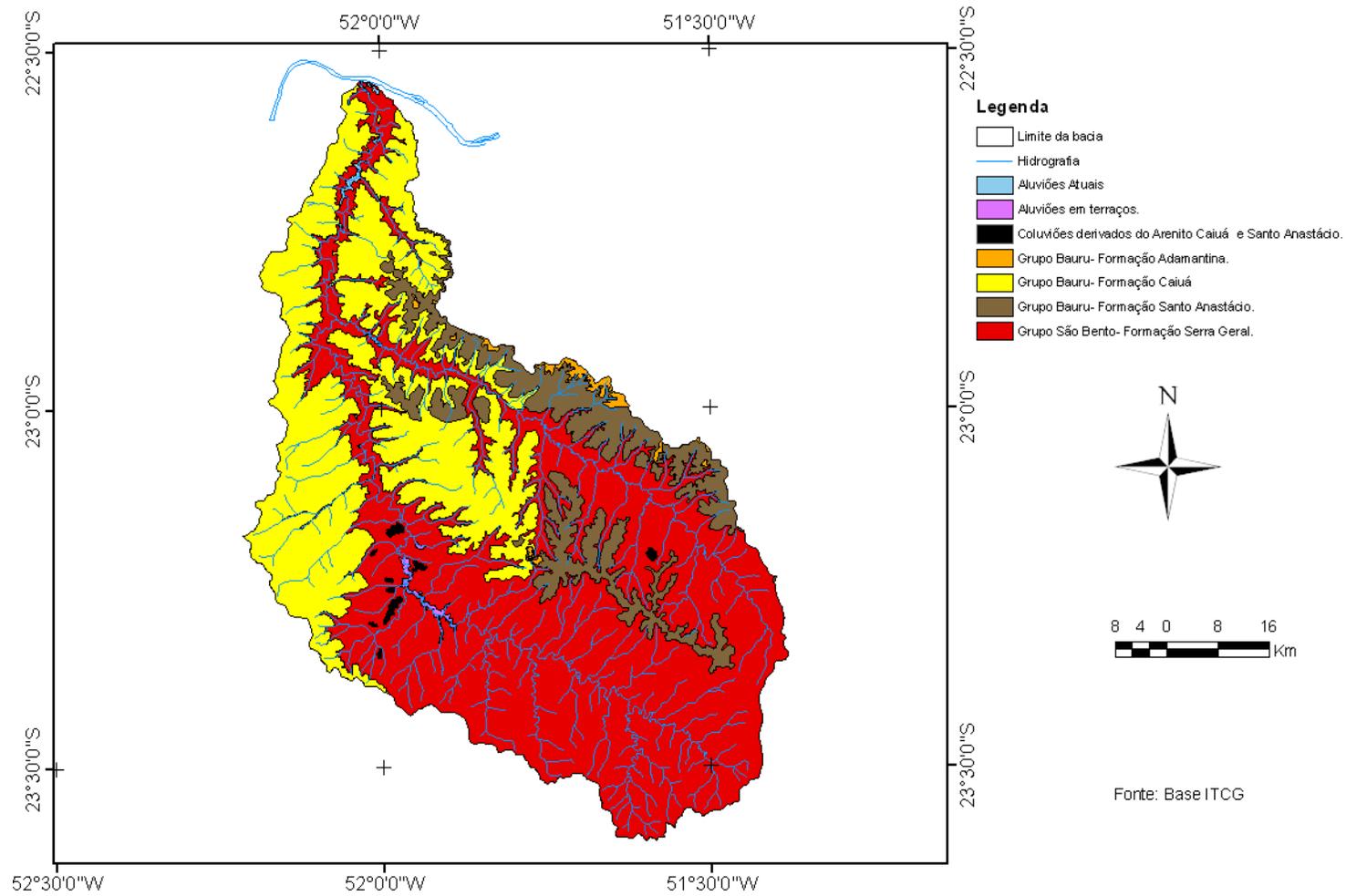


Figura 6- Geologia da bacia hidrográfica do rio Pirapó

2.2- Solos

A natureza da rocha, sua composição mineralógica e o estado original de fraturamento, juntamente com o clima regional, oferecem grande influência sobre as características do solo da qual se origina (Salomão & Antunes, 1998). Na bacia hidrográfica do rio Pirapó, existem quatro tipos principais de solos, são eles: Argissolos, Latossolos, Neossolos Litólicos e Nitossolos (Fig. 7).

Notadamente há predominância dos Latossolos na área da bacia. Os Latossolos são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. Normalmente, estes solos estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização. São profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil preparo.

Nas regiões onde predominam os solos resultantes da intemperismo do arenito da Formação Caiuá os solos são mais friáveis, portando mais inclinados aos processos erosivos, ao contrário dos solos desenvolvidos na área da região da Formação Serra Geral.

2.4- Clima

Segundo a classificação de Köppen, existem seis tipos climáticos na bacia hidrográfica do rio Pirapó (Fig. 8), sendo o tipo climático predominante é o denominado *Cfa*. Este clima é caracterizado por:

C- climas temperados quentes, com a temperatura média do mês mais frio entre 18 e -3°C;

f- ausência de estação seca, chuva em todos os meses e a precipitação média dos meses mais seco é superior a 60 mm;

a- a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°.

O aquecimento é mais acentuado na porção noroeste da bacia, próximo à foz do rio Pirapó, onde o efeito de vale é mais intenso, as temperaturas médias anuais nesta área são em torno de 22°C conforme observado por Peruço (2004).

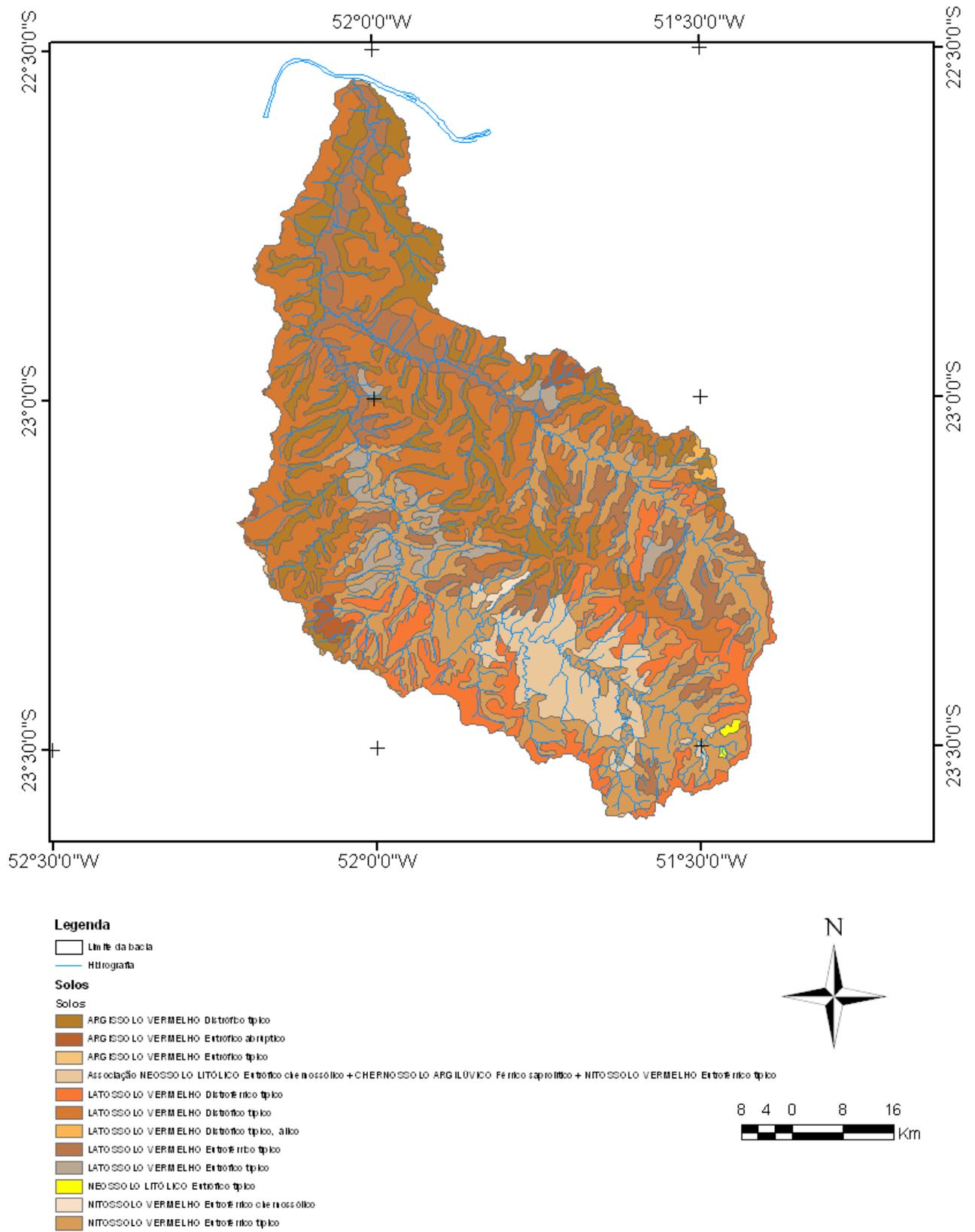


Figura 7- Cobertura pedológica da bacia hidrográfica do rio Pirapó

Souza (2002) em estudos entre os anos de 1980 a 1998 observa que a bacia apresentou valores médios de precipitação maiores na porção montante, com cerca de 1700 mm, enquanto que na porção jusante os valores médios foram em torno de 1320 mm. Em sua dissertação sobre irregularidades pluviométricas nesta bacia hidrográfica em questão, Borsato (2001) conclui que no verão grande parcela das precipitações é proveniente de chuvas convectivas, ocasionadas pelo aquecimento diurno, ou pré-frontal. O mesmo autor destaca que, em anos de manifestação do El Niño, as chuvas são acima da média habitual e irregulares. Nesses anos ocorre uma inversão na distribuição da precipitação sendo que a concentração mais acentuada se dá nos meses em que normalmente as chuvas são escassas ocorrendo baixa precipitação nos meses que habitualmente as chuvas são mais abundantes.

2.5- Vegetação

De acordo com Wons (1982 *apud* Borsato 2001) a vegetação original da área onde está localizada a bacia do rio Pirapó, apresentava dois aspectos distintos: um mais rico em espécies vegetais, que ocupava as áreas onde há solos basálticos, e outro mais pobre em espécies que se apresentava nas regiões de solos arenosos derivados do arenito Caiuá. O mapa dos tipos da vegetação original da bacia hidrográfica do rio Pirapó (Fig. 9) mostra que o principal tipo de vegetação é a Floresta Estacional Semidecidual secundariada por uma pequena mancha de cerrado localizada a montante da bacia, entre os rios Pirapó e Bandeirantes do Norte.

A formação florestal está dividida em três subtipos: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, representada por algumas manchas bem próximas aos cursos de água, Floresta Estacional Semidecidual Montana, que está localizada na montante da bacia, e a Floresta Estacional Semidecidual Submontana que ocupa as porções, média e baixa da bacia.

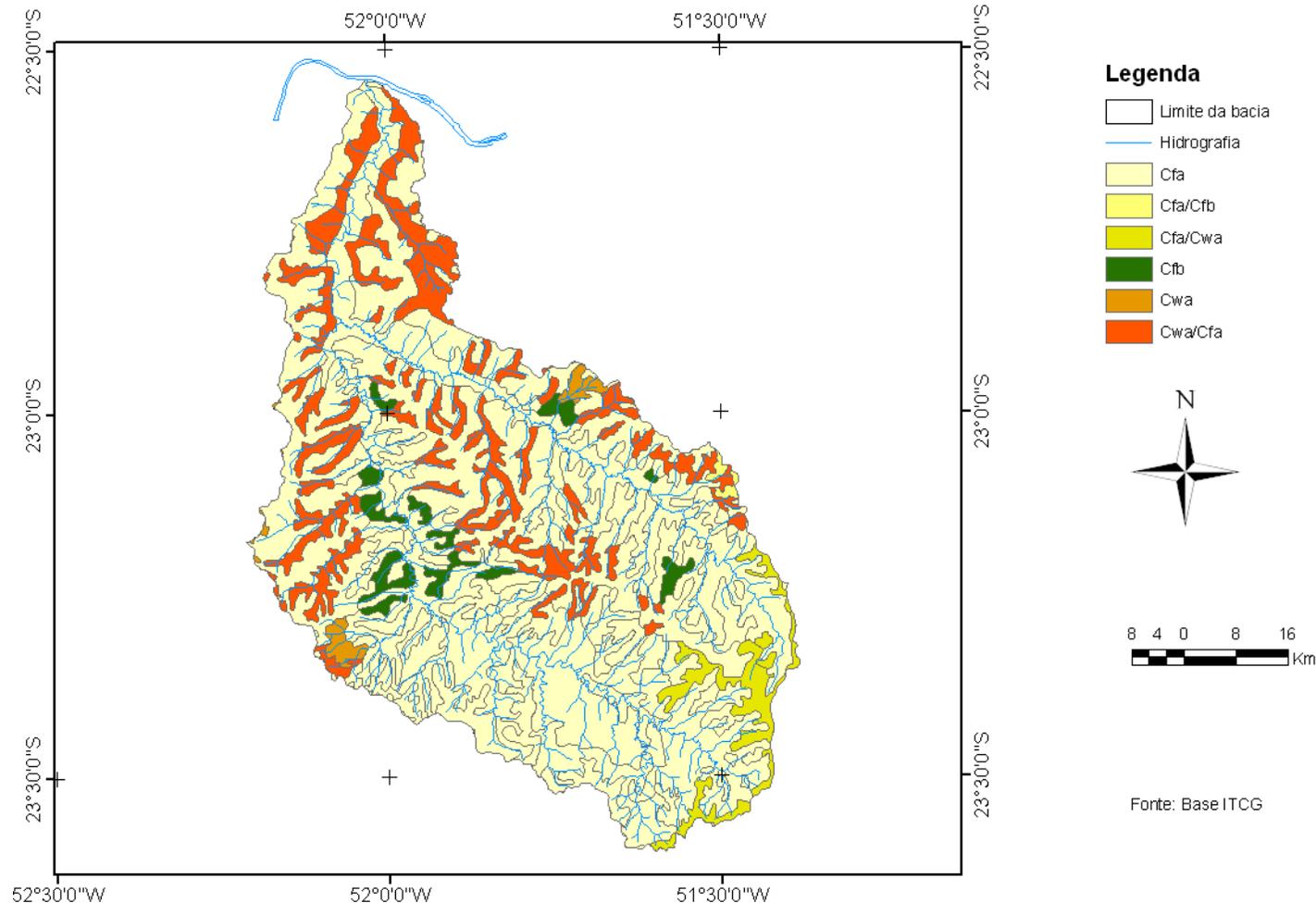


Figura 8- Climas da bacia hidrográfica do rio Pirapó

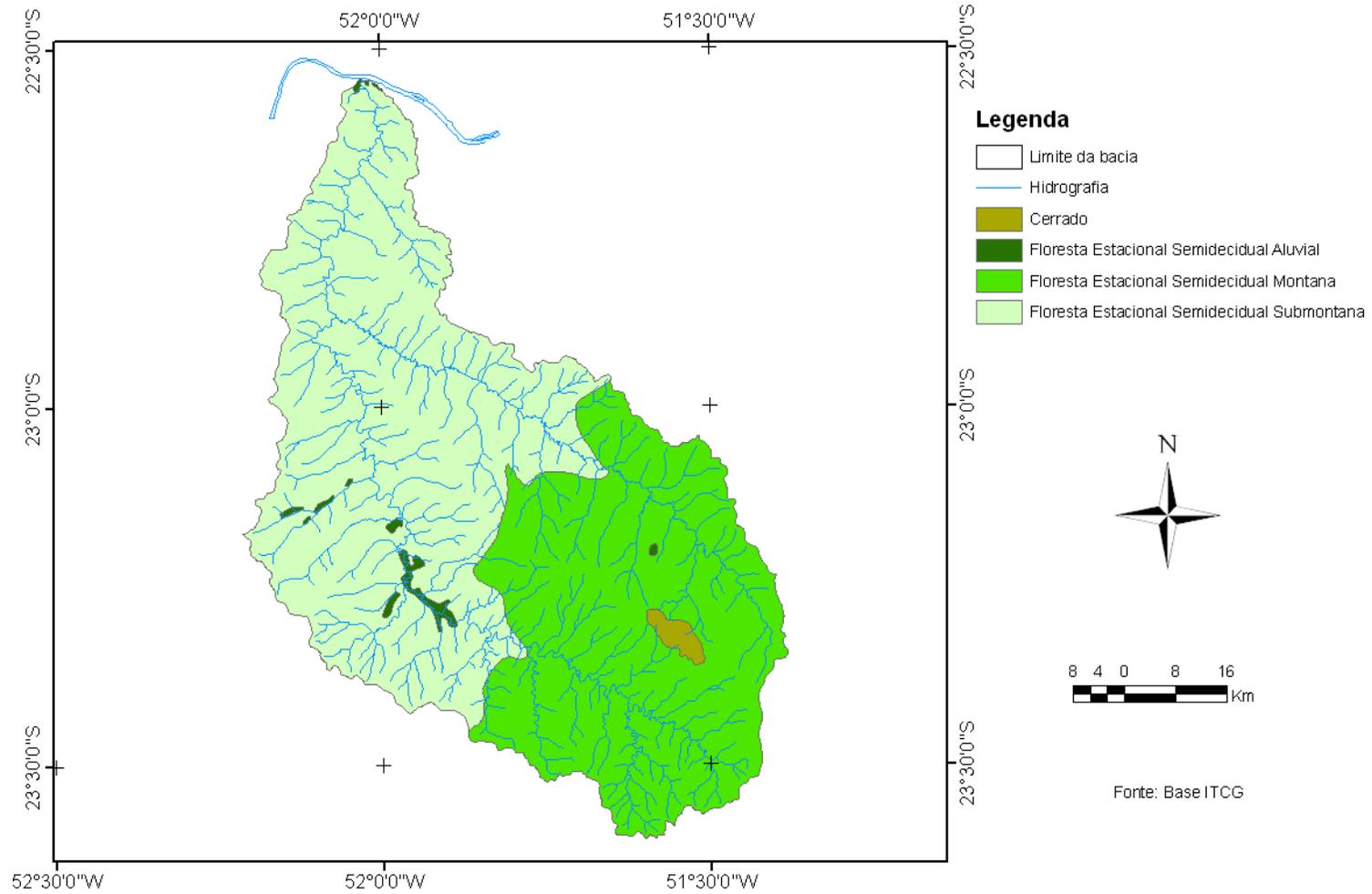


Figura 9- Vegetação original da bacia hidrográfica do rio Pirapó

2.6- Uso e ocupação da bacia

A ocupação e o uso do solo são aspectos importantes a serem analisados conjuntamente ao regime hidrológico de uma bacia, uma vez que as características do solo controlam a dinâmica de circulação de água (superficial ou subterrâneo) e de erosividade (produção de sedimento).

O desmatamento da vegetação original para ocupação urbana e agrícola do solo é o primeiro desequilíbrio ambiental que ocorre em uma dada região a ser desbravada. Essa prática gera problemas erosivos devido ao aumento do escoamento superficial deflagrando processos erosivos e conseqüentemente assoreamento dos corpos d' água.

O estado do Paraná, de acordo com Padis (1981 *apud* Endlich 1998), tinha uma economia precária até 1930, quando há uma revolução no estado, cuja força principal foi a agricultura cafeeira. Nesse momento, a floresta teve que ceder lugar a lavouras de café que vinham com a expansão da fronteira agrícola paulista. A partir da década de 1940, o café tornou-se o principal produto da exportação do Brasil, e o estado do Paraná era o principal produtor do grão (Fig. 10).

A partir da década de 1970, através de políticas agrícolas, o governo brasileiro começou a incentivar a produção de culturas de oleaginosas, principalmente a soja, visando atingir o mercado internacional, já que havia uma grande e crescente procura desses produtos e derivados; e então a partir desse momento, a cultura cafeeira foi sendo substituída pelas culturas temporárias (Moro, 1991 *apud* Endlich, 1998).

De acordo com Borsato (2001) a agricultura paranaense começou a se modernizar a partir da década de 1960 e foi intensificada na década de 1970. Pesquisas censitárias do IBGE com relação à agropecuária realizadas entre 1975 e 1980 avaliam o aumento no número de tratores, devido às culturas de soja e trigo serem essencialmente mecanizadas; em estudos Moro (1998) *apud* Borsato (2001) destaca que as lavouras de soja e trigo aumentaram em 59% no período de 1975 a 1975, e as pastagens cerca de 32% (Fig. 11).

As plantações de café apesar de não protegerem os solos com eficiência como a floresta original, ainda assim protegem mais do que as culturas temporárias (soja, trigo e milho). Com essa substituição o solo fica mais exposto aos agentes do intemperismo nas trocas de safra, quando o solo fica desnudo, fato que aumenta a taxa de erosão.

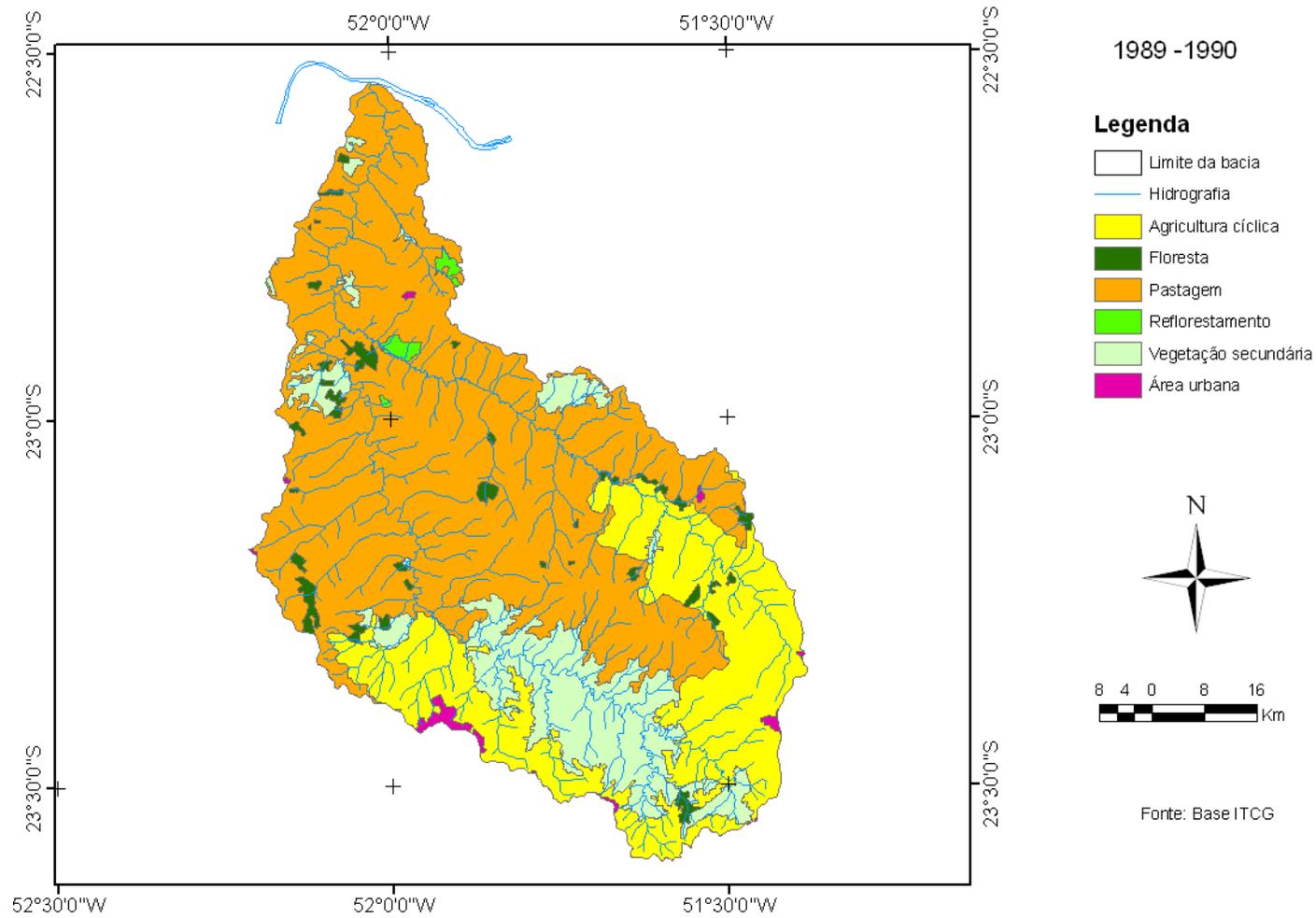


Figura 10- Uso do solo da bacia hidrográfica do rio Pirapó nos anos 1989-1990

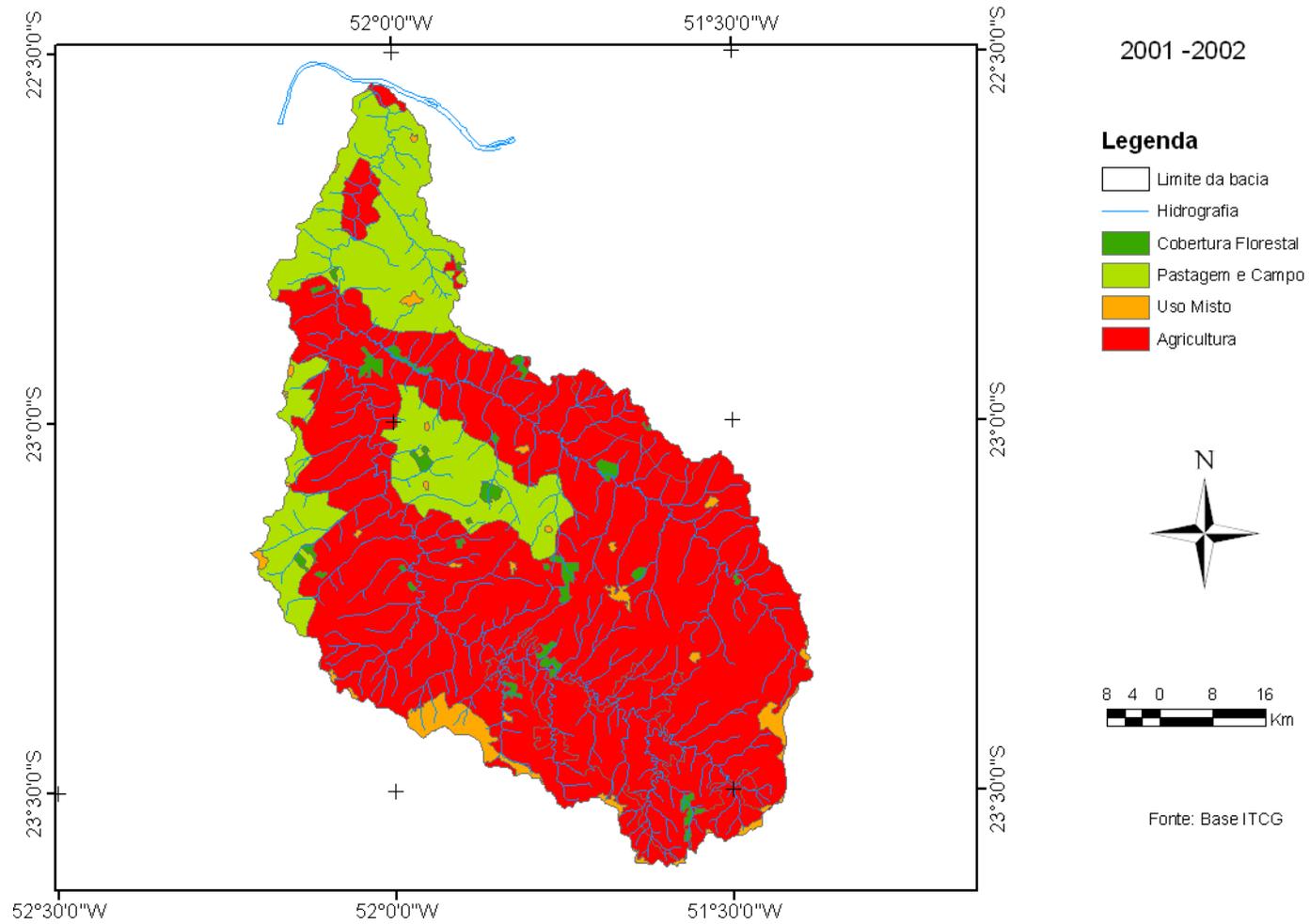


Figura 11- Uso do solo da bacia hidrográfica do rio Pirapó nos anos 2001- 2002

3- OBJETIVOS

3.1- Objetivo Geral

Determinar o comportamento da produção e do transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Pirapó.

3.2- Objetivos Específicos

- Analisar os dados de pluviometria da bacia do rio Pirapó.
- Analisar o comportamento da concentração de carga suspensa do rio Pirapó.
- Estabelecer correlações entre as variáveis hidrológicas, climáticas e sedimentológicas.

4- REFERENCIAL TEÓRICO

4.1- Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica de um rio é a área de drenagem que contém o conjunto de cursos d' água que convergem para um rio principal (de maior extensão) limitada pelos divisores de água que correspondem aos pontos mais elevados do terreno que separam as bacias adjacentes (Jorge & Uehara, 1998). As bacias hidrográficas são superfícies côncavas, formato que determina a direção do escoamento da água. A forma da bacia e da rede de drenagem são determinadas principalmente por fatores geológicos (rochas e estrutura).

De modo geral nas porções altas de uma bacia hidrográfica há maior erosão e transporte de sedimentos. A intensidade de erosão diminui da alta para a média bacia à medida que as declividades suavizam e as chuvas se tornam menos intensas devido ao fator orográfico das regiões altas. Na porção baixa da bacia há maior propensão para a formação de colúvios. Assim a degradação da cobertura pedológica normalmente predomina na alta bacia, enquanto a agradação predomina nas partes mais baixas (Carvalho, 1994 *apud* Silva *et al.*, 2007).

4.2- Erosão Hídrica

A erosão hídrica geralmente é a forma mais importante forma de erosão. É causada pela ação dos pingos de chuva (na alta vertente) e pelo escoamento superficial laminar e acanalado na média e baixa vertente. Pode ser expressa como a relação existente entre a erosividade da chuva (potencial da chuva de causar erosão), e a erodibilidade do solo, que se resume a fragilidade do solo à erosão (Holý, 1980 *apud* Silva *et al*, 2007).

As gotas de chuva golpeiam a superfície do solo lançando suas partículas a consideráveis distâncias. As partículas de solo desagregadas ficam suscetíveis ao escoamento, provocando então a perda de solo por arraste (Soares, 1989). A erosividade da chuva atua segundo a intensidade, duração e distribuição ao longo do ano. Uma chuva pouco intensa de longa duração provoca menos danos que uma chuva curta com grande intensidade, mesmo que o total das precipitações seja o mesmo. Chuvas durante a época de estiagem podem provocar mais estragos no solo que precipitações durante a estação chuvosa, quando a vegetação já se recuperou e absorve parte da água que impactaria o solo. No entanto, chuvas intensas durante o fim de uma estação chuvosa, quando os solos estão saturados, elevam as pressões nos poros provocando erosão. (Moreira & Pires Neto, 1998)

A erosão hídrica dos solos agrícolas é um indicador do que acontece nas propriedades que estão inseridas na bacia hidrográfica. Essa erosão é síntese do tipo de uso e manejo que os solos recebem dos agricultores (Cassaro, 1999). Pensando em áreas urbanizadas, regiões são desmatadas, áreas impermeabilizadas e ocorre a diminuição de água infiltrada, ocasionando o aumento do escoamento superficial. Com essas características, aumenta-se a produção de sedimentos, ocorrendo alterações tanto no solo, em função do empobrecimento de fertilidade e perdas por erosão, como nos cursos de água, com conseqüências como a contaminação desses, refletindo na cadeia alimentar que deles depende (Silva *et al*, 2007).

4.3- Carga Suspensa

A carga suspensa é a fração mais fina do material do leito, geralmente é composta por silte e argila e é mantida em suspensão pela ação de turbulência do fluido (Silva *et al*., 2007). O estudo de concentração de carga suspensa se faz importante na

preparação de diagnóstico hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica. É destacado também para estudos de irrigação, tratamento de água para abastecimento e estudos ligados a flora e fauna aquáticas (Silva *et al.*, 2007).

A resposta de uma bacia hidrográfica em relação ao sedimento, é muito variável, depende das características físicas dessa bacia: litologia, pedologia, cobertura vegetal, declividades, regime de chuvas, entre outros fatores como, por exemplo, a ação antrópica.

Cassaró (1999) atenta para a questão da turbidez (que possui relação direta com a concentração de material em suspensão) em tratamentos de água para o consumo: quanto maior a turbidez, maior será o consumo de produtos químicos para a purificação desta água.

5- MATERIAL E MÉTODOS

5.1- Fonte dos dados

Os dados obtidos para a elaboração deste trabalho foram cedidos pela SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Dado referente à vazão provém de estações fluviométricas localizadas no alto, médio e baixo curso, já os dados de concentração de sedimentos suspensos foram extraídos apenas de uma estação localizada no baixo curso que fornecia dados desde 1977 até a atualidade. Os dados de precipitação são de onze estações pluviométricas dispersas pela área da bacia (Fig. 12).

5.2- Análise dos dados

Os dados foram organizados em tabelas e gráficos para facilitar as correlações feitas. A organização foi feita no *software* Microsoft Office Excel 2003. Para realizar as correlações referentes à concentração de sedimento suspenso deste trabalho, foi escolhida a estação fluviométrica do município de Paranacity-PR, denominada Vila Silva Jardim (Fig. 12). Esta estação foi escolhida por ser a estação mais próxima da foz do rio Pirapó, assim sua análise contribui para o entendimento do funcionamento da bacia hidrográfica. Essa estação possui também uma série histórica de dados de

aproximadamente 30 anos, fato que dá melhor suporte para correlações temporais a respeito da bacia.

5.3- Produção dos mapas

Os mapas foram produzidos com a ajuda de softwares específicos SIGs (Sistemas de Informação Geográfica). Os mapas de hidrografia, geologia, cobertura pedológica, climático, vegetação original, usos do solo, declividade e identificação das estações fluviométricas e pluviométricas foram feitos no ArcGis 9.3. E o mapa de pluviometria foi feito com o Surfer 8.0. Para a produção desses mapas foi indispensável à disponibilização das bases do ITCG-PR (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências- Paraná) assim como os dados de pluviometria fornecidos pela SUDERHSA, pelo IBGE e também os dados SRTM que a EMBRAPA disponibiliza.

5.4- Levantamento bibliográfico

Para a realização deste trabalho, foram consultados diversos trabalhos anteriormente realizados na bacia estudada, além de livros específicos sobre a temática estudada.

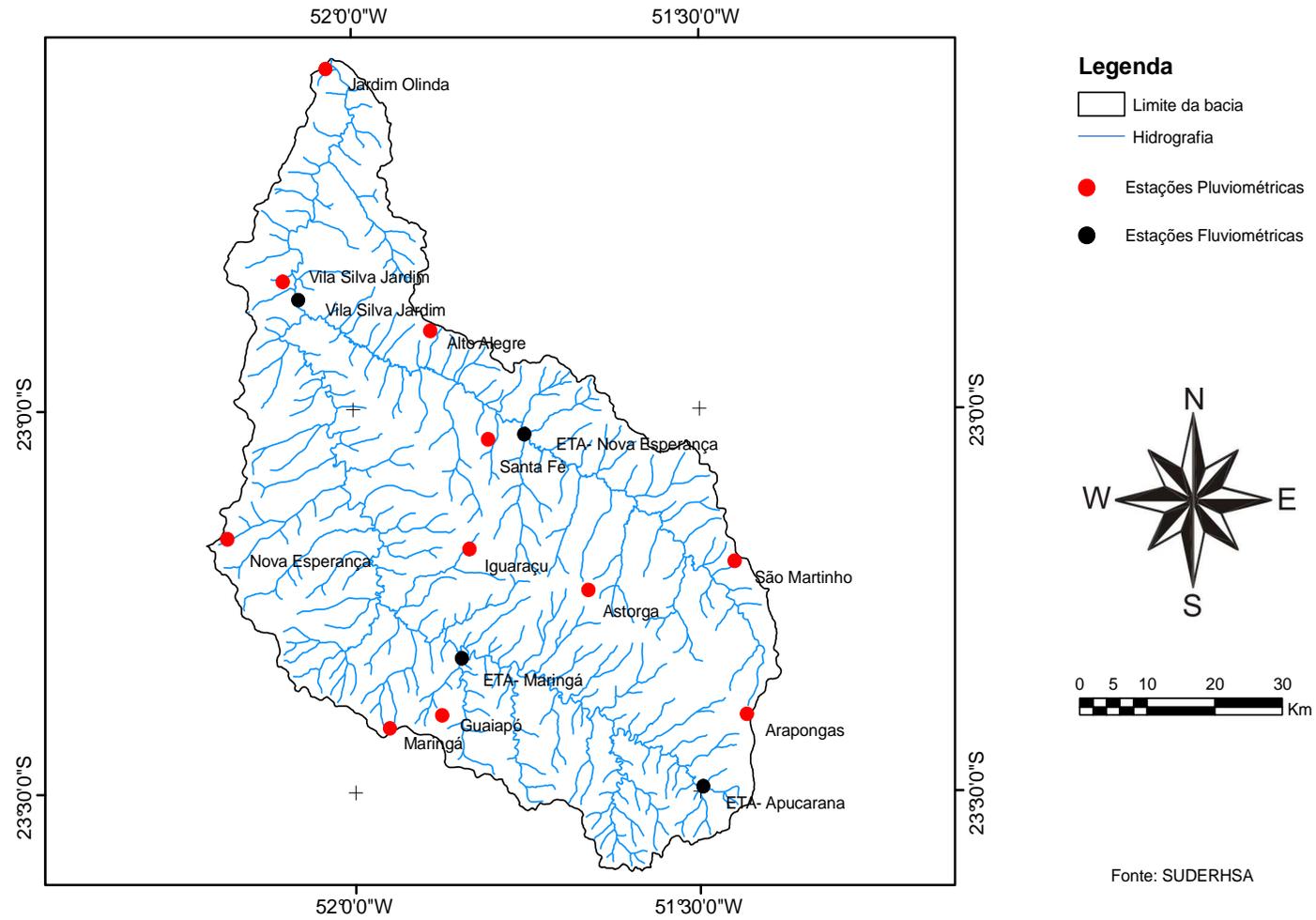


Figura 12– Localização das estações de dados da bacia hidrográfica do rio Pirapó

6- RESULTADOS

A precipitação na bacia hidrográfica do rio Pirapó é maior na montante da bacia (Fig. 13). A variação na pluviosidade é pouco discrepante, mostrando a homogeneidade da bacia com relação a precipitação. A maior média pluviométrica foi encontrada na estação Arapongas, no município de Arapongas com 137,22 mm, e a menor média pluviométrica foi na estação Vila Silva Jardim com 103,35 mm, no município de Paranacity.

A Figura 14 demonstra como estão alinhadas as médias pluviométricas da bacia, não somente com relação à quantidade de pluviosidade, como também com relação à estação seca e chuvosa. Nos meses de junho, julho e agosto estão as menores médias e nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro estão os maiores valores médios.

A estação Vila Silva Jardim (escolhida para o estudo da carga suspensa) analisada separadamente com relação a pluviosidade, mantém o mesmo padrão encontrado na bacia: meses secos em junho, julho e agosto e meses chuvosos em dezembro, janeiro e fevereiro (Fig. 15)

As médias da vazão dos meses de toda série histórica para a estação Vila Silva Jardim não seguem o mesmo padrão da pluviosidade como demonstra (Fig. 16). A maior vazão média mensal encontrada foi no mês de fevereiro ($Q = 78 \text{ m}^3/\text{s}$) e a menor média foi encontrada no mês de agosto ($Q = 44 \text{ m}^3/\text{s}$). Os dois meses são respectivamente os últimos representantes dos meses mais chuvosos e dos meses mais secos respectivamente.

A média de concentração de sedimentos suspensos na estação Vila Silva Jardim (Fig. 17) demonstra disparidades quando relacionada com a média da vazão, apesar de manter a média mais alta de concentração no mês de fevereiro com 321,33 mg/l e a média mais baixa no mês de agosto com 37,36 mg/l.

A descarga sólida mensal mantém exatamente o mesmo padrão que segue a média da concentração de sedimento suspenso (Fig. 18).

A concentração de sedimento suspenso, quando comparada com a vazão não mostra um alinhamento ao longo de toda série histórica de dados, como mostra a Figura 19 onde é possível identificar picos de concentração de sedimento para vazão baixa e concentrações de sedimento baixas para grandes picos de vazão.

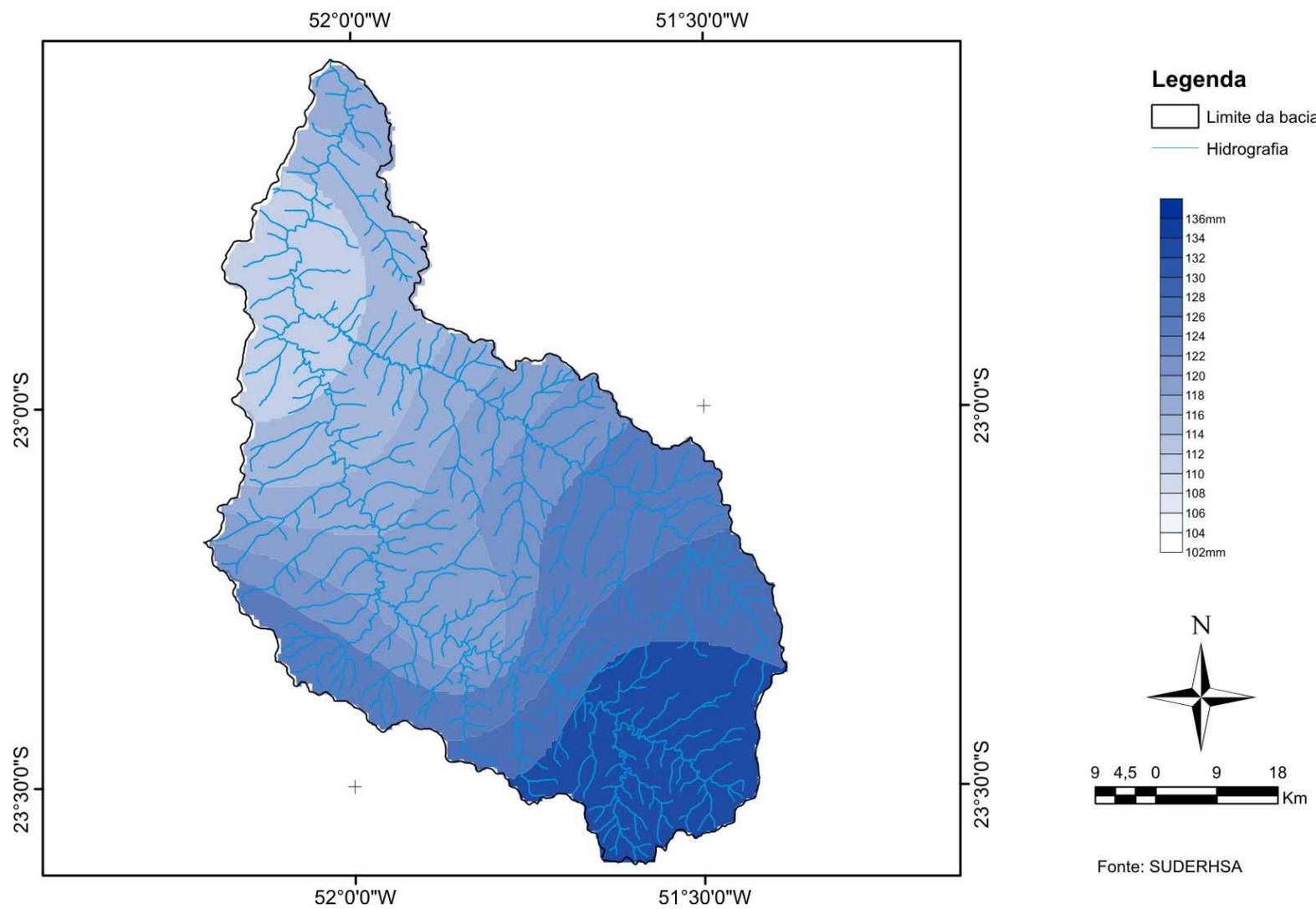


Figura 13- Mapa pluviométrico da bacia hidrográfica do rio Pirapó

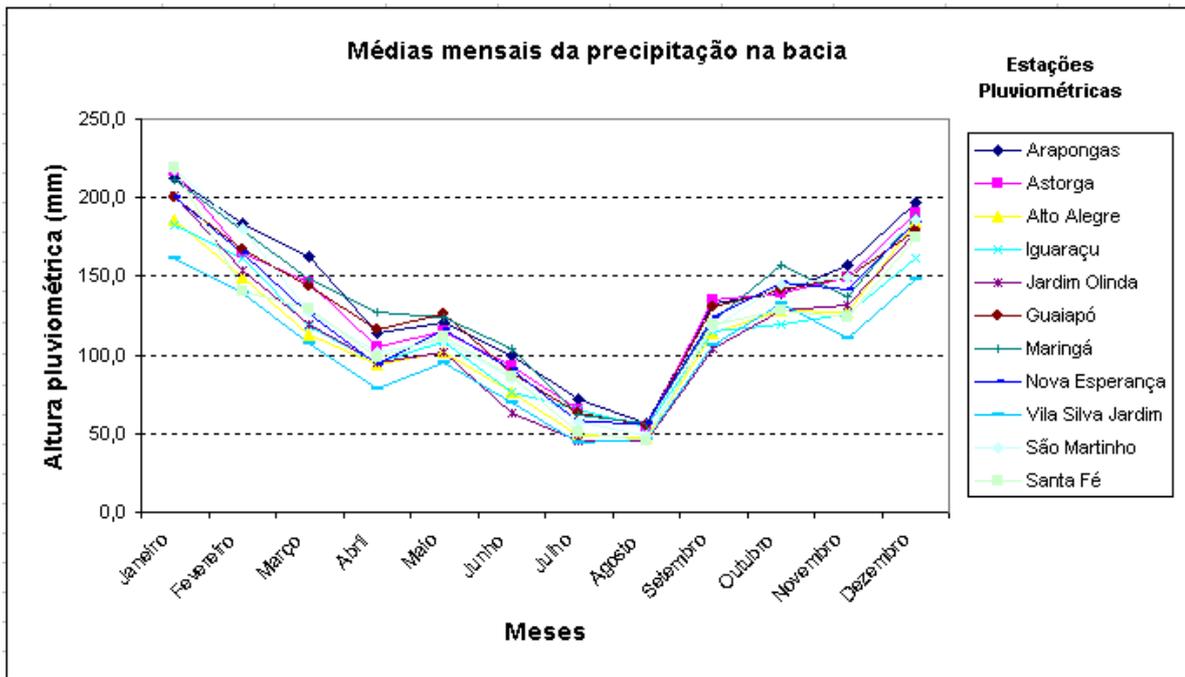


Figura 14- Médias mensais da precipitação da bacia hidrográfica do rio Pirapó (1967-2008)

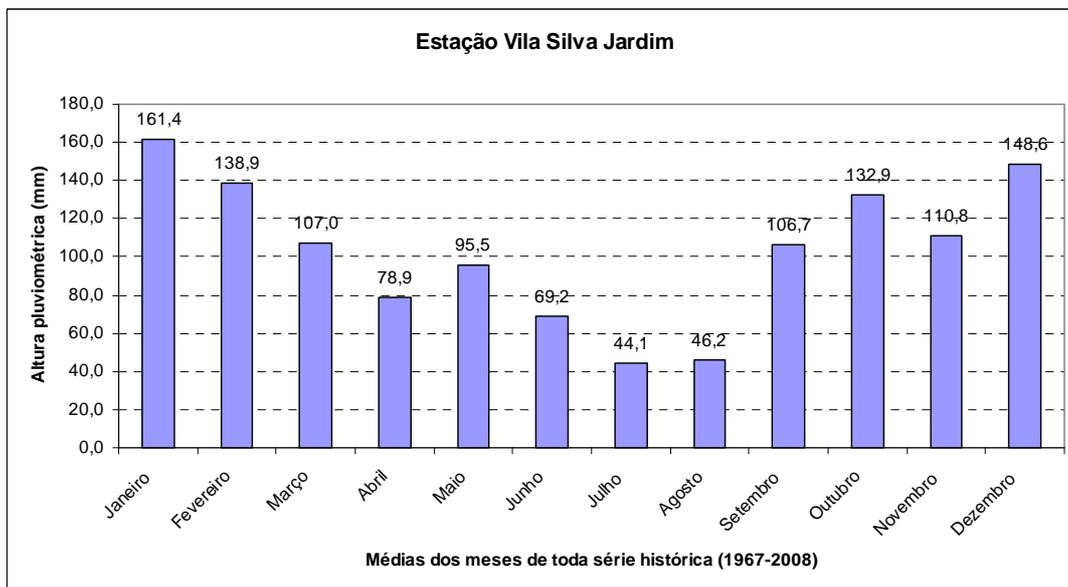


Figura 15- Médias da precipitação para a série histórica estudada (1967-2008) da bacia hidrográfica do rio Pirapó

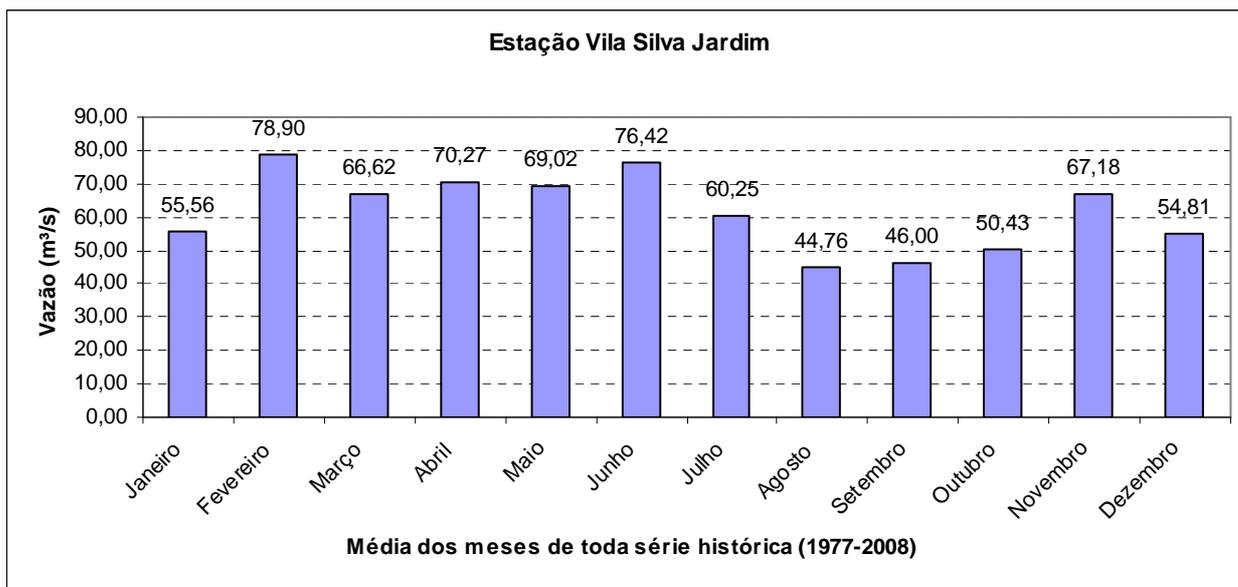


Figura 16- Médias da vazão para a série histórica estudada (1967-2008) da bacia hidrográfica do rio Pirapó

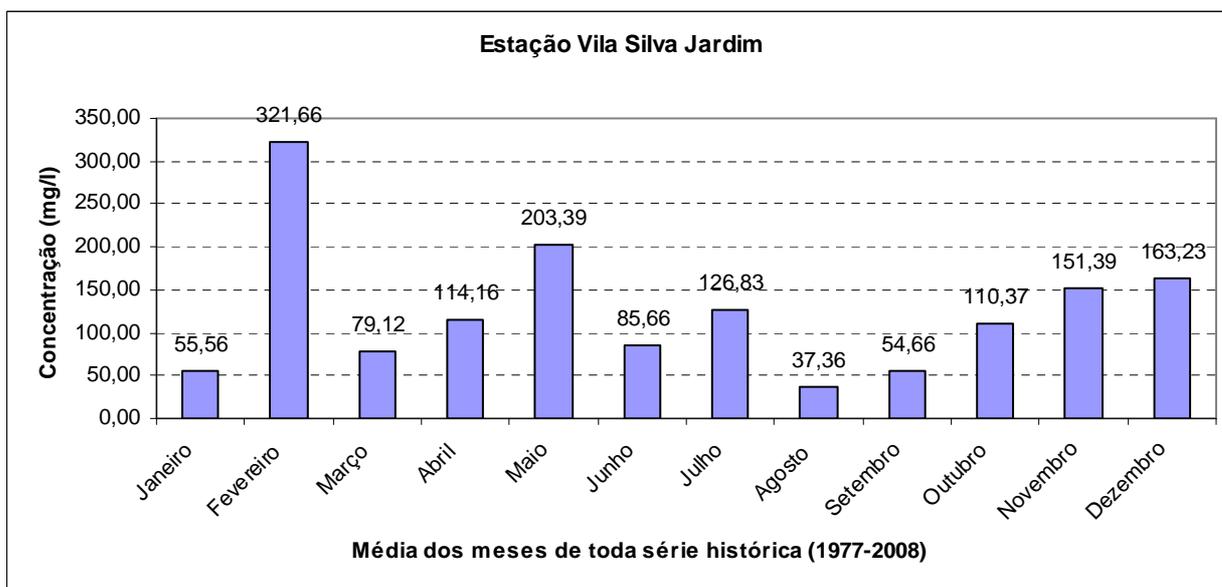


Figura 17- Médias da concentração de sedimentos suspensos para a série histórica estudada (1967-2008) da bacia hidrográfica do rio Pirapó

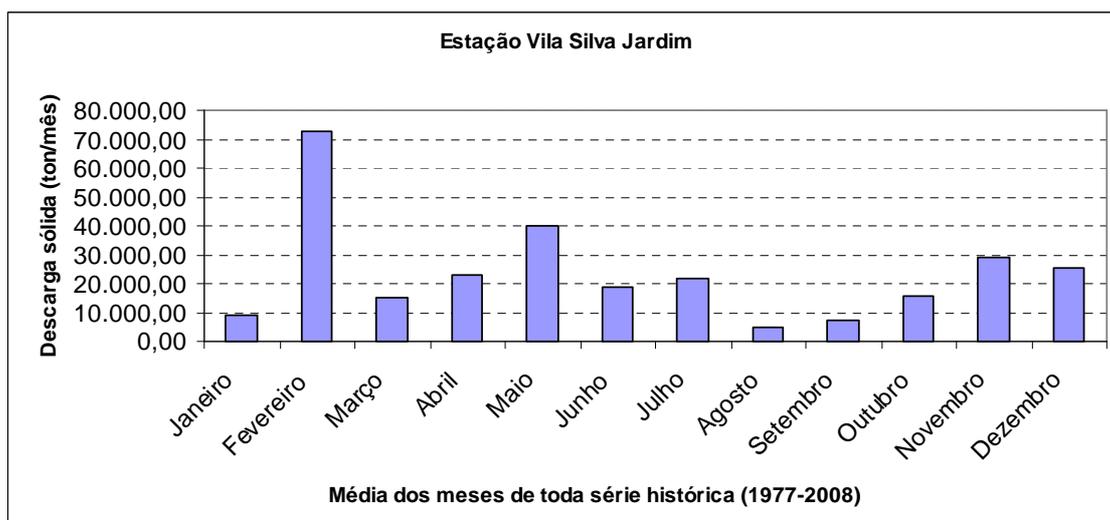


Figura 18- Médias da descarga sólida para a série histórica estudada (1967-2008) da bacia hidrográfica do rio Pirapó

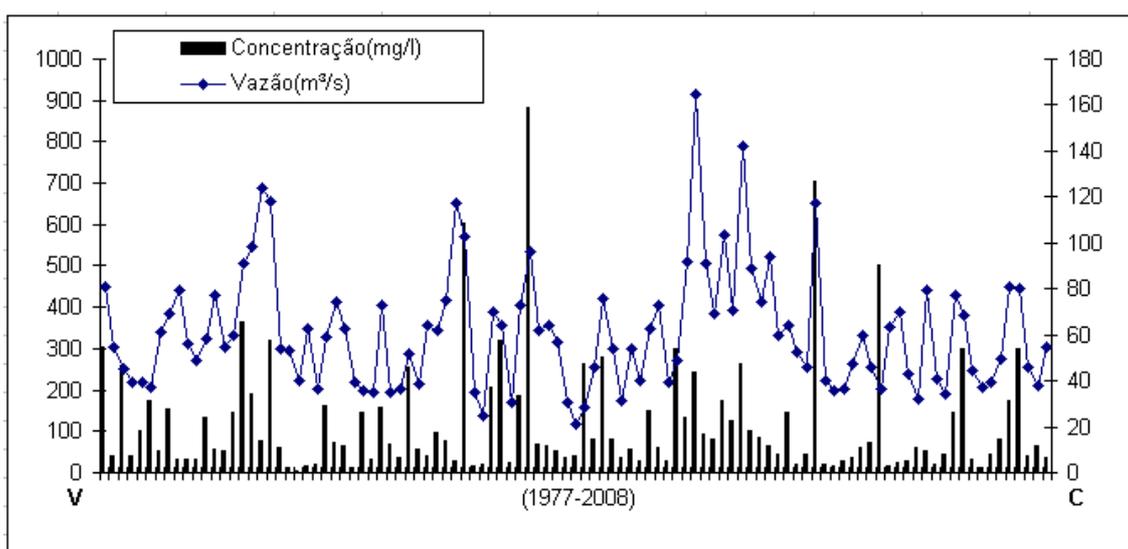


Figura 19- Relação da concentração de sedimentos suspensos com a vazão para toda série histórica estudada na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó

Para estabelecer correlações a partir dos dados que foram obtidos, foram feitos gráficos relacionando as variáveis e estabelecendo linhas de tendência do tipo potencial. (Figuras 20, 21, 22). No entanto não foi encontrada uma boa correlação entre as variáveis, em nenhum dos casos, a melhor correlação obtida foi quando correlacionada a vazão com a descarga sólida (Fig. 22), onde o valor de $R^2 = 0,6319$.

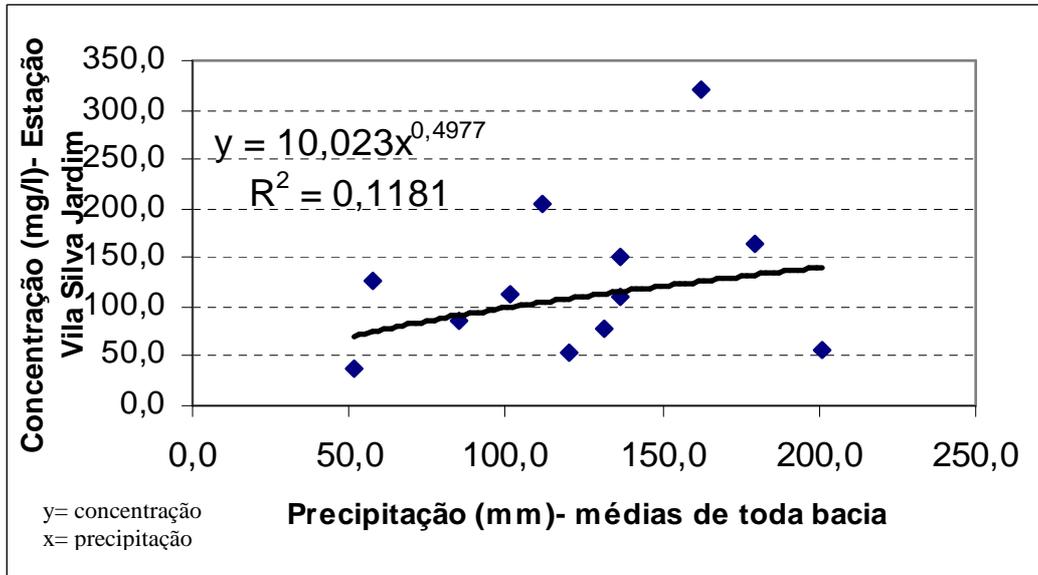


Figura 20- Relação da concentração de sedimentos suspensos com a vazão para toda série histórica estudada na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó

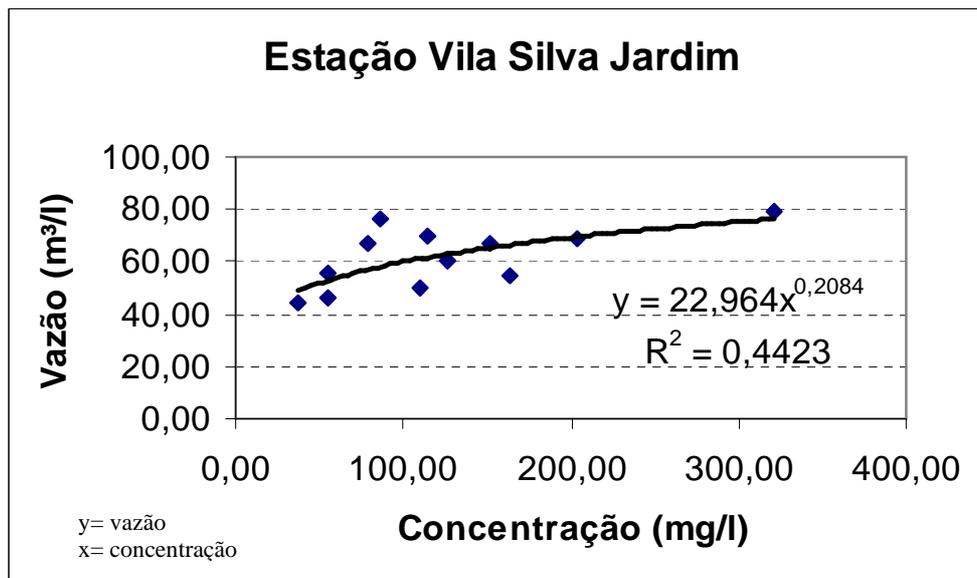


Figura 21- Correlação entre a concentração de sedimentos suspensos e a vazão na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó

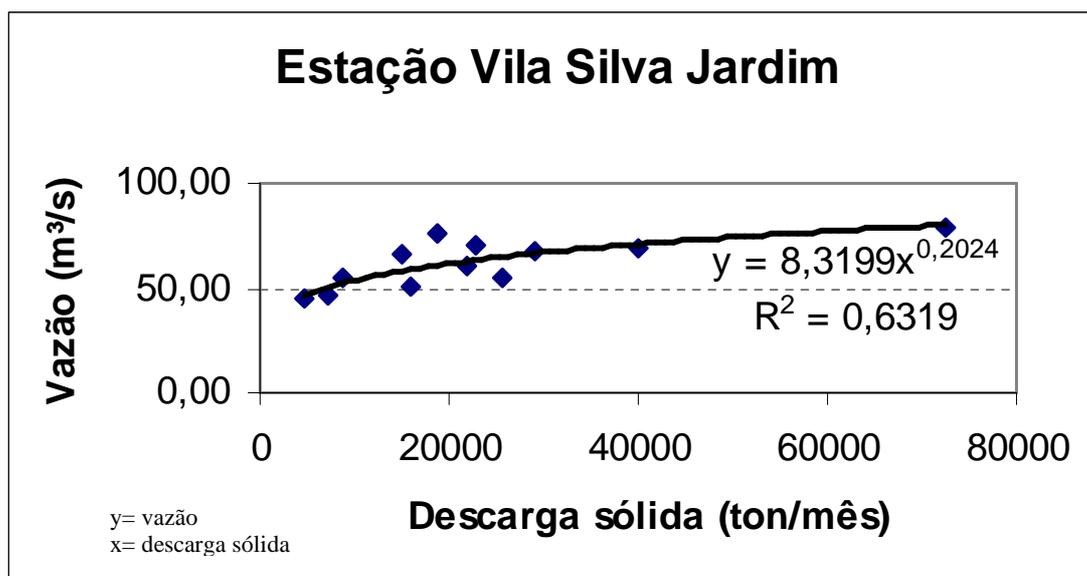


Figura 22- Correlação entre a vazão e a descarga sólida na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó

As taxas de concentração de sedimentos e a descarga sólida na bacia hidrográfica do rio Pirapó quando avaliadas por décadas pela vazão (Figuras 23, 24) não tem grande variabilidade: em 1977 a vazão foi de 63,5 m³/s com uma concentração de sedimentos de 117,36 mg/l, em 1987 a vazão foi de 55,95 m³/s, com uma concentração de sedimentos de 141,92 mg/l e em 1997 a vazão foi de 62,9 m³/s com uma concentração de sedimentos de 103,09. O mesmo é visto com relação a taxa de descarga sólida: em 1977 a descarga era de 24374,49 ton/mês, em 1987 era 28946,09 ton/mês e em 1997 23162,27 ton/mês.

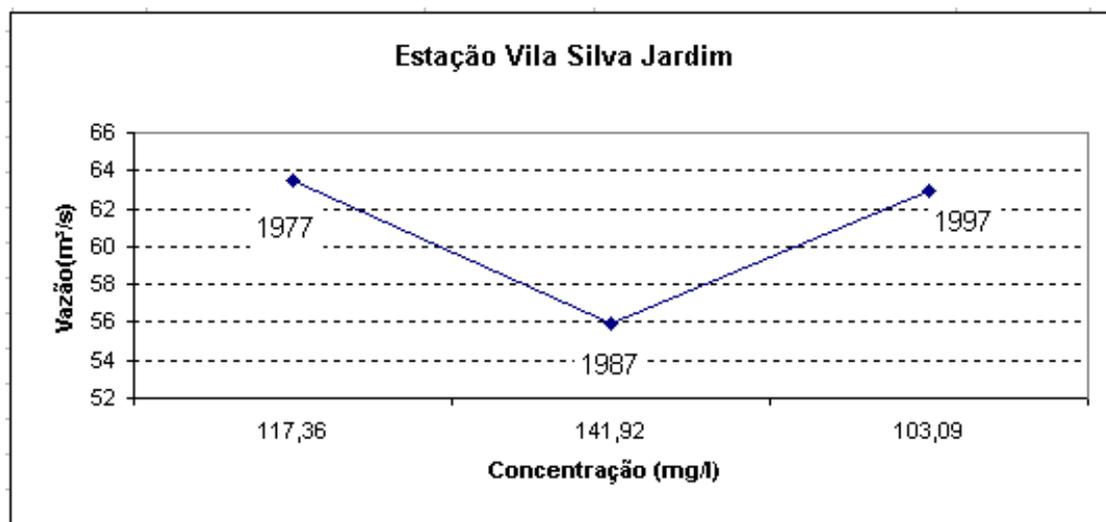


Figura 23- Relação entre a vazão e a concentração de sedimentos suspensos por décadas de estudo na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó

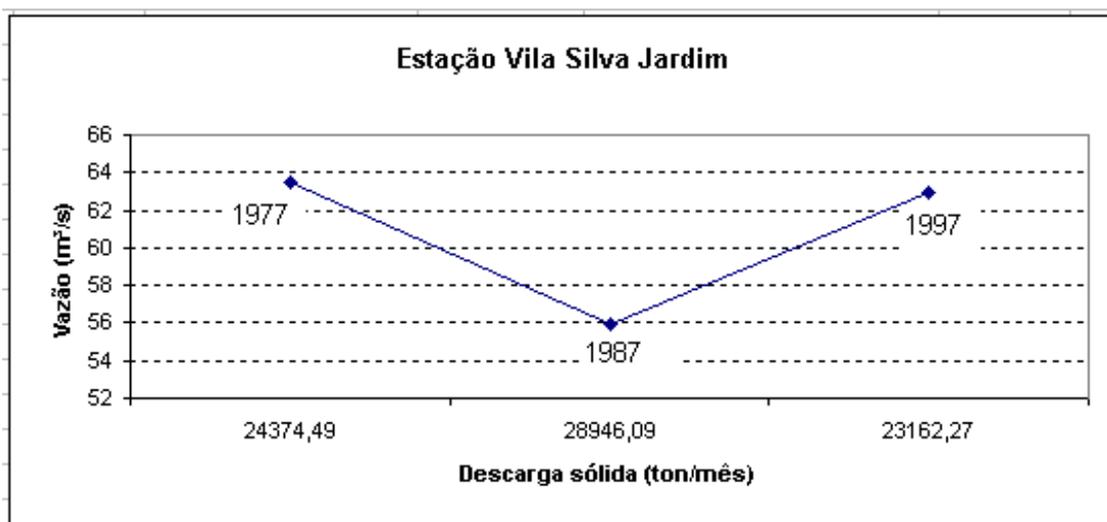


Figura 24- Relação entre a vazão e a descarga sólida por décadas de estudo na estação Vila Silva Jardim na bacia hidrográfica do rio Pirapó

7- DISCUSSÃO

De acordo com os dados apresentados nos resultados do trabalho, o mês de fevereiro é o mês de toda série histórica estudada (1977-2008) para a estação Vila Silva Jardim que apresenta maiores valores de concentração de sedimentos, vazão e descarga sólida provavelmente devidos aos altos índices pluviométricos neste mês, que está contido dentro da estação chuvosa. Quando verificada a precipitação, o mês de janeiro apresenta maior índice pluviométrico do que o mês de fevereiro, no entanto é nesta

única variável que o mês de fevereiro não possui o maior valor. Esse fato pode ser explicado devido ao acúmulo de água nos solos no mês de janeiro levando à saturação, então, quando chove mesmo que em menor quantidade no mês de fevereiro, o escoamento superficial é maior, aumentando a vazão do rio, já que os solos estão saturados de água e não é possível a infiltração e então conseqüentemente há maior aumento na concentração de sedimentos.

O mês de fevereiro está entre os meses chuvosos da bacia hidrográfica do rio Pirapó, conforme apresentado nos resultados. De acordo com Soares (1989) no verão as chuvas se intensificam pelo aumento do diâmetro das gotas e frequência, e é nesta época que os solos estão descobertos e propensos à erosão.

O plantio da soja é recomendado pela Embrapa do dia 15/10 ao dia 20/10, sendo o ciclo da plantação de 120 dias aproximadamente para locais com temperaturas mais altas, como no município de Maringá, e ciclo de 135 dias aproximadamente para locais com temperaturas mais baixas, como no município de Apucarana. No entanto, nas porções, média e baixa da bacia (as porções mais quentes da bacia) é costume plantar a soja mais no começo do mês de outubro, assim aproveita-se o final do ciclo da soja e é plantado o milho safrinha logo após a colheita da soja no mês de fevereiro. Como a erosão hídrica tem forte relação com a cobertura vegetal, na época de colheita da soja, o solo fica desnudo, o que provavelmente ocasiona as maiores taxas concentração de sedimento (oriundas da erosão laminar) no mês de fevereiro, que é um mês chuvoso para a bacia hidrográfica do rio Pirapó. As chuvas caem sobre o solo "lavando" a camada superficial e carregando no fluxo do escoamento superficial parte desse solo e levando até o rio Pirapó.

Cassaro (1999) já apontava em seu estudo os problemas relativos à erosão hídrica, como perdas de solo, perdas de investimentos em trabalho e insumos, além da diminuição da produtividade da terra. Analisando dados de turbidez e índice pluviométrico da Estação de Tratamento de Água de Maringá o autor chega à conclusão de que há assoreamento nesta parte do canal do rio Pirapó.

Peruço (2004), Oliveira (2004) e Alves (2006) chamam atenção em seus trabalhos sobre a degradação de mata ciliar ao longo do rio Pirapó e em seus afluentes, fato que também contribui para aumento de escoamento superficial e conseqüentemente aumento da concentração de sedimentos suspensos.

A partir da década de 1970, segundo Cassaro (1999) foram implantados vários programas estaduais no Paraná relativos ao combate da erosão rural e urbana, no entanto

o resultado não foi muito positivo se analisarmos os dados da concentração de sedimentos e da descarga sólida pela vazão apresentados nos resultados. De 1977 para 1987 os valores de concentração de sedimentos e descarga sólida aumentam, enquanto que a vazão do rio diminui. Já de 1987 para 1997 a concentração de sedimentos e a descarga sólida diminuem, enquanto que a vazão aumenta. Apesar de variações sensíveis, essas variações refletem o manejo do solo conforme foram passando as décadas e conforme a implantação de programas estaduais. A partir de 1990 foi implantado o sistema de plantio direto, o que pode ter contribuído para a diminuição mesmo que sensível das taxas de concentração de sedimentos suspensos e da descarga sólida.

8- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação deste estudo na bacia hidrográfica do rio Pirapó leva ao conhecimento do comportamento da bacia em relação à concentração de sedimentos suspensos e em relação à descarga sólida através das décadas estudadas e também através dos meses do ano. Além de proporcionar uma caracterização com relação à precipitação incidente em toda a bacia durante o período de estudo (1977-2008).

A partir deste trabalho pôde-se verificar que:

- A variação nas quantidades de pluviosidade é pouco discrepante, mostrando a homogeneidade da bacia com relação à precipitação.
- A bacia apresenta uma variação sazonal da pluviosidade. Nos meses de junho, julho e agosto estão as menores médias pluviométricas e nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro estão as maiores médias pluviométricas.
- O mês de fevereiro é o mês de toda série histórica estudada (1977-2008) para a estação Vila Silva Jardim que apresenta maiores valores de concentração de sedimentos, vazão e descarga sólida. Justamente na época de colheita da soja e plantio do milho safrinha, período em que os solos ficam desnudos, mais propensos à erosão laminar.
- As taxas de concentração de sedimentos e a descarga sólida na bacia hidrográfica do rio Pirapó quando avaliadas por décadas pela vazão não tem grande variabilidade. Apesar de variações sensíveis, essas variações refletem o manejo do solo conforme foram passando as décadas e conforme a implantação de programas estaduais, como o de 1970 visando à contenção de erosão e o de 1990 que consistia no plantio direto.

É fato que este estudo revela a condição do uso e manejo do solo na bacia hidrográfica do rio Pirapó, no entanto com esse trabalho não se esgotam possibilidades de estudos referentes à mesma temática nesta área de estudo.

9- REFERÊNCIAS

- ALVES, E.C. Monitoramento da Qualidade da Água da Bacia do Rio Pirapó [Paraná]. Dissertação de Mestrado- PEQ, Universidade Estadual de Maringá, Maringá- PR, 2006.
- BORSATO, V. A. Irregularidades Pluviométricas e a Produtividade Agrícola na Bacia do Rio Pirapó- PR. Mestrado em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá- PR, 2001.
- CASSARO, L. Estudo da Degradação Ambiental da Bacia de Captação de Água e Abastecimento da Cidade de Maringá- Rio Pirapó. Monografia- Especialização em Controle e Gestão Ambiental- Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá- PR, 1999.
- ENDLICH, A. M. Maringá e o tecer da rede urbana regional. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia- Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente- SP, 1998.
- JORGE F.N. & UEHARA K. Águas de Superfície. In: Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N.A. (Eds). 1998. Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE-CNPq/FAPESP, 586p.
- ITAIPU. Relatório 06/87-12/88- Estudo Sedimentométrico no Sistema de ITAIPU- vol 1- 1990.
- MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná. Curitiba: Badep: UFPR, 1968.
- MARTINEZ, M. Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Estadual de Maringá. Maringá- PR. 2005.
- MOREIRA C.V.R. & PIRES NETO A.G. Clima e Relevo. In: Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N.A. (Eds). 1998. Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE-CNPq/FAPESP, 586p.
- OLIVEIRA, T. M. Diagnóstico da Qualidade Físico- Química e Biológica do Afluentes da Bacia do Alto Rio Pirapó [Paraná]. Dissertação de Mestrado- PEQ, Universidade Estadual de Maringá. Maringá- PR, 2004.
- PERUÇO, J. D. Identificação das principais fontes poluidoras de afluentes da bacia do Alto Pirapó- PR. Dissertação de Mestrado- Universidade Estadual de Maringá- PEQ, Maringá- PR, 2004.
- SALOMÃO F.X.T. & ANTUNES F.S. Solos. In: Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N.A. (Eds). 1998. Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE-CNPq/FAPESP, 586p.
- SANTOS L. J. C., OCA_FIORI C., CANALI N. E., SILVEIRA C. T., SILVA J. M. F. ROSS J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. 2006. Revista Brasileira de Geomorfologia- ano 7, nº 2. 2006.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas- São Carlos: Editora RiMa, 2007. 2ª edição.

SOARES, P. F. Estimativa da Erosividade da chuva na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó. Monografia. Departamento de Estatística da Fundação Universidade Estadual de Maringá, Maringá- PR, 1989.

SOUZA, G. P. Variabilidade de precipitação na bacia hidrográfica do rio Pirapó. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu- PR, 2002.

