



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E
SUSTENTABILIDADE**

CARACTERIZAÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÍVEL E PRODUÇÃO DE
SEDIMENTOS PARA MICROBACIAS LOCALIZADAS NO PONTAL DO
PARANAPANEMA.

Por

JOÃO FRANCISCO COELHO

NAZARÉ PAULISTA, 2022



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E
SUSTENTABILIDADE**

**CARACTERIZAÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÍVEL E PRODUÇÃO DE
SEDIMENTOS PARA MICROBACIAS LOCALIZADAS NO PONTAL DO
PARANAPANEMA.**

Por

JOÃO FRANCISCO COELHO

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

PROF.ALEXANDRE UEZU

PROF.CARLA CÂMARA

PROF.JUNIOR CESAR AVANZI

TRABALHO FINAL APRESENTADO AO PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

IPÊ – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS

Ficha Catalográfica

Coelho, João Francisco

Caracterização da Variação do Nível e Produção
de Sedimentos para Microbacias Localizadas no
Pontal do Paranapanema.2022.78p.

Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de
Pesquisas ecológicas

1. Microbacias
2. Caracterização
3. Pontal do Paranapanema
- I. Escola Superior de Conservação Ambiental
e Sustentabilidade, IPÊ

BANCA EXAMINADORA

NAZARÉ PAULISTA 12 DE AGOSTO DE 2022

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Prof. Dr.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO	6
LISTA DE QUADROS	8
LISTA DE FIGURAS	9
RESUMO	10
CARACTERIZAÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÍVEL E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS PARA MICROBACIAS LOCALIZADAS NO PONTAL DO PARANAPANEMA.	11
1 REFERENCIAL TEÓRICO	12
1.1 CONCEITO DE PAISAGEM	12
1.2 ESTRUTURA DA PAISAGEM	13
1.3 ESCALA	15
1.4 BACIAS HIDROGRÁFICAS E MICROBACIAS COMO ESCALAS DE ANÁLISE	16
1.5 DIFERENTES USOS DO SOLO E SUAS INFLUÊNCIAS	18
1.6 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE MICROBACIAS.....	20
2 INTRODUÇÃO.....	22
3 OBJETIVO	24
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
ÁREA DE ESTUDO	25
4.1 SELEÇÃO DAS MICROBACIAS.....	27
4.2 BASE DE DADOS	28
4.3 ANÁLISE DA PAISAGEM E CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS MICROBACIAS.....	28
4.4 COLETA DE DADOS.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO DAS MICROBACIAS	32
5.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA	34
5.2.1 <i>Parâmetros Naturais de Forma</i>	34
5.2.2 <i>Parâmetros Naturais de Relevo</i>	35
5.2.3 <i>Parâmetros Naturais de Drenagem</i>	36
5.2.4 <i>Parâmetros Analíticos de Forma</i>	37
5.2.5 <i>Parâmetros Analíticos de Relevo</i>	38
5.2.6 <i>Parâmetros Analíticos de Drenagem</i>	39
5.3 DADOS DE PRECIPITAÇÃO E NÍVEL – DADOS PCDH’S.....	43
5.3.1 <i>Precipitação</i>	43

5.3.2	<i>Nível</i>	45	
5.4	RELAÇÕES ENTRE PAISAGEM, MORFOMETRIA E AS RESPOSTAS HIDROLÓGICAS.....	49	
5.5	MEDIÇÕES PONTUAIS DE VAZÃO.....	56	
5.6	RELAÇÕES ENTRE PAISAGEM, MORFOMETRIA E A PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS.....	59	
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.	62	
ANEXO I - VALORES DAS MEDIÇÕES PONTUAIS COM A SONDA MULTIPARÂMETROS E A			
CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTO PARA AS AMOSTRAS COLETADAS.....			63
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65	

AGRADECIMENTO

A produção deste trabalho foi sem dúvida um grande desafio. Sua realização não seria possível sem a ajuda de inúmeras pessoas, a quais, direta ou indiretamente me auxiliaram e influenciaram ao longo de todo processo. Meu sentimento de gratidão à essas pessoas é tão grande e a preocupação em não esquecer alguém é maior ainda.

À Prof. Maria José Zackia e a Prof. Carolina Bozetti que me incentivaram a dar início ao mestrado profissional, e mais do que isso me inspirarem quanto pessoa e profissional.

A meus orientadores Alexandre Uezu, Carla Câmara e Junior Cesar Avanzi por todo o apoio e incentivo ao longo do trabalho.

Aos meus pais que sempre me estimularam aos estudo e tiveram a paciência de me apoiar nessa jornada.

À minha turma de mestrado que sempre se uniu para auxiliar todos durante esse percurso de aprendizagem.

À toda Equipe do ipê no Pontal do Paranapanema (Haroldo, Nivaldo, Aires, Aline, Amanda, Williana) por toda receptividade e carinho, sem dúvida nenhuma vocês se tornaram meus amigos!

À querida “Dona Edina” por sempre me escutar e aconselhar em meio aos obstáculos.

Aos meus amigos Gabriela Barreto e Gabriel Borin por meu auxiliarem no processo de montagem das estações.

À China Three Gorges Brasil Energia Ltda, por financiar todo o trabalho e possibilitar a realização do mesmo.

A toda a região do Pontal do Paranapanema a qual me recebeu de braços abertos e conquistou um grande carinho e admiração da minha parte.

Muito obrigado a
todos vocês!

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- EQUAÇÕES UTILIZADAS NOS CÁLCULOS DOS ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	29
QUADRO 2 - TAMANHO E COMPOSIÇÃO DAS SUB-BACIAS SELECIONADAS PARA OS LEVANTAMENTOS DOS PARÂMETROS DE ÁGUA, NA REGIÃO DO PONTAL DO PARANAPANEMA.....	32
QUADRO 3 - COMPOSIÇÃO DOS TIPOS DE SOLO E FORMAÇÃO GEOLÓGICA NAS SUB-BACIAS SELECIONADAS, NA REGIÃO DO PONTAL DO PARANAPANEMA.	32
QUADRO 4—CLASSIFICAÇÃO DA DENSIDADE DE DRENAGEM VILLELA E MATTOS (1975)	39
QUADRO 5 – VALORES DE INCLINAÇÃO PARA AS RETAS QUE MELHOR REPRESENTAM OS PERFIS DE ELEVAÇÃO DE CADA MICROBACIA.	41
QUADRO 6 - PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS CALCULADOS, PARA CARACTERIZAR AS MICROBACIAS.	42
QUADRO 7— VALORES DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA E NÍVEL MÉDIO DO CURSO D'ÁGUA PARA CADA MICROBACIA	44
QUADRO 8 – VALORES MÉDIOS, MÍNIMOS, MÁXIMOS E O DESVIO PADRÃO REFERENTES AO NÍVEL DA MB1	46
QUADRO 9 - VALORES MÉDIOS, MÍNIMOS, MÁXIMOS E O DESVIO PADRÃO REFERENTES AO NÍVEL DA MB2.....	46
QUADRO 10 - VALORES MÉDIOS, MÍNIMOS, MÁXIMOS E O DESVIO PADRÃO REFERENTES AO NÍVEL DA MB3.....	47
QUADRO 11 - VALORES MÉDIOS, MÍNIMOS, MÁXIMOS E O DESVIO PADRÃO REFERENTES AO NÍVEL DA MB4.....	48
QUADRO 12 - VALORES MÉDIOS, MÍNIMOS, MÁXIMOS E O DESVIO PADRÃO REFERENTES AO NÍVEL DA MB5.....	49
QUADRO 14 - VALORES MÉDIOS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS PARA CADA MICROBACIA	59
QUADRO 15 - VALORES DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS ENCONTRADO POR SANTOS (2017) PARA OUTRAS MICROBACIAS NA REGIÃO DO PONTAL DO PARANAPANEMA.....	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –ESTRUTURA E ELEMENTOS DA PAISAGEM.	13
FIGURA 2–EXEMPLOS DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES E CONFIGURAÇÕES.	14
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DAS CINCO BACIAS AMOSTRAIS NA REGIÃO DO PONTAL DO PARANAPANEMA, SP.	26
FIGURA4–MAPA DE COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO DOS USOS DO SOLO NAS MICROBACIAS ESTUDADAS.....	33
FIGURA 5– MAPA DE COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO DAS CLASSES DE SOLOS NAS MICROBACIAS ESTUDADAS	34
FIGURA 6 – MAPA DE ELEVAÇÃO PARA AS MICROBACIAS ESTUDADAS.....	36
FIGURA 7 – MAPA DO ORDENAMENTO DAS MICROBACIAS ESTUDADAS.....	37
FIGURA 8 – MAPA DE DECLIVIDADE PARA AS MICROBACIAS ESTUDADAS DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO DA EMBRAPA 1979.....	39
FIGURA 9 – PERFIL DE ELEVAÇÃO AO LONGO DO RIO PRINCIPAL PARA CADA MICROBACIA.....	41
FIGURA 10 - DADOS DE NÍVEL MÉDIO E PRECIPITAÇÃO REGISTRADOS PARA A MB1	45
FIGURA 11 - DADOS DE NÍVEL MÉDIO E PRECIPITAÇÃO REGISTRADOS PARA A MB2	46
FIGURA 12 - DADOS DE NÍVEL MÉDIO E PRECIPITAÇÃO REGISTRADOS PARA A MB2	47
FIGURA 13 - DADOS DE NÍVEL MÉDIO E PRECIPITAÇÃO REGISTRADOS PARA A MB4	48
FIGURA 14 - DADOS DE NÍVEL MÉDIO E PRECIPITAÇÃO REGISTRADOS PARA A MB5	49
FIGURA 15 - ILUSTRAÇÃO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE UM CURSO D'ÁGUA	52
FIGURA 16 - BOXPLOT REPRESENTANDO A VARIAÇÃO DOS DADOS NÍVEL PARA CADA UMA DAS MICROBACIAS ESTUDADAS. ...	55
FIGURA 17 - MEDIÇÕES DE VAZÃO EM DIFERENTES NÍVEIS DO CURSO D'ÁGUA PARA A MB1.....	56
FIGURA 19 - MEDIÇÕES DE VAZÃO EM DIFERENTES NÍVEIS DO CURSO D'ÁGUA PARA A MB3.....	57
FIGURA 18 - MEDIÇÕES DE VAZÃO EM DIFERENTES NÍVEIS DO CURSO D'ÁGUA PARA A MB2.....	57
FIGURA 21 - MEDIÇÕES DE VAZÃO EM DIFERENTES NÍVEIS DO CURSO D'ÁGUA PARA A MB5.....	58
FIGURA 20 - MEDIÇÕES DE VAZÃO EM DIFERENTES NÍVEIS DO CURSO D'ÁGUA PARA A MB4.....	58

RESUMO

Este trabalho consistiu na seleção de 5 microbacias inseridas na região do Pontal do Paranapanema, variando entre composição e configuração dos principais usos do solo da região (pastagem, agricultura e floresta), com o intuito de descrevê-las quanto aos seus atributos geomorfológicos e de paisagem, e monitorá-las quanto a variação de nível dos seus cursos d'água e a produção de sedimentos. De maneira geral os resultados indicaram maiores variações de níveis para áreas com baixa cobertura florestal, bem como maiores concentrações de sedimentos para estas áreas. No caso de microbacias que tiveram um comportamento diferente, estas apresentaram características geomofométricas, e de tipo de solo que possivelmente podem estar relacionadas a essa diferente resposta hidrológica.

**CARACTERIZAÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÍVEL E PRODUÇÃO DE
SEDIMENTOS PARA MICROBACIAS LOCALIZADAS NO PONTAL DO
PARANAPANEMA.**

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Conceito de paisagem

O conceito de paisagem está presente nos mais variados contextos e áreas do saber, e como consequência sua interpretação varia de acordo com quem o utiliza. O que um artista ou um pintor tem como paisagem pode não ser o mesmo para um geógrafo ou um ecólogo, ainda assim, apesar de diferentes interpretações existem algumas noções compartilhadas entre elas que auxiliam no entendimento deste conceito. Normalmente, se associa paisagem a algo que se visualiza, como por exemplo, um conjunto de montanhas no horizonte, a vista do último andar de um arranha céu, ou até mesmo a visão de extensos campos agrícolas. Seja qual for o objeto contemplado, o conceito de paisagem transmite uma noção de amplitude e distanciamento entre o observador e o que se observa.

Outro ponto tido como propriedade básica da paisagem é a heterogeneidade. De acordo com Urban et. al. 1987, Paisagem, pode ser definida como o mosaico heterogêneo de usos do solo, tipos de vegetação e coberturas do solo. Para FORMAN e GODRON, (1986) é uma área de terra heterogênea, composta por grupos de ecossistemas que interagem entre si. Já Turner (1989) define simplesmente como uma área espacialmente heterogênea. Independente da definição, a paisagem não é uma simples soma de diferentes elementos geográficos, biológicos e antrópicos, e sim o resultado da combinação dinâmica de todos estes elementos, reagindo uns sob os outros em uma determinada porção do espaço (BERTRAND, 1971)

1.2 Estrutura da paisagem

Uma forma de ilustrar o conceito de estrutura da paisagem, é tomar como exemplo a experiência de um voo de balão. Conforme se ganha altitude, vão surgindo diferentes elementos espaciais que no primeiro plano pareciam estar ocultos. No início da subida, é possível identificar o campo aberto com uma grande riqueza de detalhes, porém, a visão não vai além da borda da floresta que o circunda. Assim que o balão atinge uma distância maior, a ponto de ser possível visualizar além da borda da floresta, o observador já começa a ter uma visão de conjunto daquele campo aberto e de como ele se insere na paisagem. Em outro determinado estágio já é possível identificar diferentes usos do solo e diferentes arranjos ou padrões espaciais destes usos. Essa percepção de diferentes organizações espaciais de elementos presentes na paisagem envolve justamente o conceito de estrutura da paisagem.

Estes elementos estruturais podem ser discriminados em mancha, corredor e matriz. A mancha ou “Patch” é considerada como uma das mais importantes unidades espaciais da paisagem (TURNER; GARDNER, 2015) sendo definida como uma forma da superfície delimitada não linearmente, e tendo aparência distinta em relação ao seu entorno (FORMAN, RICHARD T T; GODRON, 1986). Os corredores são os elementos que apresentam estrutura linear e atuam como uma conexão entre elementos da paisagem. Já a matriz, é o elemento dominante da paisagem, relativamente homogêneo, que inclui manchas ou corredores de diferentes tipos (FORMAN, RICHARD T T; GODRON, 1986). A Figura 1 ilustra cada um dos elementos estruturais.

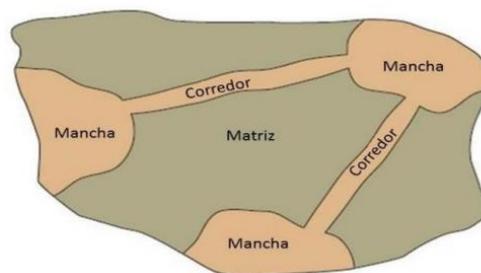


Figura 1 -Estrutura e elementos da paisagem.

Fonte: Adaptação Barnes (2001)

Através desse conceito é possível que as relações espaciais desses elementos sejam descritas, quantificadas e até mesmo comparadas com outras paisagens (BOTEQUILHA LEITÃO; AHERN, 2002). Para isso utilizam-se métricas da paisagem, as quais podem ser assimiladas como índices desenvolvidos para quantificar essas características espaciais. É por intermédio dessas métricas que se pode compreender melhor aquilo que se chama de configuração e composição da paisagem.

Por configuração, pode-se entender como sendo o ordenamento espacial das manchas, ou seja, o arranjo de distribuição das classes presentes na paisagem (Figura 2), mas não só isso, o conceito de configuração também engloba aspectos espaciais e geométricos das manchas individualmente (Lang, 2009). Alguns exemplos de métricas de configuração são: tamanho das manchas, tipos de borda, distância relativa de manchas em relação a algo de interesse, vizinhança etc (LANG, STEFAN ; BLASCHKE, 2009). Já a composição é uma característica não espacialmente explícita, ela não mede ou reflete a geometria da mancha, ela está focada no conteúdo de informação da paisagem e não na disposição espacial dos elementos (BOTEQUILHA LEITÃO; AHERN, 2002; LANG, STEFAN ; BLASCHKE, 2009). Alguns exemplos de métricas de composição são: proporção dos usos do solo, número de tipos de uso da paisagem, regularidade e dominância.

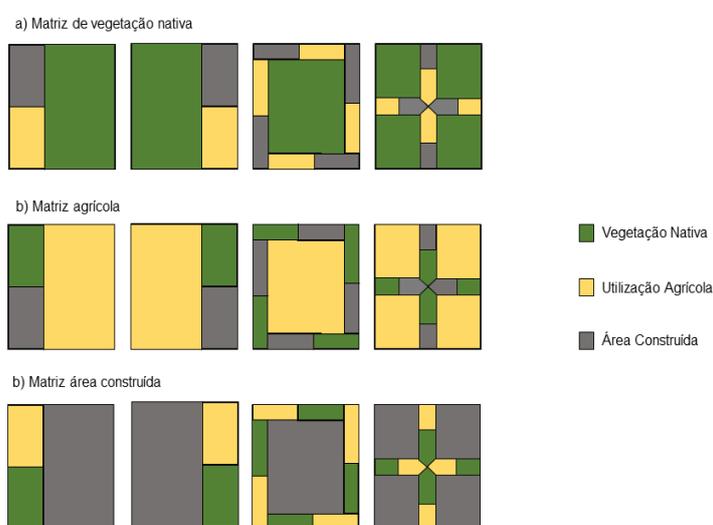


Figura 2—Exemplos de diferentes composições e configurações.

Fonte: adaptado de Forman, 1995, p. 26

Associadas à estrutura estão também as funções da paisagem. Elas são uma analogia utilizada para o conceito de funções do ecossistema, e representam a capacidade de uma determinada paisagem de fornecer bens e serviços à sociedade (KREMSA, 2021). Por essa razão, as funções estão relacionadas à uma série de processos naturais elementares que ocorrem em uma determinada paisagem. Estes processos são tão importantes que podem influenciar a manifestação dos padrões estruturais da paisagem (TURNER; GARDNER, 2015). Por outro lado, o contrário também é verdadeiro, os processos que ocorrem em uma paisagem sofrem forte influência das estruturas espaciais dominantes (LANG, STEFAN ; BLASCHKE, 2009). Em síntese trata-se da causa e efeito da heterogeneidade espacial sobre os diferentes processos ecológicos em um dado local.

Com isso, é natural que em diferentes paisagens atuem diferentes processos, em diferentes proporções e intensidades. Conseqüentemente isso se reflete nos serviços ecossistêmicos gerados pela paisagem. Uma região com altas proporções de áreas antropizadas muito provavelmente irá gerar serviços muito distintos de uma área com altos índices de preservação. Entretanto um ponto fundamental no estudo dessas relações é a escala de observação.

1.3 Escala

Uma escala específica é a dimensão espaço-temporal na qual são integrados sinais para transmitir uma mensagem (ALLEN; STARR, 2017). Sendo assim, dependendo da escala adotada, pode-se obter diferentes mensagens. Tomando como exemplo, o voo de balão, ao cruzar diferentes altitudes diferentes percepções se têm da paisagem. Isto ocorre pois conforme se aumenta o campo de visão alteram-se também os elementos estruturais da paisagem e conseqüentemente sua estrutura.

Devido a relação entre estrutura e os processos, pode-se concluir que estes também podem ser diferentes dependendo da escala de observação. A forma de um leito de um rio de dimensões espaciais que variam desde

centímetros até dezenas de metros, possui uma dimensão temporal que se define entre dias e meses. Já um perfil longitudinal de um rio, com uma extensão de centenas de quilômetros leva milhares a milhões de anos para seu estabelecimento (STEVAUX, JOSÉ CÂNDIDO; LATRUBESSE, 2017).

Por essa razão, a definição da escala a ser utilizada depende do objeto de pesquisa e dos processos ou estruturas que se busca estudar (LANG, STEFAN; BLASCHKE, 2009).

1.4 Bacias hidrográficas e microbacias como escalas de análise

Para analisar, descrever e organizar diferentes assuntos e atividades costuma-se utilizar unidades. Por exemplo, um plantio florestal comercial tem como unidade básica o chamado “talhão”, já uma pastagem, bem manejada, utiliza o piquete. Ambas as unidades sintetizam todos os processos ocorrentes nos seus respectivos sistemas de produção. No caso do talhão, ele é a área mínima onde ocorrem os processos de silvicultura, que variam desde o preparo do solo até a colheita e extração da madeira. Por essa razão, quando se tem por objetivo analisar qualquer um desses processos, o talhão é uma unidade ideal para tal.

No caso da hidrologia, ramo da ciência que estuda a água e suas relações, também ocorre algo similar. Durante o ciclo hidrológico, a água passa por diferentes processos ou componentes, sendo os principais: a precipitação, a evapotranspiração, a infiltração da água no solo, a movimentação e armazenamento da água subterrânea e o deflúvio (EDWARDS; WILLIARD; SCHOONOVER, 2015). Todos esses processos e componentes ocorrem espacialmente, e podem ser delimitados naturalmente através das bacias e microbacias hidrográficas. Em resumo, no interior de uma bacia ou microbacia estão presentes todos os processos e componentes do ciclo hidrológico, o que as tornam importantes unidades de análises dos recursos hídricos, afinal elas sintetizam as possíveis trajetórias que água pode ter.

Por definição, é considerada uma bacia ou microbacia hidrográfica toda porção de terra na qual a precipitação incidente, sobre ela, é drenada para um mesmo curso d'água (EDWARDS; WILLIARD; SCHOONOVER, 2015). Dessa forma, qualquer ponto sobre a superfície terrestre pertence a uma bacia hidrográfica. A delimitação de onde começa uma bacia e onde termina a outra é dada através dos pontos com topografia mais elevada, conhecidos como "divisores de água". Para realizar essa delimitação é necessário que se tenha um ponto de referência, ou seja, o ponto que representará a drenagem comum para toda a área de contribuição. É a partir da escolha deste ponto que é possível delimitar, através dos divisores de água, qual é a área de terra que converge o seu fluxo hídrico para aquele ponto. Por essa razão a maior área possível para uma bacia hidrográfica é quando o ponto de referência do córrego ou rio, em questão, é justamente a foz dele no mar, oceano ou lago.

Entretanto, este conceito não é suficiente para distinguir microbacias de bacias hidrográficas, afinal ambas compartilham conceitos em comum e ao contrário do que se pensa essa distinção não é feita em função do tamanho, como se áreas de contribuição abaixo de tal valor fossem classificadas como microbacias e acima como bacias hidrográficas. Esta distinção está muito mais apoiada no fato de que os rios constituem ecossistemas abertos e lineares, e por isso estão sujeitos a variações ao longo do tempo e espaço (WELCOMME, 1980).

De acordo com o conceito do Contínuo Fluvial, os rios possuem uma série de gradientes físicos ao longo do seu curso, e conforme vão avançando e recebendo águas de outros contribuintes, vão sofrendo influências de diferentes processos de forma que em diferentes trechos possuam diferentes dinâmicas (VANNOTE et al., 1980). Segundo Gomi et. al (2002) a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica pode ser dividida em dois sistemas, os de cabeceiras que representam as microbacias, e os sistemas a jusante, que representam as bacias hidrográficas. Esta divisão tem como base justamente os processos atuantes em cada um dos sistemas, já que há uma descontinuidade dos processos nas áreas de cabeceira em relação as áreas a jusante, por conta das mudanças na largura do vale, ângulo de junção dos tributários, tamanho do substrato e gradiente do canal (RICE; GREENWOOD; JOYCE, 2001).

Sendo assim, toda microbacia está contida dentro de uma bacia hidrográfica, a diferença está na dinâmica e no comportamento de cada uma. Um exemplo é a forma como ambas (microbacias e bacias hidrográficas) respondem a alguns eventos como por exemplo a precipitação. Durante uma chuva intensa o nível de uma microbacia pode aumentar consideravelmente, enquanto o nível da bacia hidrográfica, a qual a mesma microbacia pertence, pouco se altera. Essa diferença pode ocorrer também com a concentração de sedimentos, os valores de concentração podem ser altos em uma microbacia, enquanto na bacia hidrográfica sofrem pouca alteração. Isso ocorre pois conforme se avança em direção a jusante, ou seja, conforme se afasta dos sistemas de cabeceira (microbacias) e se aproxima dos sistemas a jusante (bacias hidrográficas), alguns fenômenos tendem a se “diluir” pelo ganho de escala ao longo do percurso.

1.5 Diferentes usos do solo e suas influências

Durante a fase terrestre do ciclo hidrológico, a água reflete diretamente as condições e os usos dos terrenos por onde ela emana(PEREIRA, 1973). Fatores como declividade, tipo de solo, uso e cobertura do solo influenciam os processos hidrológicos e conseqüentemente a qualidade e quantidade de água.

A infiltração de água no solo, por exemplo, sofre influência de fatores como: estrutura do solo, tamanho e distribuição das partículas do solo, estabilidade dos agregados, usos do solo, vegetação, topografia e influências climáticas. Apesar da ampla gama de variáveis influenciáveis Yimer et al. (2008) chama a atenção para a influência proveniente dos usos do solo. Em seu trabalho, ele verificou que áreas com vegetação florestal registraram valores de infiltração acumulada superiores em 3 vezes, quando comparados a áreas de pastagem e agricultura, e ressaltou que essa diferença ocorreu principalmente pelos diferentes usos do solo, do que pelo declive do terreno. BHARATI et al.,

(2002) também obtiveram resultados parecidos, que apontam para uma maior infiltração em áreas com cobertura vegetal de porte florestal.

Em parte, isto ocorre, pois, áreas florestais influenciam na relação tempo x volume de água infiltrada. Durante uma precipitação sob uma área não vegetada, o volume de água precipitado entra imediatamente em contato com o solo, e dependendo da capacidade de infiltração natural do solo, e do volume precipitado, esta água irá infiltrar ou escorrer superficialmente. Entretanto em uma área vegetada, o volume precipitado, não entra imediatamente em contato com o solo, parte deste volume é interceptado pela vegetação, e só após a saturação dela que a água começa a escorrer em direção ao solo. Esta dinâmica reduz a intensidade com que a água chega ao solo, e conseqüentemente aumenta a infiltração, uma vez que o volume precipitado não chega todo de uma vez só, e sim é distribuído em um ritmo mais ameno durante o evento chuvoso. Além disso, a matéria orgânica gerada pela serrapilheira, proveniente das florestas e a densa quantidade de raízes, também favorecem a estruturação do solo melhorando a capacidade de infiltração.

Mas essas diferenças não se restringem somente a infiltração. Outros componentes importantes do ciclo hidrológico também são influenciáveis pelo uso do solo. Diferentemente da água que infiltra e atinge o lençol freático, parte da precipitação pode escorrer superficialmente em direção aos corpos hídricos, e contribuir rapidamente para o aumento do volume dos rios ou do deflúvio.

O deflúvio é por definição, o volume total de água, que passa pela secção transversal de um curso d'água durante um determinado período (DNAEE, 1970) e pode ser dividido em duas partes, a primeira é o escoamento de base o qual se refere a porção do deflúvio que deriva de águas subterrâneas, ou seja, da água que infiltrou e abasteceu o lençol freático. Já a segunda parte é o escoamento direto, e representa a porção do deflúvio que é liberada pela bacia durante e imediatamente após a ocorrência de uma chuva, ou seja, a porção da água que escorre sub e superficialmente (LIMA, 2005). Dependendo do uso, e das características da bacia, pode-se favorecer um dos dois escoamentos e conseqüentemente influenciar a qualidade e quantidade de água.

Ao escorrer superficialmente (escoamento direto) a água tende a carregar consigo partículas dos materiais que se encontram na superfície, conduzindo-os até os corpos d'água. A quantidade desses materiais, bem como a intensidade

desse processo, varia conforme os usos do solo, afinal diferentes usos e manejos podem influenciar as taxas de escoamento de base e escoamento direto.

Esse fluxo de matéria dentro de uma microbacia é normal e natural, entretanto alterações no regime natural de sedimentos podem representar uma ameaça à qualidade da água e aos ecossistemas aquáticos. Isso ocorre pois junto com o aumento de sedimentos aumenta-se também a turbidez da água, interferindo na entrada de luz, o que pode desencadear uma reação na cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos. Além disso, o aumento da concentração de sedimentos, influencia também o tratamento desta água para o consumo humano, e podem afetar também a vida útil de barragens e reservatórios.

1.6 Caracterização morfométrica de microbacias

Além do uso do solo, as características geomorfológicas como por exemplo, forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, tipo de solo entre outros, também influenciam o comportamento hidrológico de uma microbacia (LIMA, 1976). TONELLO et al., (2009) dividem essas características em três grupos: características de geometria (forma), características de relevo e características da rede de drenagem. Para cada uma delas existem índices que expressam e descrevem a microbacia, este processo é conhecido como caracterização morfométrica ou análise morfométrica de microbacias.

A caracterização morfométrica de microbacias é uma das primeiras e mais comuns análises executadas em estudos ambientais e hidrológicos. De acordo com ANTONELI e THOMAZ, (2007) ela permite a diferenciação de áreas homogêneas, podendo revelar indicadores físicos específicos de cada local e consequentemente auxiliar no entendimento da dinâmica hídrica do local.

Diversos trabalhos têm sido realizados através de análises morfométricas a fim de descrever e caracterizar bacias e microbacias, e até identificar áreas com maior fragilidade ambiental, dentre eles destacam-se os trabalhos de

(COLLARES, 2000), (TONELLO et al., 2006), (CHRISTOFOLETTI, 1969),
(SANTOS et al., 2012).

2 INTRODUÇÃO

Essencial para a vida, tal qual conhecemos, a água está intrinsicamente ligada às atividades humanas, desde os processos fisiológicos essenciais do nosso corpo até as atividades socioeconômicas (CHAPLIN, 2001). Curiosamente, estas mesmas atividades antrópicas são também um dos principais motivos de ameaça desse recurso. Entre as principais causas responsáveis por sua degradação destaca-se a expansão e a intensificação dos usos antrópicos do solo (GIRI; QIU, 2016). Tais alterações são capazes de interferir em uma série de processos relacionados ao ciclo hidrológico, como por exemplo infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial, transportes de sedimento (DE ALMEIDA et al., 2018; DIAS et al., 2015; NIEHOFF; FRITSCH; BRONSTERT, 2002), e como resultado acabam interferindo na quantidade e qualidade da água de uma determinada região.

Essa influência sobre os componentes e processo hidrológicos não é a mesma para todos os usos antrópicos, diferentes usos implicam em diferentes impactos, e mais que isso, os atributos hídricos variam em razão de muitos outros fatores, como escalas temporais, características físicas da bacia hidrográfica, composição e configuração da paisagem, intensidade do uso entre outros (URIARTE et al., 2011; XIAO et al., 2016). Por essa razão, entender o comportamento hídrico de microbacias e suas possíveis interações com a paisagem, bem como a influência das suas características físicas sobre suas respostas é fundamental para as ações de conservação dos recursos hídricos. Este tipo de informação pode embasar o planejamento e manejo das paisagens, buscando assegurar a manutenção de vários serviços ecossistêmicos, como por exemplo os serviços relacionados aos recursos hídricos.

Na região do Pontal do Paranapanema, localizada no extremo oeste do estado de São Paulo, o processo de ocupação antrópica é um dos mais recentes dentro do estado. Este território, que antes era coberto por florestas, passou por intensas e rápidas transformações desde o início do século XX. De acordo com PASSOS, (2004) até o início de 1945 a região era marcada pela existência de mais de 284 mil hectares de floresta, conhecida como a “Grande Reserva do Pontal”, mas até 1965 mais de 84% desse enorme maciço florestal já havia sido

desmatado. A derrubada das florestas deu espaço principalmente para áreas de agricultura e criação de gado de corte (SOBREIRO FILHO, 2012) sendo que mais recentemente, em 1976, com a chegada das usinas de açúcar e álcool na região, a cultura da cana também passou a ser um componente importante da paisagem da região (BARRETO, 2005)

Apesar das alterações na região terem ocorrido de maneira rápida, a compreensão e o entendimento de suas consequências não acompanharam o mesmo ritmo. Ainda existem muitas lacunas sobre os impactos dessa transformação, principalmente no que se refere aos recursos hídricos. Partindo deste cenário, este estudo buscou selecionar microbacias que representassem a paisagem do pontal do Paranapanema a fim de descrevê-las e caracterizá-las quanto às suas respostas hídricas e à produção de sedimentos.

3 OBJETIVO

Descrever e caracterizar a variação de nível e a produção de sedimentos para microbacias do Pontal do Paranapanema,

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está inserida no extremo oeste do Estado de São Paulo, em uma região chamada Pontal do Paranapanema, 52°29'29''O e 22°24'9" S (Figura 01). A geomorfologia é classificada como Planalto Ocidental de São Paulo, caracterizada pela presença de amplas colinas e baixa declividade. São dois os tipos de solos ocorrentes na região, Argissolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos (ROSSI, 2017). O clima predominante é o tropical úmido – AW, com algumas manchas de sub tropical úmido – Cfa (ALVARES et al., 2013). A vegetação é pertencente ao bioma Mata Atlântica sob a fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual, a qual ocorre em regiões com sazonalidade bem definida entre o verão e o inverno (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). A precipitação é concentrada entre os meses de setembro e março, e a média anual é de 1.280 mm com médias mensais variando entre 37 a 204 mm (COLODRO et al., 2002).

Uma característica importante da região é a presença do Parque Estadual do Morro do Diabo. Trata-se do maior remanescente de Floresta Estacional Semidecidual do Estado de São Paulo com aproximadamente 36.000 ha, sendo este um dos remanescentes da antiga “Grande Reserva do Pontal”. As áreas adjacentes ao Parque possuem uma matriz composta principalmente por pastagem (60%) e agricultura (20%), e as manchas florestais representam apenas 4.4%, desconsiderando o Parque (UEZU; METZGER, 2011).

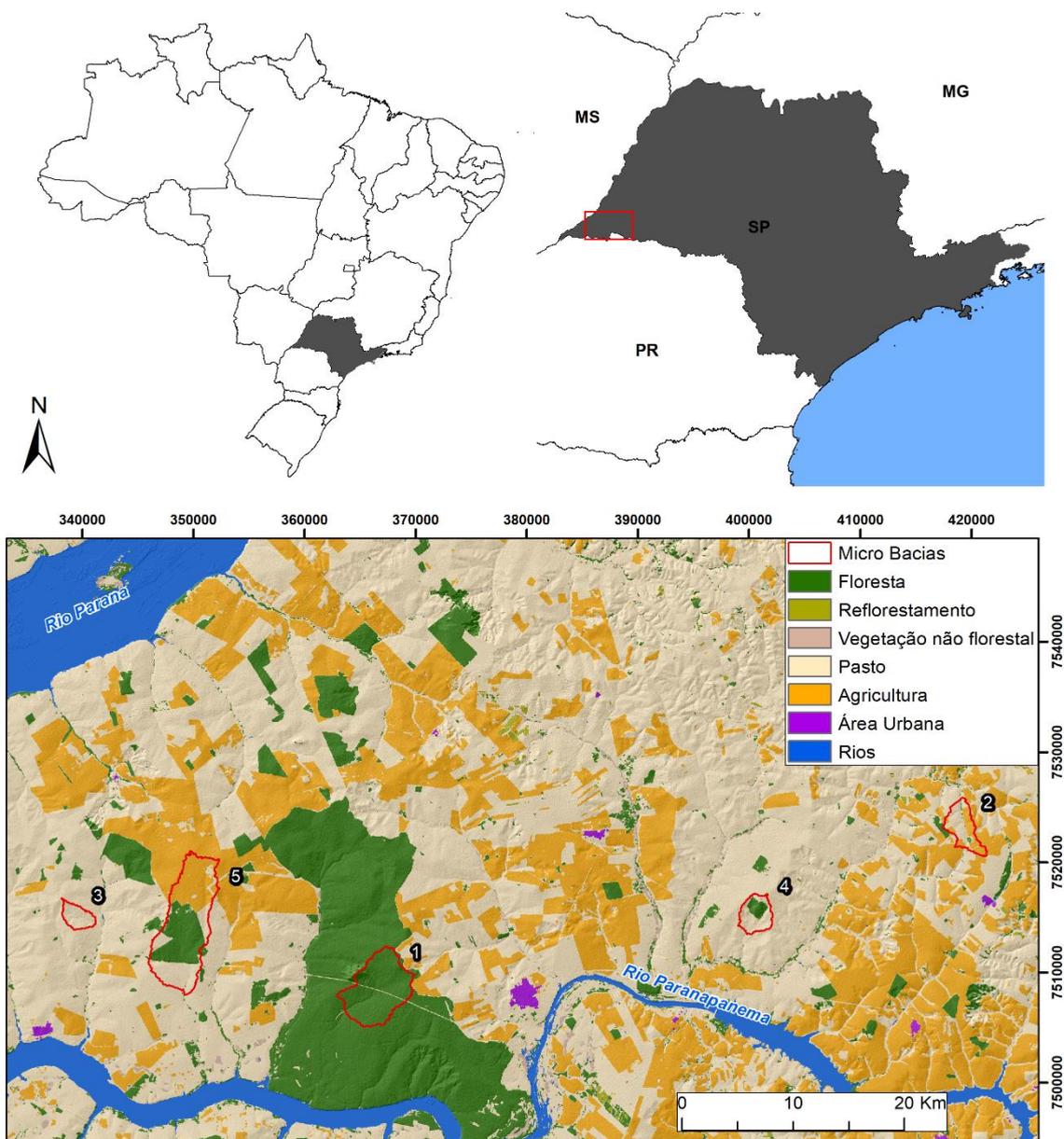


Figura 3 - Localização das cinco bacias amostrais na região do Pontal do Paranapanema, SP.

4.1 Seleção das Microbacias

A delimitação das microbacias se deu de forma automatizada a partir do software ArcGIS 10.8. Para tanto, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente das imagens SRTM. No primeiro momento, toda a região do Pontal do Paranapanema foi dividida em sub bacias de 3ª ordem, a partir da rede de drenagem gerada pelo MDE (JENSON, 1991; OLIVEIRA et al., 2010). Posteriormente as informações de uso do solo, pedologia e formação geológica da região foram cruzadas com as sub bacias geradas, no intuito de quantificar essas características para cada uma das sub bacias. Com essas informações quantificadas, foi realizada a seleção de sub bacias candidatas ao estudo, buscando contemplar composições de uso e tipos de solo que representassem a paisagem do Pontal do Paranapanema.

Com as sub bacias pré-selecionadas, foram feitas visitas de campo para verificar as informações geradas durante o trabalho de geoprocessamento, e solicitar permissão para a instalação dos equipamentos de coleta de dados de nível e precipitação.

Após a instalação, o limite da bacia foi redimensionado com base no local escolhido para instalação, monitoramento e coleta dos dados. Para isso utilizou-se as coordenadas geográficas dos locais para cada uma das 5 microbacias, e a partir desses pontos foram geradas as áreas de contribuição (microbacia) para cada um respectivamente.

Ao todo foram selecionadas 5 microbacias hidrográficas com diferentes tamanhos e composições das paisagens (Figura 3). Suas áreas variam desde 521 até 4.694 hectares e estão distribuídas em paisagens que variam na composição da matriz e da cobertura florestal e em relação a classe de solo .

4.2 Base de Dados

Para a realização do trabalho foi necessária a utilização de informações de uso do solo, pedologia, litologia, relevo e hidrografia. Para isso buscou-se utilizar as bases de dados georreferenciadas mais acuradas disponíveis para a área de estudo.

As informações de uso do solo foram extraídas da Coleção 6 do MapBiomas (versão mais atual), mais especificamente do ano de 2020. Esta classificação tem como base os mosaicos oriundos do satélite LANDSAT, portanto, possuem resolução espacial de 30 x 30 metros. Para a pedologia foi utilizado o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo Ampliado e Revisado, gerado por Rossi 2017, com escala de 01:250. 000. Para os dados de relevo utilizou-se as imagens SRTM para a geração do Modelo Digital de Elevação, com resolução de 30 x 30 m. A hidrografia utilizada foi gerada pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), tendo como resolução espacial 1:25.000.

Todas essas informações foram trabalhadas dentro do ambiente de SIG – Sistema de Informação Geográfica. Para isto utilizou-se o software ArcGIS 10.8.

4.3 Análise da Paisagem e Caracterização Morfométrica das Microbacias

Com o redimensionamento das microbacias, todas as informações de uso do solo, pedologia, litologia foram redimensionadas e recalculadas (Tabela 01, Tabela 02). Também foi realizada uma caracterização morfométrica para cada microbacia. Para isso, foram calculados 25 parâmetros buscando caracterizar a microbacia quanto a: forma, relevo e rede de drenagem. Esses parâmetros foram divididos e 2 classes: naturais e analíticos. A primeira diz respeito aos parâmetros de extração primária, ou seja, são aqueles não foram submetidos a nenhuma análise, porém são essenciais para a caracterização e descrição. Já a segunda classe, reúne os parâmetros que sofreram análises, buscando, na

maioria das vezes, relacionar grandezas geradas pelos parâmetros naturais. As equações utilizadas na geração dos índices estão disponíveis no Quadro 01.

Parâmetro	Equação	Legenda	Fonte
Fator de Forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{La^2}$	A = Área da bacia (km ²). La = Comprimento axial da bacia (km).	(HORTON, 1932)
Coeficiente de Compacidade (Kc)	$Kc = \frac{P}{\sqrt{A}}$	P = Perímetro da bacia (Km) A = Área da bacia (Km ²).	(VILLELA.; MATTOS, 1975)
Índice de Rugosidade (Ir)	$Ir = Dd \times Hm$	Dd = Densidade de drenagem (km) Hm = Amplitude altimétrica da bacia (km)	(ROCHA, 1997)
Declividade Média (Dm)	$Dm = \frac{\sum p}{Np}$	p = Valores de declividade para cada pixel do raster. Np = Quantidade total de pixel	
Razão de Relevo (Rr)	$Rr = \frac{Hm}{Lc}$	Hm = Amplitude altimétrica da bacia (km) Lc = Comprimento do curso principal (km)	(SCHUMM, 1956 apud SANTOS et al.,2012, p.201)
Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \frac{\sum L}{A}$	$\sum L$ = Comprimento total da rede de drenagem (km). A = Área total da bacia (km ²)	(HORTON, 1932):
Coeficiente de Manutenção (Cm)	$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$	Dd = Densidade de drenagem (Km)	(SCHUMM, 1956)
Índice de Sinuosidade (Is)	$Is = \frac{L}{Lv}$	L = Comprimento do curso principal (Km) Lv = Comprimento vetorial do curso principal (Km)	(SCHUMM, 1963)

Quadro 1- Equações utilizadas nos cálculos dos índices morfométricos

4.4 Coleta de Dados

Os dados foram obtidos de duas formas, automatizada e operacional. Para a primeira, foram instaladas cinco plataformas de coleta de dados hidrológicos (PCDH). As PCDH's são compostas por um conjunto de sensores que medem, simultaneamente, pressão atmosférica, temperatura interna da PCDH, nível d'água e precipitação atmosférica. Para isso, toda PCDH foi equipada com um sistema de alimentação (painel solar, bateria e controlador de carga), um componente de armazenamento de dados (datalogger) e os sensores, que no caso das PCDH's utilizadas neste estudo são um limnómetro e um pluviómetro.

A resolução temporal programada para os dados gerados pelos sensores foi de 15 minutos. Durante este período os sensores (limnómetro e um pluviómetro) realizam medições consecutivas a cada 10 segundos e ao completarem os 15 minutos registram os dados no Datalogger. Foram registrados os seguintes atributos: data, hora, nível mínimo da coluna d'água registrado dentro do período, nível máximo da coluna d'água registrado dentro do período, nível médio da coluna d'água e a precipitação acumulada no período.

Para os dados de nível da coluna d'água foram feitas correções *in loco* para todas as PCDH's. Este procedimento foi realizado pois o sensor de nível (limnómetro) é um equipamento com alta precisão, mas baixa acurácia. Dessa forma ele é capaz de indicar as variações no nível da coluna d'água de forma correta, mas não necessariamente os valores reais de nível observados em campo. Para corrigir este problema foram instaladas, juntamente com as PCDH's, régua linimétrica que indicam o nível real da coluna d'água. Com o valor real e o valor dado pelo sensor basta subtrair um pelo outro para gerar a constante de correção. Cada valor de correção foi adicionado na programação da sua respectiva PCDH, e a partir deste momento a todos os valores gerados pelo sensor é somada a constante de correção, o que garante que os valores registrados na estação fossem os mesmo que os da régua linimétrica, ou seja, os valores reais.

No caso dos dados operacionais foram feitas campanhas de campo para a medição pontual de turbidez, vazão, e coleta de amostras de água. Para a

aferição da turbidez foi utilizada uma sonda mutiparametros Horiba modelo U-52, que além de turbidez gera também informações referentes ao: pH, potencial de oxidação-redução, oxigênio dissolvido, condutividade, salinidade, total de sólidos dissolvidos, gravidade específica, temperatura, turbidez e profundidade. Já as medições pontuais de vazão foram realizadas com um sensor doppler acústico (FlowTracker I).

As amostras de água foram coletadas em garrafas plásticas com o volume de 1L, e após a coleta eram levadas até o laboratório para quantificação dos sedimentos. Para isso, as amostras foram inicialmente pesadas e após a pesagem passavam por um processo de decantação. A fim de favorecer a decantação foram adicionados 5 mL de ácido clorídrico em cada amostra e aguardado o período de 24 horas. Com as amostras já decantadas uma parte significativa da água era removida da garrafa plástica com o auxílio de uma pipeta e o restante, juntamente com os sedimentos, eram transferidos para cadinhos de vidro os quais eram levados à estufa durante um período de 24 horas sob uma temperatura de 105 ° C. Por meio da diferença entre o peso do cadinho vazio e o peso do cadinho seco com os sedimentos, era calculada a quantidade em gramas de sedimentos. Posteriormente, os valores foram divididos pelos respectivos volumes coletados, a fim de obter o transporte de sedimentos em suspensão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Composição e Configuração das Microbacias

A Figura 4 representa a composição e a configuração do uso do solo para as 5 microbacias estudadas. Os 3 principais usos são floresta, pastagem e plantio de cana de açúcar, variando em taxas de 0,1 –99,5 %; 0,6 – 96 % e 0 – 30 % respectivamente, conforme mostra o Quadro 02. No Quadro 03 estão os dados referentes às classes de solo e formação geológica.

Microbacia	Área (ha)	Floresta (%)	Pasto (%)	Cana (%)	Outros Usos (%)
1 – PE Morro do Diabo	2788,0	99,4	0,6	0,0	0,0
2 – Faz. Metapode	1000,9	3,7	42,0	29,0	25,3
3 – Faz. Ponte Branca	521,0	0,1	96,1	0,0	3,8
4 – Faz. Pelanca	840,7	26,8	71,6	0,0	1,7
5 – Faz. Rosanela	4694,4	37,7	31,3	30,6	0,4

Quadro 2 - Tamanho e composição das sub-bacias selecionadas para os levantamentos dos parâmetros de água, na região do Pontal do Paranapanema.

Microbacia	Tipo de Solo			Formação Geológica		
	Argissolos (%)	Latossolos (%)	Neossolos (%)	K2pa (%)	K2sa (%)	K2vp (%)
1 – PE Morro do Diabo	1	96	3	100	0	0
2 – Faz. Metapode	20	80	0	0	0	100
3 – Faz. Ponte Branca	86	14	0	32	68	0
4 – Faz. Pelanca	84	16	0	100	0	0
5 – Faz. Rosanela	0	100	0	100	0	0

Quadro 3 - Composição dos tipos de solo e formação geológica nas sub-bacias selecionadas, na região do Pontal do Paranapanema.

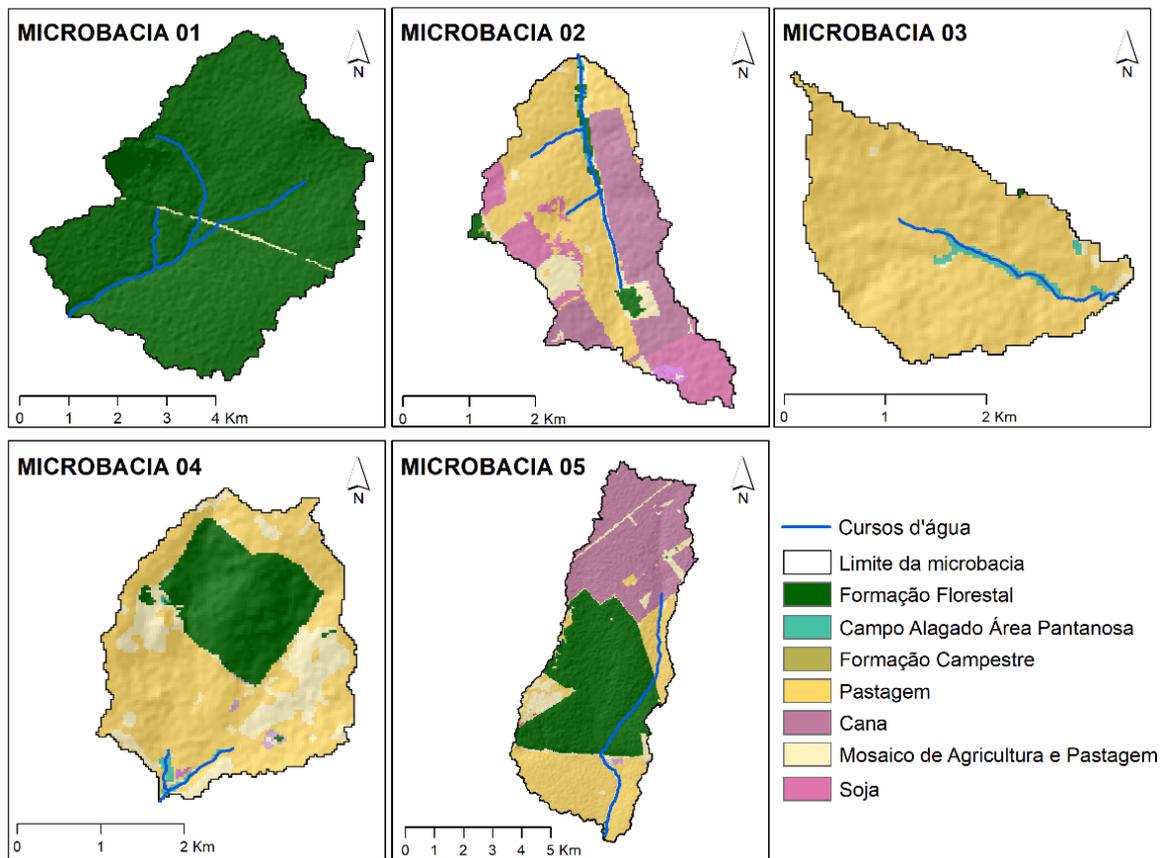


Figura4–Mapa de composição e configuração dos usos do solo nas microbacias estudadas

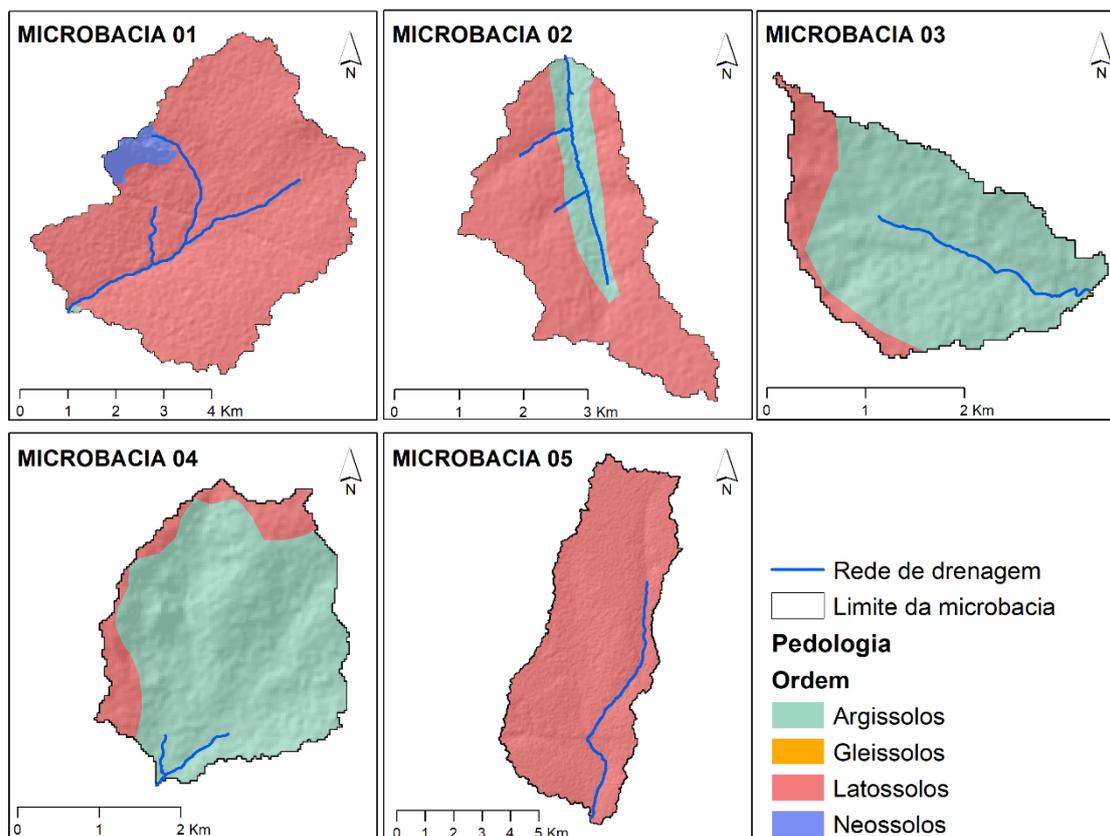


Figura 5– Mapa de composição e configuração das classes de solos nas microbacias estudadas

5.2 Caracterização Morfométrica

Os resultados da caracterização morfométrica estão divididos em função da sua categoria, Naturais (5.2.1 à 5.2.3) e analíticos (5.2.4 à 5.2.6), para ambas são apresentados os valores referentes a forma, relevo e drenagem (Quadro 6).

5.2.1 Parâmetros Naturais de Forma

Com relação aos parâmetros naturais de forma, as cinco microbacias apresentam uma ampla variabilidade, principalmente na área de contribuição. A maior microbacia é MB5 seguida pela MB1, MB2, MB4 e MB3 respectivamente. A diferença entre elas pode chegar até 4.173,39 hectares. Já sobre os

comprimentos dos eixos das microbacias os valores são mais homogêneos entre a MB2, MB3 e MB4, enquanto a MB1 e MB5 se destacam com valores mais elevados.

Apesar destes parâmetros serem meramente descritivos possuem uma grande importância. A área por exemplo, foi destacada por (ANDERSON, 1957) pelo fato da maioria das características e processos de uma microbacia estarem, de alguma forma, correlacionados com a área. De maneira geral, espera-se que microbacias com áreas maiores possuam um deflúvio maior, ou seja, que o volume total de água que passa pela seção transversal do curso d'água, localizada no exultório da microbacia, seja superior ao de uma microbacia menor, afinal a área de contribuição de uma é superior a de outra. Entretanto, os processos hidrológicos são complexos, e há várias variáveis que podem influenciar além da área, como é caso do volume e distribuição da precipitação, taxas de infiltração, evapotranspiração, entre outros.

No caso do comprimento do eixo das microbacias, trata-se de um parâmetro relacionado à forma que é utilizado para o cálculo do fator de forma (KF) que será discutido mais adiante.

5.2.2 Parâmetros Naturais de Relevô

Sob os fatores naturais de relevô, as microbacias se assemelham em quase todos os aspectos (Figura 6). As altitudes médias das microbacias são próximas, variando de 361,9 metros (MB3) até 408,32 (MB5). Os valores mínimos e máximos também são próximos com a exceção da MB1 que possui valor máximo distante das demais. Conseqüentemente a amplitude altimétrica das microbacias também é próxima entre elas, divergindo somente a MB1 com valores mais elevados. Esta baixa variação altimétrica representa bem a região do pontal do Paranapanema.

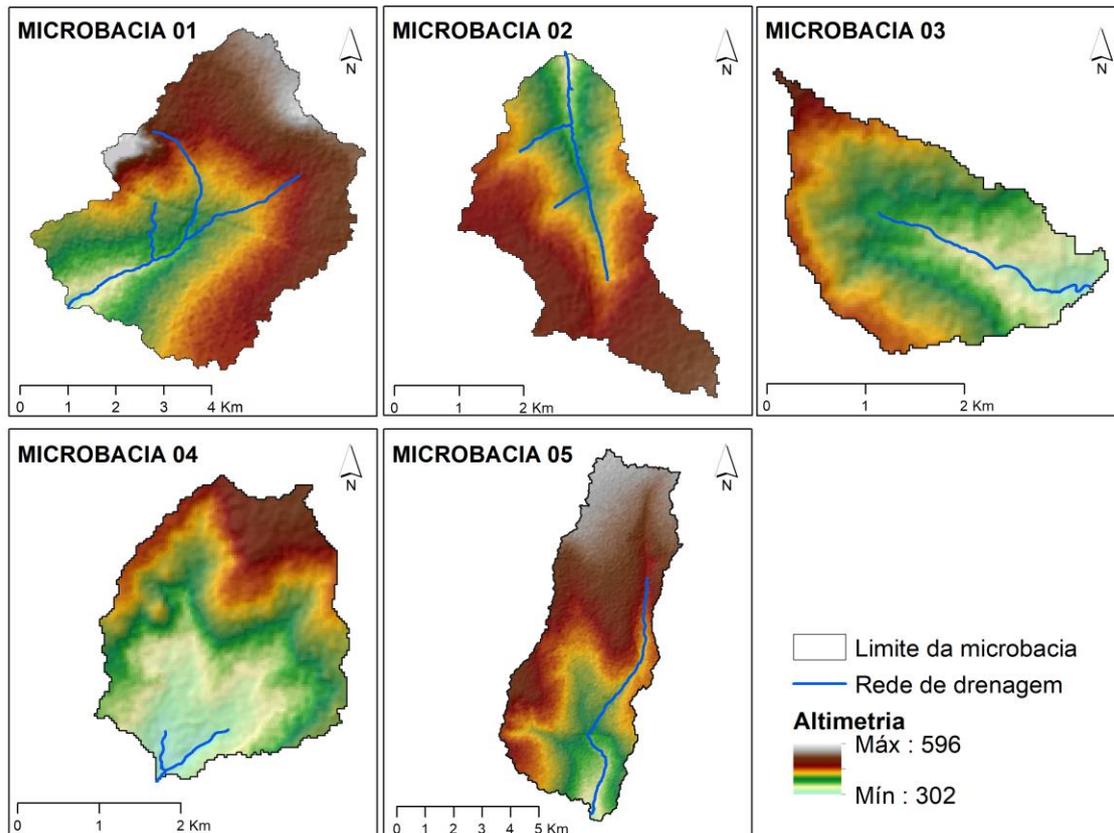


Figura 6 – Mapa de elevação para as microbacias estudadas.

5.2.3 Parâmetros Naturais de Drenagem

Ainda sob os aspectos naturais, a rede de drenagem variou consideravelmente entre as microbacias. O comprimento total da rede variou de 1,7 km (MB4) de extensão até 10,05 km (MB1). A extensão do rio principal foi maior na MB5 seguido pela MB1, MB2, MB3 e MB4 respectivamente. O ordenamento hierárquico variou entre 1ª e 2ª ordem. O número de canais de 1ª ordem foi maior para a MB1 e MB2 (3 canais) seguido pela MB4 (2 canais), e MB3 e MB5 (1 canal).

Essas características são importantes pois normalmente, quanto mais ramificada for a rede de drenagem, mais eficiente também é o sistema de drenagem (CRISTINA TONELLO et al., 2006), o que reduz as chances de

enchentes e inundações e conseqüentemente podem influenciar na variação do nível dos cursos d'água.

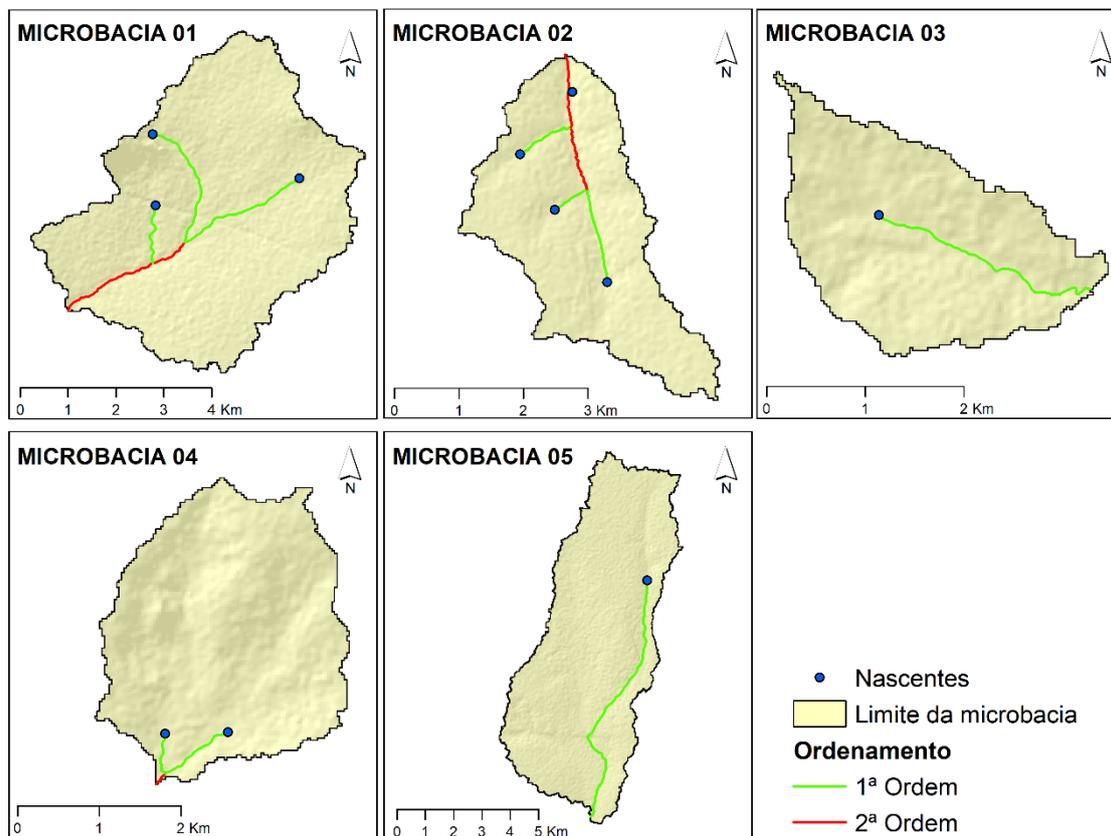


Figura 7 – Mapa do ordenamento das microbacias estudadas

5.2.4 Parâmetros Analíticos de Forma

Entre os parâmetros analíticos, o fator de forma (Kf) e o coeficiente de compacidade (Kc) são os parâmetros mais amplamente utilizados na determinação da forma das microbacias e na comparação delas (STEVAUX, JOSÉ CÂNDIDO; LATRUBESSE, 2017). No caso do fator de forma (Kf), trata-se de um índice gerado para determinar a tendência do formato de uma bacia. Sua unidade é adimensional, e quanto mais próximos de 0 forem os valores, significa que mais alongada é aquela bacia, e quanto mais próximo de 1 trata-se do oposto.

Villela e Mattos (1975) destacam que microbacias com fatores de forma baixos, tendem a ser menos sujeitas a enchentes, em comparação com outras microbacias do mesmo tamanho, porém com fator de forma maior. Segundo eles, quando uma microbacia é estreita e alongada ela possui uma distribuição menos concentrada do volume de chuva nos trechos simultaneamente, diferentemente do que ocorre em uma bacia arredondada, que tem uma tendência a centralizar o volume de chuva em áreas comuns.

No sentido contrário do fator de forma (K_f), o coeficiente de compacidade (K_c) busca inferir a proximidade da forma da bacia com um círculo. Neste caso sua unidade também é adimensional, e quanto mais próxima de um círculo menor será o valor.

Para as microbacias estudadas, a maioria delas apresentaram uma tendência de forma mais alongada, sendo a MB2 a mais alongada ($K_f= 0.29/ K_c= 1.96$) e a MB4 a menos alongada ($K_f= 0.58 / K_c= 1.55$).

5.2.5 Parâmetros Analíticos de Relevô

Com a relação à declividade todas as microbacias obtiveram valores baixos, sendo classificadas como áreas planas ou suavemente onduladas, de acordo com a classificação da Embrapa, 1979.

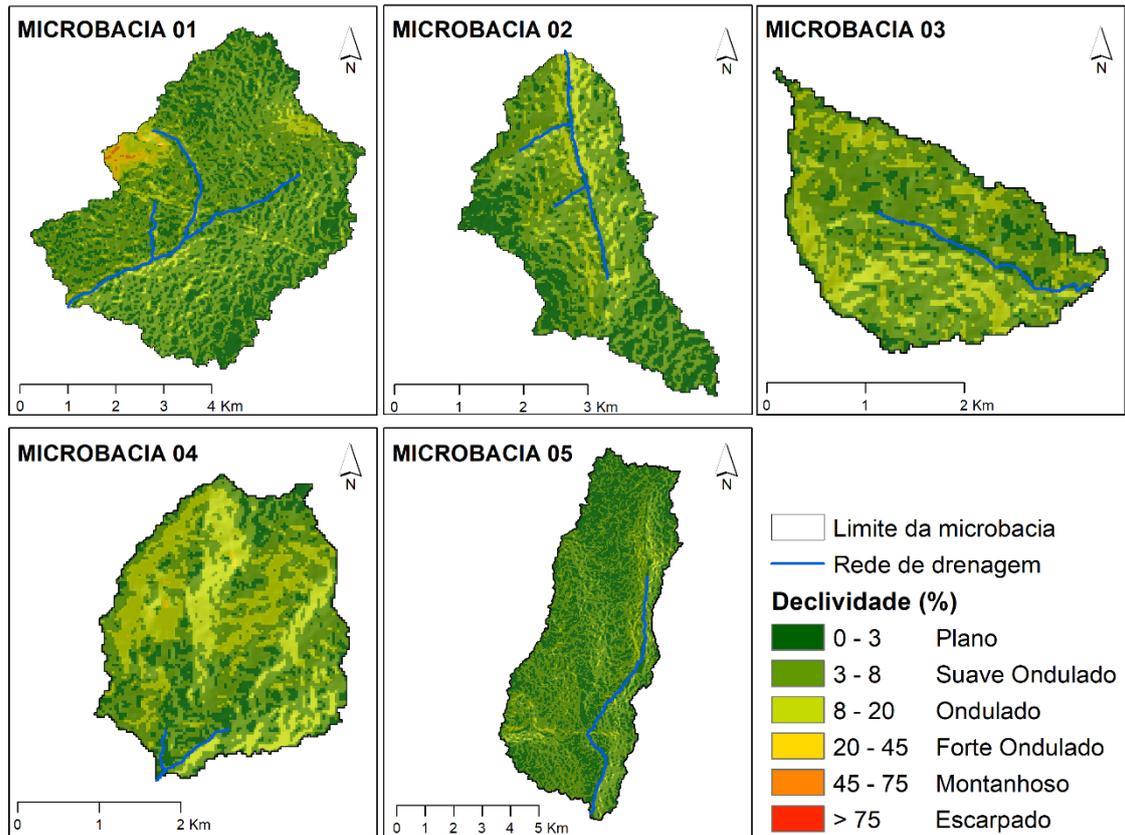


Figura 8 – Mapa de declividade para as microbacias estudadas de acordo com a classificação da Embrapa 1979.

5.2.6 Parâmetros Analíticos de Drenagem

Os valores de densidade de drenagem apontam para uma drenagem pobre, de acordo com a classificação gerada por Villela e Mattos(1975)(Quadro 4) com exceção da MB2 que apresentou uma drenagem regular.

Densidade de drenagem (Km/Km ²)	Classificação
< 0,5	Drenagem pobre
0,5 a 1,5	Drenagem regular
1,5 a 2,5	Drenagem boa
2,5 a 3,5	Drenagem muito boa
> 3,5	Drenagem excepcional

Quadro 4–Classificação da densidade de drenagem Villela e Mattos (1975)

A sinuosidade dos cursos d'água também foi baixa para todas as MB's. De acordo com Santos et al., (2012) valores de sinuosidade próximos a 1 correspondem a cursos retilíneos, e valores superiores a 2 a cursos sinuosos. Normalmente quanto maior a sinuosidade, maior é o tempo que o fluxo leva para chegar até o exutório, indicando uma maior propensão de acúmulo de água e conseqüentemente de enchentes.

Ainda sobre a rede de drenagem, foi gerado o perfil de elevação dos rios principais para todas as microbacias (Figura 9), com base no Modelo Digital de Elevação, e foi calculada a inclinação para cada um destes perfis. Para o cálculo da inclinação utilizou-se de regressão linear, a fim de gerar a reta que melhor representasse cada um dos perfis, e a partir dela foi calculada sua inclinação (Quadro 5).

Um perfil com uma maior inclinação significa que os trechos por onde o rio principal corre são mais declivosos, o que pode influenciar na velocidade da água e conseqüentemente na vazão e outros processos hidrológicos.

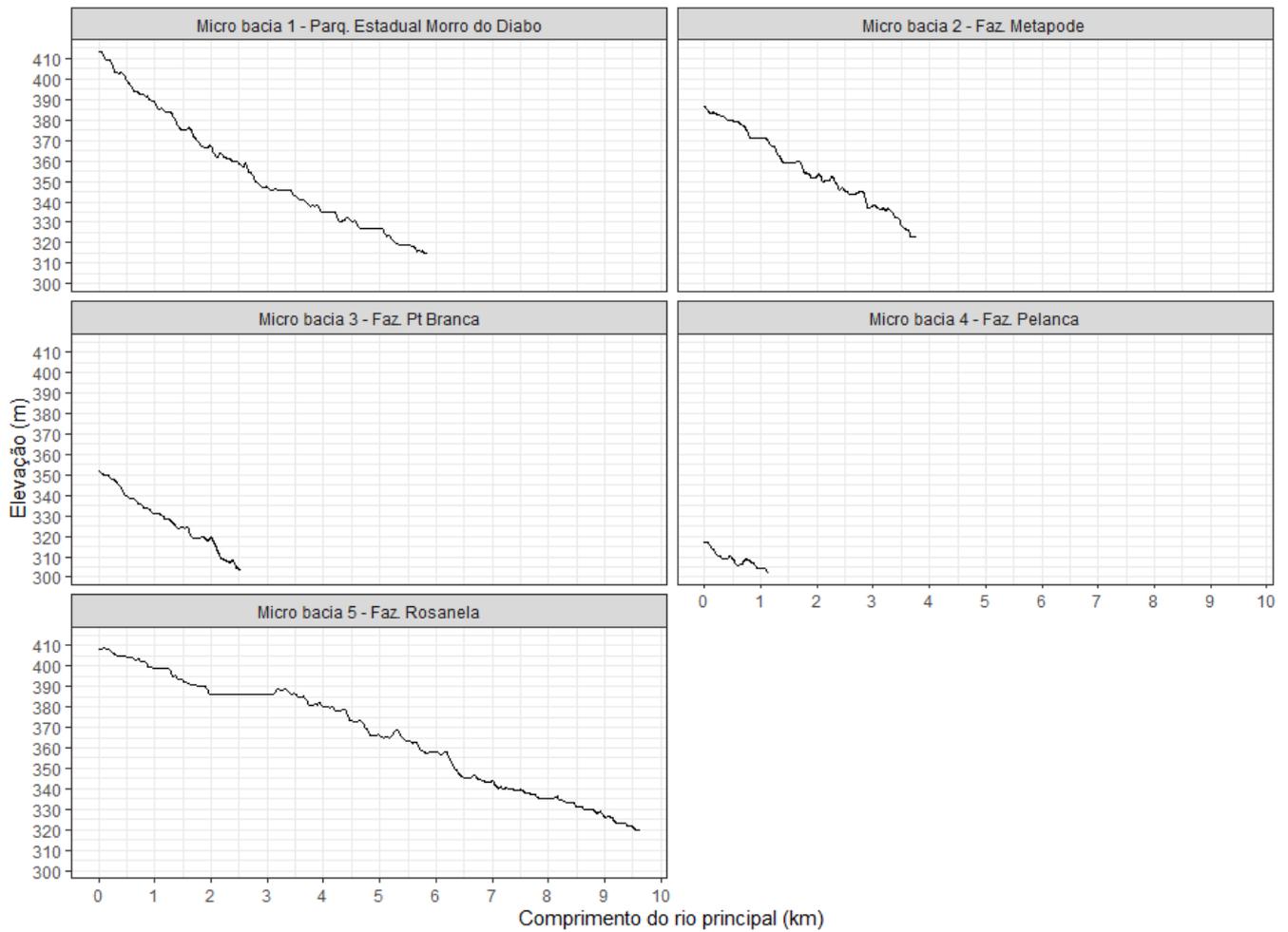


Figura 9 – Perfil de elevação ao longo do rio principal para cada microbacia

	MB1 - PE Morro do Diabo	MB2 - Faz. Metapode	MB3 - Faz. Pt Branca	MB4 - Faz. Pelanca	MB5 - Faz. Rosanela
Inclinação	-15.95	-16.09	-17.9	-10.46	-9.392

Quadro 5 – Valores de inclinação para as retas que melhor representam os perfis de elevação de cada microbacia.

Categoria	Descrição	Parâmetros	Unidades	Microbacia 1 -	Microbacia 2 -	Microbacia 3 -	Microbacia 4 -	Microbacia 5 -
				PE Morro do Diabo	Faz. Metapode	Faz. Pte Branca	4 - Faz. Pelanca	Faz. Rosanela
Naturais	Forma	Área de drenagem (A)	Hectare	2788.02	1000.89	521.01	840.69	4694.40
		Área de drenagem (A)	Quilômetro ²	27.88	10.01	5.21	8.41	46.94
		Perímetro (P)	Quilômetro	34.08	22.14	13.98	16.08	49.56
		Comprimento do eixo da bacia	Quilômetro	7.12	5.89	3.95	3.81	12.76
	Relevo	Altitude média da bacia	Metro	401.45	396.34	361.94	362.48	408.32
		Altitude mínima	Metro	314.00	323.00	303.00	302.00	320.00
		Altitude máxima	Metro	596.00	451.00	431.00	440.00	481.00
		Amplitude altimétrica da bacia	Metro	282.00	128.00	128.00	138.00	161.00
	Drenagem	Comprimento total da rede de Drenagem	Quilômetro	10.05	5.40	2.54	1.70	9.64
		Comprimento do rio principal (L)	Quilômetro	5.84	3.77	2.54	1.14	9.64
		Comprimento vetorial do rio principal (Lv)	Quilômetro	5.58	3.62	2.27	1.09	8.63
		Nº de canais de 1ª Ordem	Nº	3	4	1	2	1
		Ordem hierárquica da bacia	Nº	2	2	1	2	1
		Altitude mínima	Metro	314.08	323.00	303.61	302.00	320.00
Altitude máxima		Metro	413.44	386.75	351.96	317.20	409.11	
	Amplitude altimétrica do rio principal (hp)	Metro	99.36	63.75	48.34	15.20	89.11	
Analíticos	Forma	Fator de forma (KF)	Adimensional	0.55	0.29	0.33	0.58	0.29
		Coefficiente de compacidade (KC)	Adimensional	1.81	1.96	1.71	1.55	2.03
	Relevo	Índice de rugosidade (IR)	Adimensional	0.10	0.07	0.06	0.03	0.03
		Declividade média	Porcentagem	4.83	4.72	6.21	6.79	3.66
		Razão de relevo (Rr)	Adimensional	0.05	0.03	0.05	0.12	0.02
	Drenagem	Densidade de drenagem (Dd)	Km/km ²	0.36	0.54	0.49	0.20	0.21
		Coefficiente de manutenção (Cm)	m ² /m	2773.60	1851.95	2050.56	4946.73	4871.90
		Índice de sinuosidade (Is)	Adimensional	1.05	1.04	1.12	1.05	1.12
	Gradiente do canal principal (Gc)	Porcentagem	1.70	1.69	1.90	1.34	0.92	

Quadro 6 - Parâmetros morfométricos calculados, para caracterizar as microbacias.

5.3 Dados de Precipitação e Nível – Dados PCDH's

A seguir estão alguns dos dados brutos levantados durante os 8 meses e meio de monitoramento das microbacias. As 5 estações foram instaladas no mês de agosto de 2021, portanto, os dados são referentes ao intervalo de agosto - 2021 até a segunda quinzena de abril de 2022. No caso da Microbacia 01, embora a PCDH tenha sido instalada em agosto, o componente de armazenamento de dados (datalogger) apresentou falhas e precisou ser encaminhado para a manutenção. Por essa razão essa microbacia, em específico, está com o período de dados inferior as outras.

5.3.1 Precipitação

Durante todo o período do monitoramento o mês mais chuvoso foi o de outubro de 2021 para todas as MB's. A única exceção é a MB1 a qual não estava armazenando os dados corretamente durante o ano de 2021.

Além deste período de defasagem nos dados de precipitação para a MB1, a MB3 e a MB5 também tiveram alguns dados removidos da planilha. Neste caso o que ocorreu foi a obstrução do pluviômetro por insetos e folhas que prejudicou a aferição precisa dos dados. Por essa razão foram desconsideradas as medições de precipitação dos meses de fevereiro, março e abril no caso da MB3 e do mês de abril para a MB4.

Além da precipitação acumulada mensalmente o Quadro 7 também traz na coluna "P max" os eventos mais intensos de precipitação naquele mês, ou seja, nesta coluna estão apresentados os maiores valores registrados de precipitação durante o intervalo de medição das PCDH's (15 minutos).

	Microbacia 1 - PE Morro do Diabo					Microbacia 2 - Faz. Metapode					Microbacia 3 - Faz. Ponte Branca					Microbacia 4 - Faz. Pelanca					Microbacia 5 - Faz. Rosanela				
	Nivel medio (cm)			Precipita	P max	Nivel medio (cm)			Precipita	P max	Nivel medio (cm)			Precipita	P max	Nivel medio (cm)			Precipita	P max	Nivel medio (cm)			Precipita	P max
	Média	Mín	Máx	ção (mm)	(mm)	Média	Mín	Máx	ção (mm)	(mm)	Média	Mín	Máx	ção (mm)	(mm)	Média	Mín	Máx	ção (mm)	(mm)	Média	Mín	Máx	ção (mm)	(mm)
2021	-	-	-	-	-	8.57	6.28	15.30	362.40	17.00	47.81	44.06	79.11	462.00	14.80	57.41	53.21	117.67	356.40	13.80	42.58	37.10	92.71	519.40	21.60
Ago	-	-	-	-	-	10.03	8.65	14.02	41.40	3.20	47.63	46.70	57.61	35.20	2.00	56.43	53.91	74.39	36.00	3.00	43.14	41.15	56.14	42.20	2.20
Set	-	-	-	-	-	9.23	7.86	11.83	33.80	5.60	46.16	44.54	52.20	18.80	7.00	54.59	53.21	67.05	36.80	7.60	43.52	39.40	55.73	26.60	9.20
Out	-	-	-	-	-	8.89	6.88	15.30	224.40	17.00	51.69	45.27	79.11	291.80	14.80	58.83	54.09	117.67	246.40	13.80	46.78	40.26	92.71	335.80	21.60
Nov	-	-	-	-	-	7.50	6.28	8.58	22.80	3.40	47.59	45.53	64.78	61.20	7.20	58.35	56.78	68.39	15.20	7.20	40.94	37.57	68.83	101.80	21.00
Dez	-	-	-	-	-	7.26	6.31	10.88	40.00	8.40	45.88	44.06	50.84	55.00	9.80	58.77	57.26	67.30	22.00	3.80	38.58	37.10	40.45	13.00	4.00
2022	9.85	8.29	26.10	627.00	39.40	7.40	5.89	24.62	530.40	22.20	48.98	44.27	91.04	240.80	15.40	56.87	52.69	107.08	575.80	9.80	43.72	37.21	142.83	461.20	35.80
Jan	10.37	8.29	26.10	136.80	39.40	7.58	6.29	24.62	214.80	22.20	48.30	44.28	76.56	240.80	15.40	57.89	54.70	104.17	145.80	9.20	41.24	37.21	142.83	237.60	35.80
Fev	9.53	9.08	19.21	44.80	5.40	7.13	5.89	9.17	64.60	13.00	47.55	44.76	64.47	-	-	55.30	52.69	81.62	80.80	9.80	42.46	39.73	50.27	54.40	7.00
Mar	9.75	9.01	19.45	247.00	21.40	7.62	6.73	11.94	142.40	12.80	47.71	44.27	68.11	-	-	56.65	53.18	107.08	227.00	9.20	42.86	39.10	69.39	169.20	10.60
Abr	9.74	8.99	17.71	198.40	9.00	7.19	6.49	11.65	108.60	4.60	52.96	48.01	91.04	-	-	57.71	53.87	105.37	122.20	6.80	49.33	44.29	111.79	-	-
Total	9.85	8.29	26.10	627.00	39.40	8.07	5.89	24.62	892.80	22.20	48.31	44.06	91.04	702.80	15.40	57.18	52.69	117.67	932.20	13.80	43.07	37.10	142.83	980.60	35.80

Quadro 7– Valores de precipitação acumulada e nível médio do curso d'água para cada microbacia

É possível verificar que de maneira geral a precipitação varia mais quando comparada mensalmente, já considerando o volume total durante todo o período de monitoramento os valores tendem a ser mais parecidos entre si. Além disso, as MB's 1 e 5 se destacam por terem registrado chuvas de maiores intensidades, quando comparadas com as outras MB's.

5.3.2 Nível

Para todas as MB's foram calculados os valores de mínimos, máximos, médio e o desvio padrão, referentes ao nível médio durante o intervalo de medições da PCDH's (15 minutos)

Microbacia 1 – PE Morro do Diabo

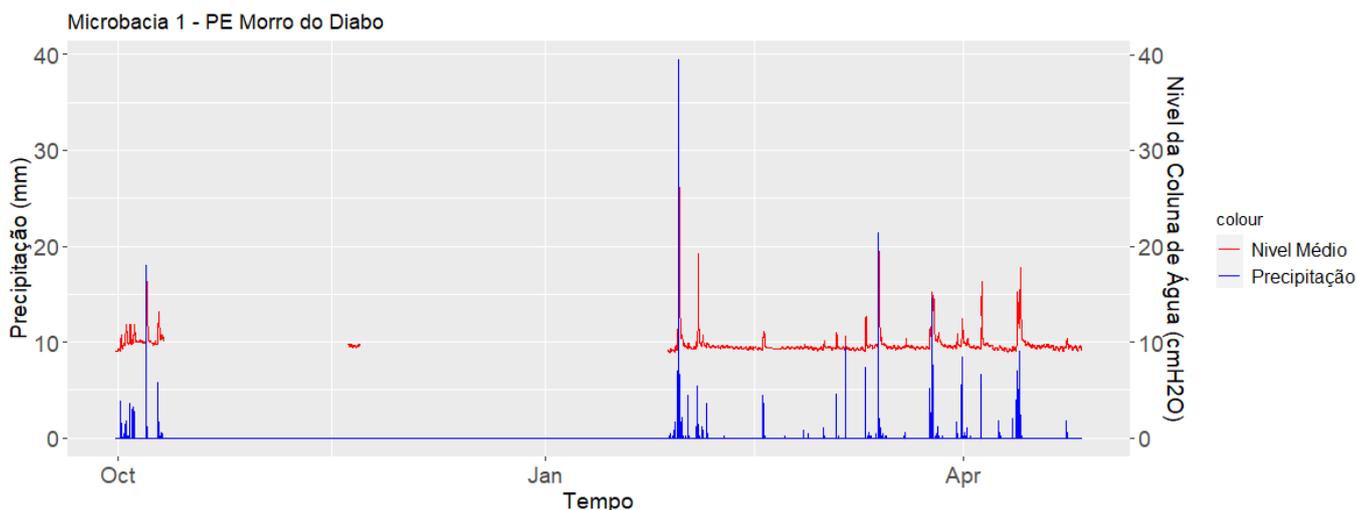


Figura 10 - Dados de nível médio e precipitação registrados para a MB1

Valores referentes ao Nível da microbacia:

Média	Desvio padrão	Valor Mín.	Valor Max
9.78	1.16	8.29	26.1

Quadro 8 – Valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão referentes ao nível da MB1

Microbacia 2 – Faz. Metapode

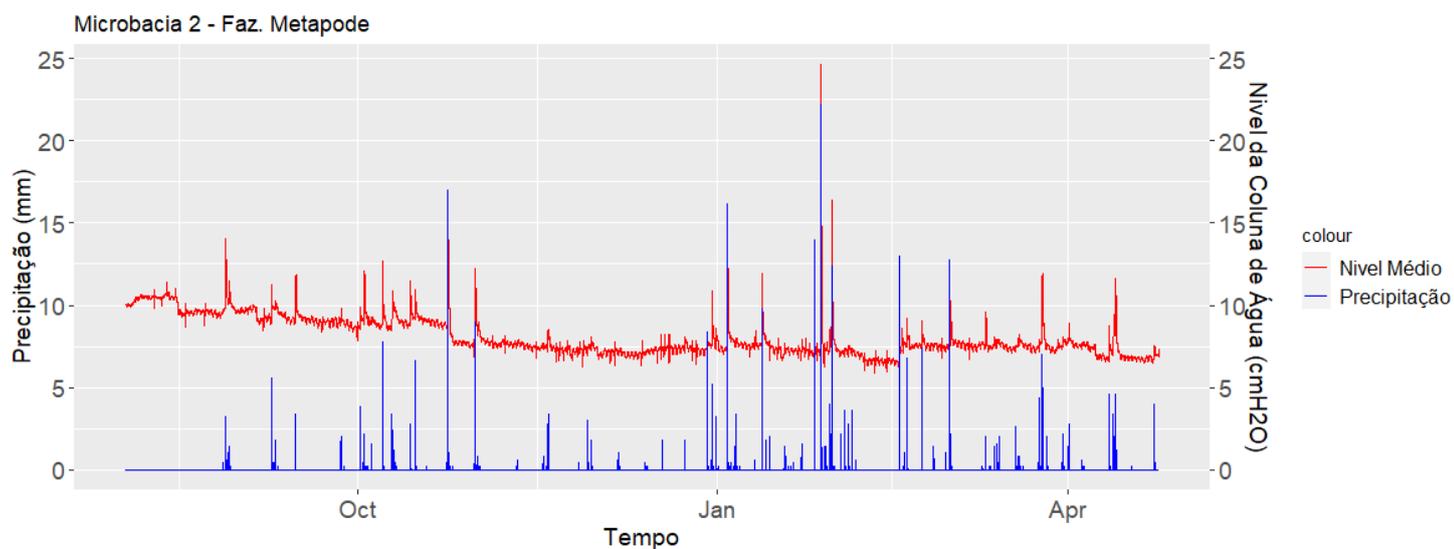


Figura 11 - Dados de nível médio e precipitação registrados para a MB2

Valores referentes ao Nível da microbacia:

Média	Desvio padrão	Valor Mín	Valor Max
8.07	1.16	5.89	24.6

Quadro 9 - Valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão referentes ao nível da MB2

Microbacia 3 – Faz. Ponte Branca

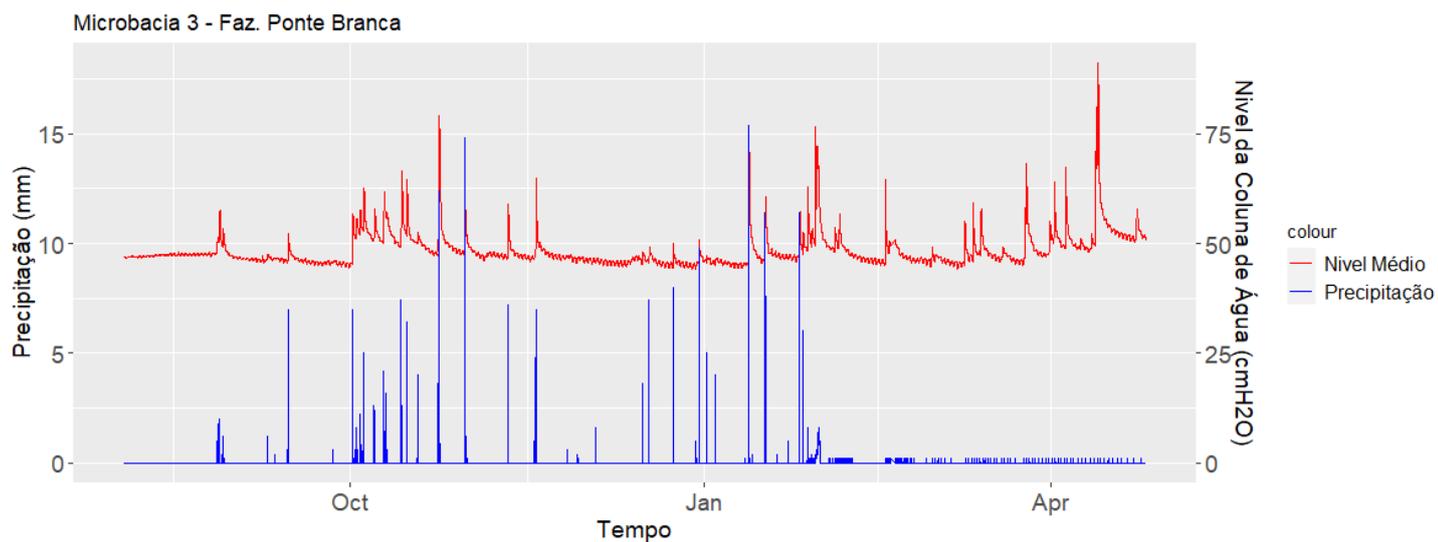


Figura 12 - Dados de nível médio e precipitação registrados para a MB2

Valores referentes ao Nível da microbacia:

Média	Desvio padrão	Valor Mín	Valor Max
48.3	3.78	44.1	91.0

Quadro 10 - Valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão referentes ao nível da MB3

Microbacia 4 – Faz. Ponte Pelanca

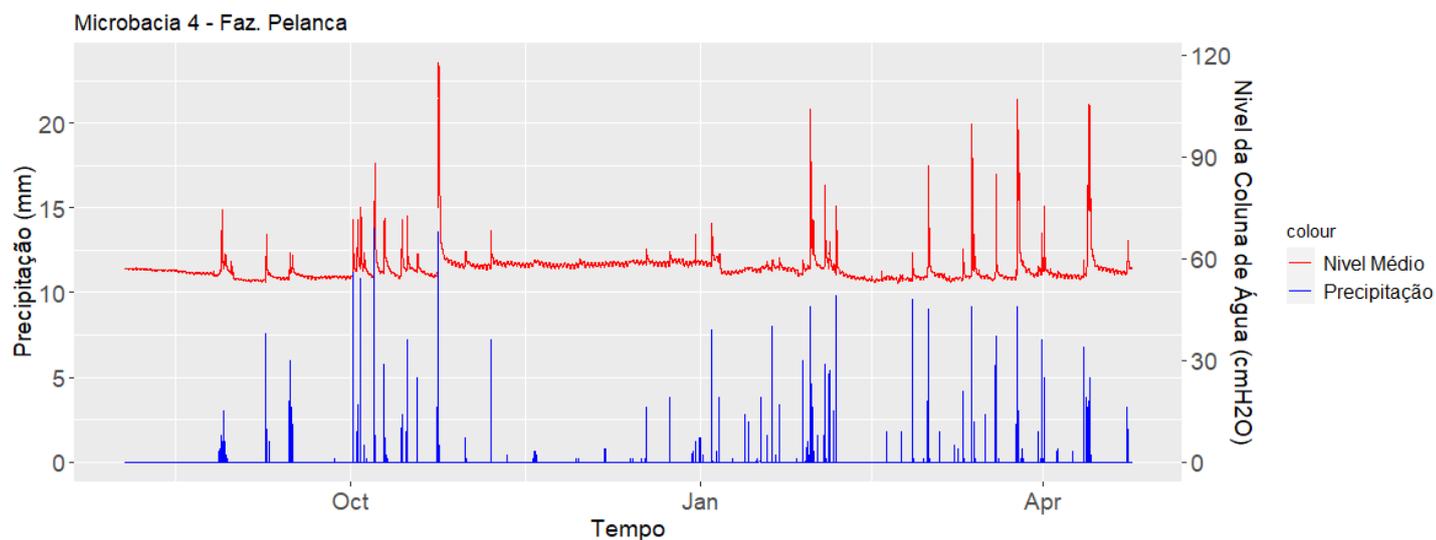


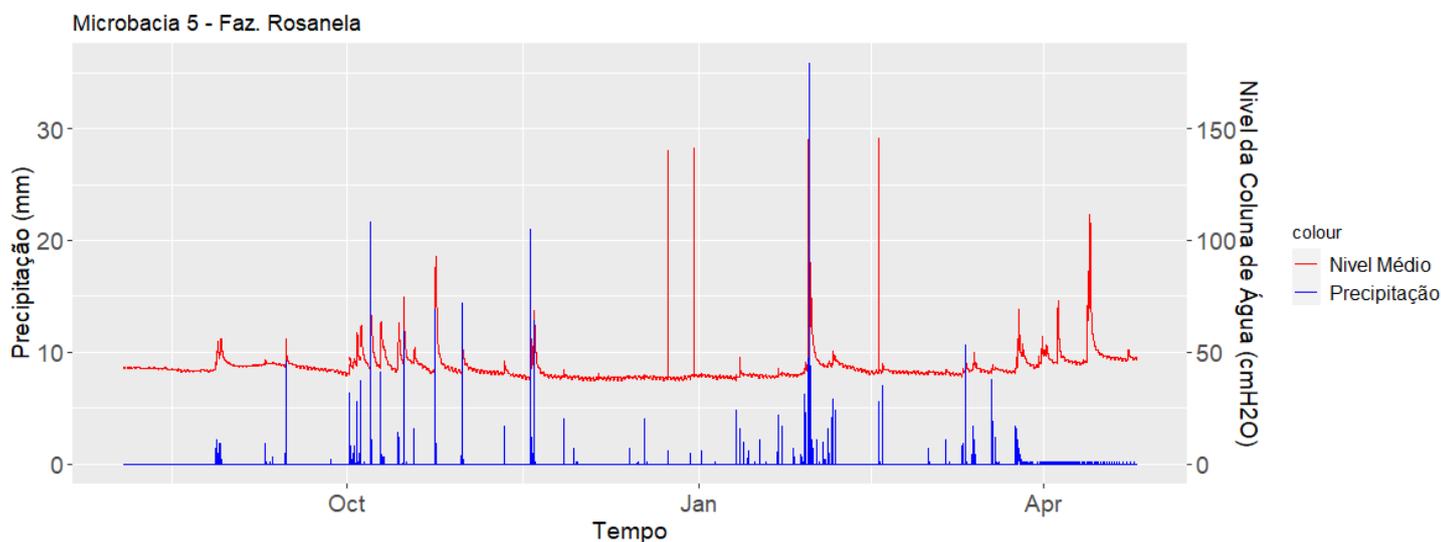
Figura 13 - Dados de nível médio e precipitação registrados para a MB4

Valores referentes ao Nível da microbacia:

Média	Desvio padrão	Valor Mín	Valor Max
57.2	4.32	52.7	118

Quadro 11 - Valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão referentes ao nível da MB4

Microbacia 5 – Faz. Rosanela



Média	Desvio padrão	Valor Mín	Valor Max
43.1	5.66	37.1	146

Quadro 12 - Valores médios, mínimos, máximos e o desvio padrão referentes ao nível da MB5

Figura 14 - Dados de nível médio e precipitação registrados para a MB5

5.4 Relações entre Paisagem, Morfometria e as Respostas Hidrológicas.

Neste caso, o termo “respostas hidrológicas” será entendido como o comportamento expresso pelo nível do curso d’água das microbacias. A escolha do nível como “variável referência” na busca de possíveis relações entre fatores da paisagem e fatores morfométricos, se dá em razão do nível poder ser encarado como uma das formas de “resultado final” da água após uma precipitação em uma microbacia. Por essa razão espera-se que algumas influências da paisagem e da morfometria reflitam na dinâmica do nível.

Durante o período monitorado o nível das MBs se comportou de forma diferente para cada uma delas. Em termos de variação a MB1 foi a que menos sofreu alterações seguida da MB2, MB3, MB4 E MB5 (Figura 16).

Um dos possíveis motivos para a baixa variação da MB1 é a sua composição. Apesar de ser a segunda MB em termos de área (2788.02 ha), e possuir o segundo maior fator de forma, ou seja, ter uma tendência de forma mais arredondada, o que pode favorecer a ocorrência de enchentes, a MB1 tem praticamente 100% de sua área composta por floresta. Esta característica a

difere de todas as demais em termos de paisagem, e esta pode ser a razão para a baixa variação do nível.

Vale ressaltar que os dados de precipitação e nível para a MB1 possuem período inferior ao das demais MB's, e, portanto, podem ter influência na baixa oscilação. Por outro lado, mesmo com um período menor de observação, os dados da MB1 contemplaram boa parte da estação chuvosa, e mesmo assim foi possível verificar uma baixa elevação do nível do curso d'água.

Uma das possíveis razões para tal, são os valores mais elevados de interceptação gerados por áreas de vegetação de porte florestal. De acordo com McGuire and Likens (2011) os valores de precipitação interceptada podem variar de 6.2 à 45 % para vegetações florestais. Arcova, et. al 2003 calcularam esta taxa para áreas sob o domínio do bioma Mata Atlântica, no Brasil, e chegaram a um valor de 18%. Essa água interceptada retorna a atmosfera através da evaporação e conseqüentemente não contribui para o aumento do nível dos cursos d'água. Por este motivo, é natural que uma microbacia com predominância de floresta, sofra menores aumentos de nível quando comparada com outra microbacia a qual possui outros usos do solo.

Entretanto, a influência das florestas não se resume somente à interceptação, áreas com formações florestais também favorecem a infiltração da água, pois ao diminuírem a intensidade com que água chega ao solo aumentam as chances da chuva não ultrapassar a capacidade de infiltração daquele solo, e com isso garantem que a água ao invés de escorrer superficialmente, infiltre. Como reflexo dessa infiltração, o volume de água precipitado ao invés de contribuir imediatamente para o aumento do nível, é "absorvido" pelo solo e distribuído mais lentamente para os cursos d'água, resultando em menores oscilações de nível.

Alguns trabalhos também apontam para uma melhora da estrutura do solo em áreas de florestas em razão da deposição da serrapilheira, e da densa rede de raízes, o que amplia, ainda mais, a capacidade de infiltração de solos sob áreas florestadas. Bharati et al. 2002, ao comparar taxas de infiltração sob diferentes usos do solo, verificou que áreas com formações florestais apresentaram taxa de infiltração superiores em até 4 vezes quando comparadas com outros usos como pastagem e milho.

Justamente por favorecer a infiltração que também se espera uma menor oscilação no nível de uma microbacia florestada durante os meses mais secos, pois durante um período de estiagem a água que mantém os cursos d'água é de origem subterrânea (escoamento de base), a qual é totalmente dependente da infiltração para existir.

Esta influência das formações florestais fornece um bom embasamento teórico para a baixa oscilação de nível da MB1. Mas no caso da MB2, que também teve baixa oscilação, a situação parece ser diferente.

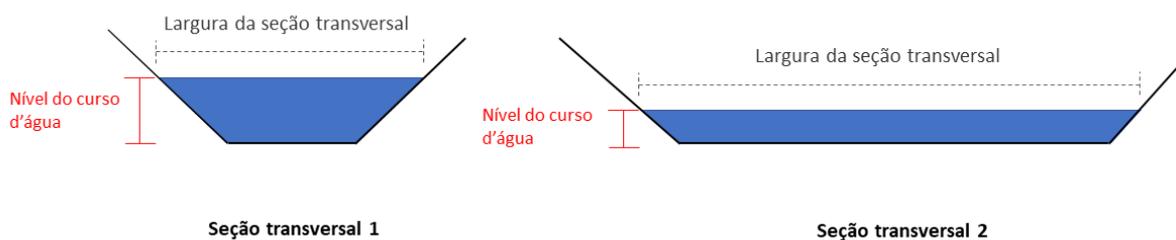
A MB2 possui a segunda menor taxa de cobertura florestal (2.7%), sendo sua área ocupada principalmente por atividades agrícolas (54.3%) e pecuária (42%). Estes usos do solo, diferentemente das florestas, podem favorecer a predominância do escoamento direto. Isso ocorre, pois, algumas práticas de manejo voltadas a agricultura e a criação de gado podem provocar alterações nas propriedades físicas do solo, as quais acabam refletindo em impactos na capacidade de drenagem dos mesmos.

Entre os impactos mais importantes está a compactação dos solos. O pisoteio animal e o aumento do tráfego de máquinas agrícolas geram um aumento da densidade aparente do solo concentrando-se principalmente nas primeiras camadas de profundidade 0 - 5 cm, mas que também geram reduções da macroporosidade em camadas mais profundas (LANZANOVA, 2005) favorecendo o escoamento superficial e conseqüentemente aumentando as chances de aumentos repentinos no nível, logo após ou durante os eventos chuvosos.

Por essa razão pode-se dizer que a MB2 possui, em função da sua composição, uma maior propensão a variação de nível, entretanto não é isso que se observa. A razão para tal pode estar relacionada com as características morfométricas dessa microbacia. Juntamente com a MB5, a MB2 é a microbacia mais alongada dentre todas as analisadas, ela também possui o menor índice de sinuosidade e vale destacar que foi a única microbacia que apresentou uma densidade de drenagem considerada regular. A baixa declividade média das microbacias, e a presença de solos com textura arenosa, também auxiliam na redução das influências do escoamento direto.

Um outro fator importante que pode estar relacionado com a baixa variação do nível é a secção transversal do rio onde está instalado o limnómetro

(sensor de nível). Seções mais largas exigem um maior volume para aumentarem o nível de coluna d'água (Figura 15) e no caso da MB 2 ela é a que



possui a maior largura, com uma distância entre as margens de 2.1 metros. Por essa razão, a vazão é uma variável mais interessante que o nível quando se busca comparar uma microbacia com outra pois ela não sofre essa influência da secção do curso d'água.

Seguindo a ordem das MB's , a MB3 apresentou uma variação superior à das últimas 2 microbacias mencionadas. Neste caso, trata-se da menor microbacia do estudo, que além da área, chama a atenção por sua composição

Figura 15 - Ilustração da seção transversal de um curso d'água

tanto do uso do solo quanto das classes de solo. Ela é a MB com a menor porcentagem de florestas, sendo quase toda composta por pastagem (96.1%). Além disso apresenta a maior presença de argisolo, com 86%. Essas duas características (solos e uso), podem estar relacionadas com a maior oscilação do nível.

Diferentemente dos latossolos, que em geral são solos profundos e mais estáveis com boa porosidade e drenagem, os argisolos são marcados pelo acúmulo de argila no horizonte B, o que lhes confere um gradiente textural, ou seja, nas camadas mais superficiais ele possui maiores concentrações de areia do que nas camadas mais superficiais (horizonte B). Por essa razão, a capacidade de infiltração da água pode ser limitada por este horizonte argiloso, e conseqüentemente restringir o abastecimento do lençol freático ao mesmo tempo que favorece o escoamento superficial. A presença de criação de gado,

pode agravar ainda mais esse processo, pois através do pisoteio pode-se maximizar a compactação do solo. Vale destacar ainda a declividade média da MB, que apesar de não ser elevada, quando comparada com as outras é a segunda maior. Esta combinação de fatores pode estar relacionada com sua variação de nível.

A MB4 assim como a MB3 também possui uma predominância de argissolos, e seu uso principal também é pastagem 71.6%, entretanto diferente da MB3 ela possui 26.8% de florestas, mas mesmo assim apresentou uma variação de nível superior. A razão para tal pode estar relacionada com as suas características morfométricas. Ao analisar os parâmetros naturais, é possível observar que trata-se da microbacia com a menor amplitude altimétrica tanto de relevo quanto da rede de drenagem. Além disso, ela apresenta a segunda menor inclinação do perfil de elevação do rio principal, o que indica um baixo desnível topográfico ao longo do curso d'água. Esses fatores podem aumentar o tempo que o fluxo hídrico leva para chegar até o exultório e conseqüentemente aumentar a chances do acúmulo de água.

Essa propensão do acúmulo de água da rede de drenagem é ainda potencializada pela sua forma e declividade média. Esta é a MB que mais se assemelha a uma circunferência ($k_f=0.58$ / $k_c= 1.55$) e sua declividade é a maior entre todas a MBs. Podemos dizer que soma de todos estes fatores juntamente com a sua composição tanto do uso quando dos tipos de solo contribuem, portanto, para uma maior oscilação de nível.

Por último, está a MB5 a qual apresentou a maior variação de nível dentre todas as MB's estudadas. Logo de início ela chama a atenção por ser a maior microbacia (4694.40 ha), sendo 1.68 vezes maior que a segunda colocada, que também se destaca por ter uma área extensa. Além disso dentre todas as MB's ela é a que apresenta a distribuição mais igualitária entre os principais usos do solo da região do pontal do Paranapanema, sendo 37.7% florestas, 31.3 % pastagens, 30.6% cana de açúcar e 0.4% outros usos.

Sobre sua composição é válido destacar que apesar da distribuição ser mais igualitária quando comparada através dos usos individualmente, dois destes usos são de origem antrópica enquanto somente um é de origem natural. Ao considerar isso temos que mais da metade da microbacia (61.9%) é composta por usos antrópicos, os quais, conforme foi mencionado

anteriormente, podem influenciar nos processos hidrológicos e com isso favorecer a maior variação do nível.

Além disso esta foi a MB que apresentou o maior valor de precipitação acumulada durante todo o período monitorado, mesmo tendo os dados de precipitação referentes ao mês de abril desconsiderados. A média de chuva neste mês, considerando os dados das outras MBs foi de 135.25 mm, o que é um valor bem considerável e que acrescentaria uma diferença ainda maior da MB5 com relação as demais MBs.

Por outro lado, sua forma é a mais alongada dentre todas ($k_f = 0.29 / k_c = 2.03$) e o seu tipo de solo é integralmente latossolo. Já o restante dos índices morfométricos levantados apontam para características que favorecem o acúmulo de água na rede de drenagem. A começar pela própria densidade de drenagem que é a segunda menor dentro todas as outras MBs. O índice de sinuosidade e a inclinação do perfil de elevação também apontam para uma maior tendência de acúmulo de água na rede de drenagem, uma vez que a sinuosidade é a maior entre as MBs, e a inclinação do perfil de elevação do rio principal é a menor delas.

Todas estas características descrevem uma microbacia com baixa capacidade de drenagem, maior tempo de permanência da água (sinuosidade) e baixa velocidade de fluxo (inclinação do perfil de elevação). Somada a essas características está o fato dos maiores índices de pluviosidade na microbacia. É possível então inferir, que estas características estão relacionadas com a maior variabilidade do nível nesta microbacia.

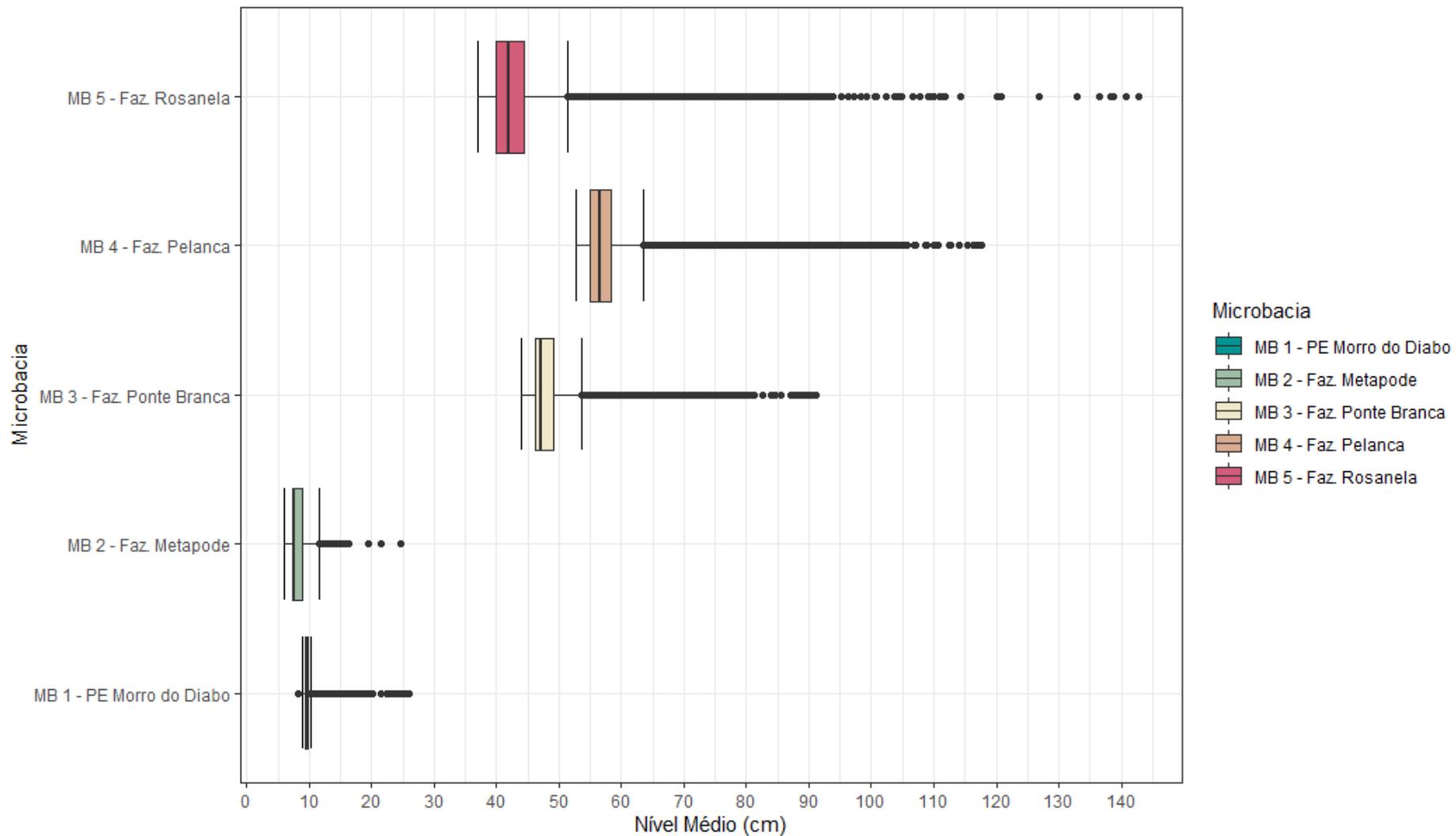


Figura 16 - Boxplot representando a variação dos dados nível para cada uma das microbasias estudadas.

5.5 Medições pontuais de vazão

Durante o estudo, também foram realizadas algumas medições pontuais para estimar as vazões da MBs. Inicialmente, o intuito era obter dados contínuos de vazão afim de compará-las em função desta variável. Para obter essas informações, seria gerado um modelo que relacionasse a altura do nível da água com a vazão para cada uma das MBs. Na literatura esses modelos são encontrados pelo nome de “curva chave” e são comuns em trabalhos hidrológicos, entretanto para sua elaboração são necessários um certo número de pares nível-vazão medidos em condições reais (STEVAUX, JOSÉ CÂNDIDO; LATRUBESSE, 2017) e justamente esta condição que não foi possível ser atendida no tempo hábil do trabalho.

Mesmo assim os dados são interessantes para se ter uma dimensão da produção de água em cada uma das MB's.

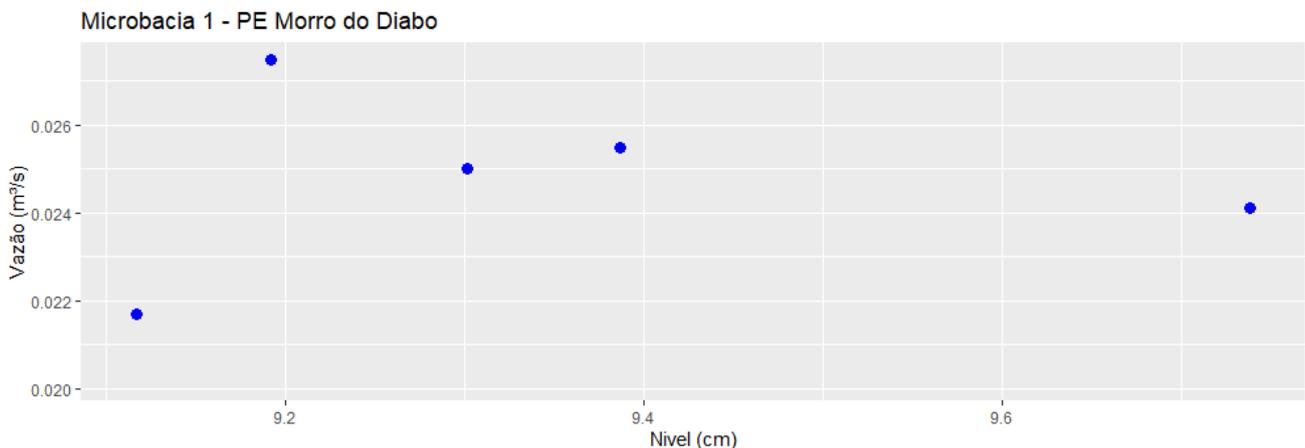


Figura 17 - Medições de vazão em diferentes níveis do curso d'água para a MB1

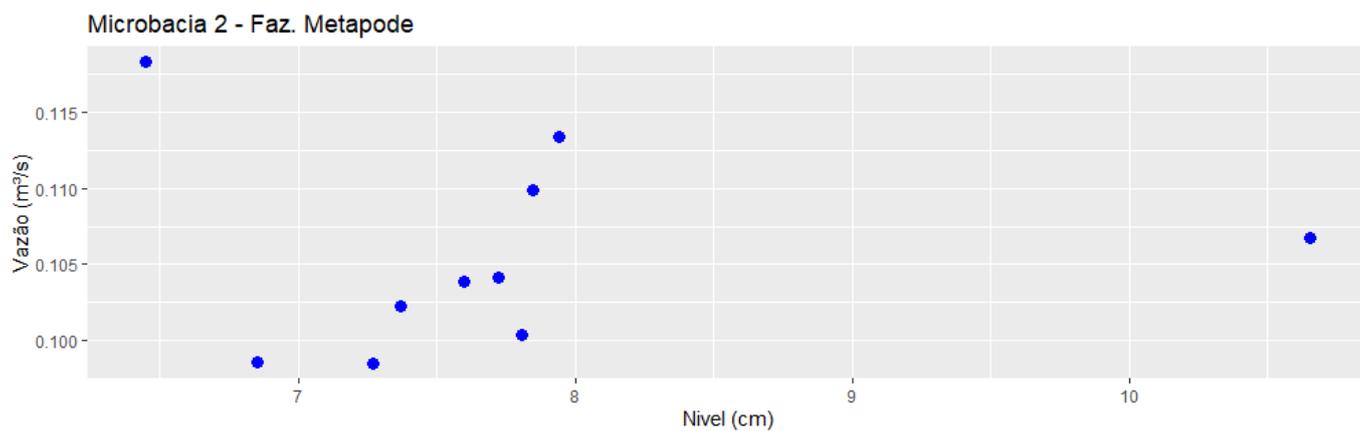


Figura 19 - Medições de vazão em diferentes níveis do curso d'água para a MB2

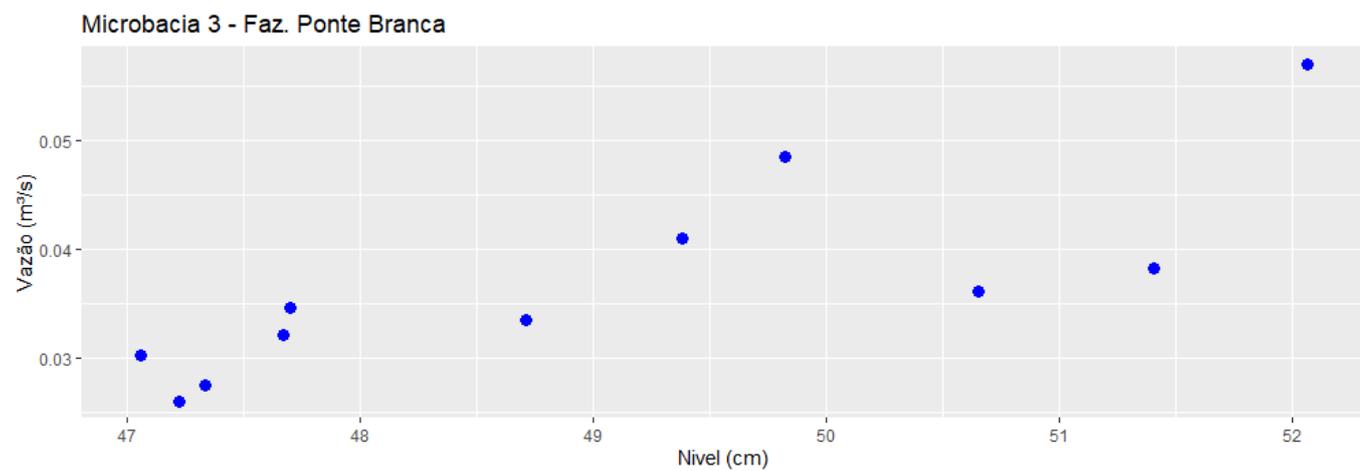


Figura 18 - Medições de vazão em diferentes níveis do curso d'água para a MB3

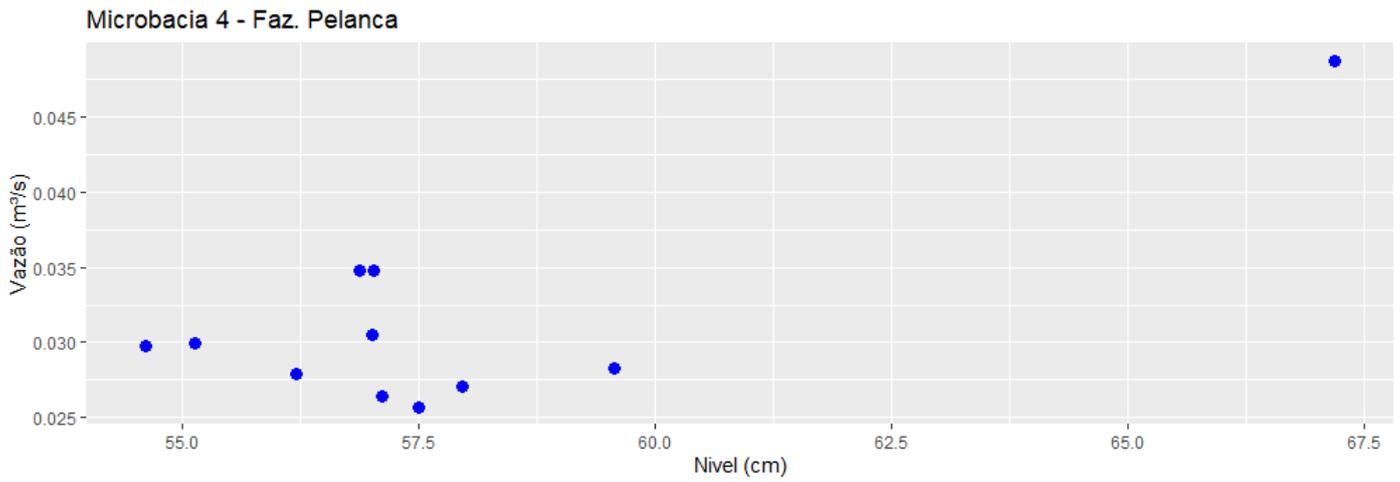


Figura 21 - Medições de vazão em diferentes níveis do curso d'água para a MB4

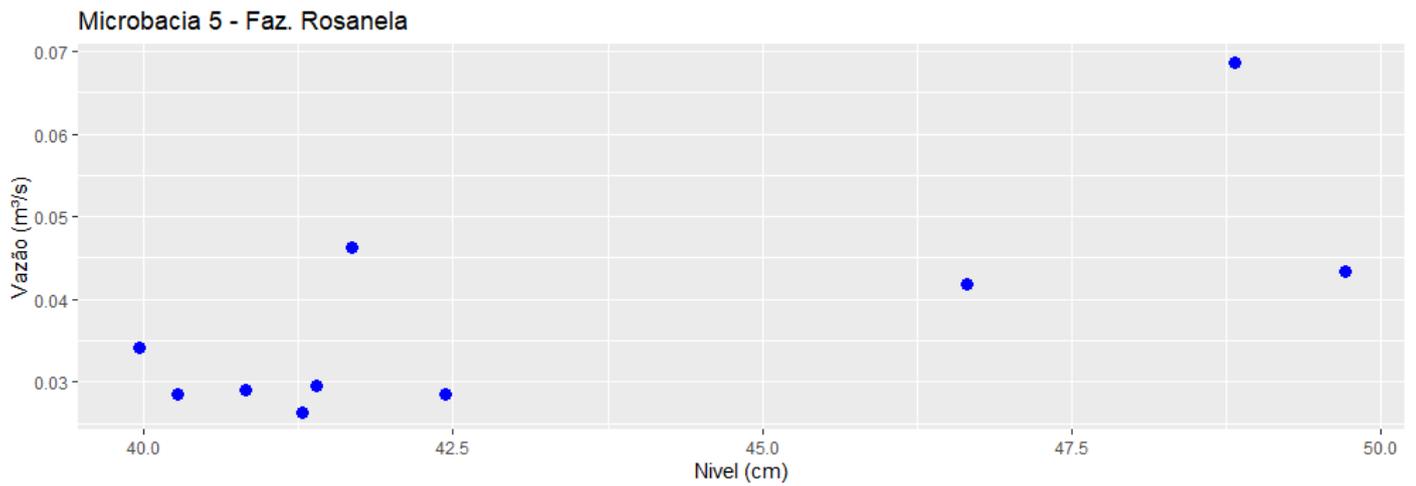


Figura 20 - Medições de vazão em diferentes níveis do curso d'água para a MB5

5.6 Relações entre Paisagem, Morfometria e a produção de Sedimentos

A produção de sedimentos dentro de uma microbacia está diretamente relacionada com os processos erosivos que ocorrem dentro dos seus limites. Estes processos são fenômenos naturais e que fazem parte da dinâmica das paisagens. Alguns autores como Ashman e Puri (2002) destacam a importância destes processos para a manutenção da fertilidade e bom funcionamento do sistema como um todo. Entretanto quando as taxas de perda de solo ultrapassam níveis naturais, a produção de sedimentos passa a ser um problema, isto ocorre principalmente em razão de atividades antrópicas e a falta de ações conservacionistas.

No quadro 14 estão os dados da concentração média de sedimentos obtidas durante o período monitorado. Nela é possível verificar que as bacias que apresentaram maiores concentração de sedimentos, são em ordem decrescente a: MB2, MB4, MB3, MB1 e MB5.

Microbacia	Concentração média de sedimentos (g/L)
MB1 - Parque Estadual Morro do Diabo	0.0034
MB2 - Faz. Metapode	0.1077
MB3 - Faz. Ponte Branca	0.0147
MB4 - Faz. Pelanca	0.0166
MB5 - Faz. Rosanela	0.0013

Quadro 13 - Valores médios de concentração de sedimentos para cada microbacia

As microbacias que apresentaram menores concentrações médias de sedimentos são também as que possuem os maiores valores de cobertura florestal (MB1 e MB5). Mais interessante ainda, é o fato de que para a MB5 a concentração foi inferior quando comparada com a MB1 a qual possui praticamente 100% da sua área composta por florestas. Uma possível explicação para essa diferença pode estar relacionada com o perfil de elevação do curso d'água principal de ambas as bacias. No caso da MB1 a inclinação da

linha que representa o perfil de elevação do rio principal é superior quando compara com a da MB5 (Quadro 6). Na prática isso significa que a declividade nas áreas por onde passa o curso d'água principal da MB1 é superior ao da MB2 e podem acarretar uma maior velocidade da água e conseqüentemente causar maiores processos erosivos no leito do curso d'água. Bigarella e Suguio (1979) e Christofolletti (1981) mencionam sobre efeitos de maiores velocidade e vazões, destacando que elas são capazes de criar condições energéticas para uma capacidade de carga de sedimentos em suspensão.

Mesmo assim, os valores observados em ambas as microbacias são inferiores os dados levantados por SANTOS (2017) (Quadro 15), o qual também foi realizado na região do pontal do Paranapanema (Figura 27).

Microbacia	Fevereiro-2016 g/L	Maior-2016 g/L	Média g/L
Seção 2	0.0056	0.0066	0.0061
Seção 3	0.0400	0.0105	0.0253
Seção 4	0.0183	0.0095	0.0139
Seção 5	0.0143	0.0273	0.0208
Seção 6	0.0057	0.0066	0.0062
Seção 7	0.012	0.023	0.0175
Seção 8	0.0043	0.0067	0.0055
Seção 9	0.0065	0.0225	0.0145
Seção 11	0.0151	0.022	0.0186
Seção 12	0.0074	0.0128	0.0101

Quadro 14 - Valores de concentração de sedimentos encontrado por Santos (2017) para outras microbacias na região do pontal do paranapanema

No caso das três MBs que apresentaram os maiores valores de concentração (MB2, MB3 e MB4) chama atenção o fato de que todas possuem a ocorrência de argissolos, sendo que em duas delas (MB3 e MB4) esta é a classe de solo predominante. Este pode ser um dos fatores, que juntamente com os usos antrópicos potencializam os processos erosivos nas MBs. Entretanto

vale destacar que para a microbacia que apresentou o maior valor de concentração, o argissolo não é a classe predominante e representa somente 20% da área sendo o restante latossolo.

Neste caso, os maiores valores de concentração de sedimentos podem estar relacionados com os usos do solo. Alguns trabalhos envolvendo modelagem hídrica tem apontado para a grande influência dos usos do solo na dinâmica de produção de sedimentos em microbacias (GALHARTE; VILLELA; CRESTANA, 2014),(VETTORAZZI; CRUCIANI; MACHADO, 2003).

No caso da MB2, ela possui a maior ocupação de cultivos agrícolas dentre todas as analisadas. Somando as áreas de cana de açúcar, e outros usos, os quais englobam soja e mosaicos de agricultura e pastagem, temos 54.3% de sua área destinadas a agricultura, e 42% para a pastagem e 3.7% de florestas.

Esta predominância dos usos agrícolas do solo, é representada principalmente pelas culturas da soja e da cana de açúcar (Figura 4) ,as quais são totalmente dependentes do processo de mecanização agrícola e por isso podem envolver atividades que variam desde o preparo do solo, por aragem e gradagem, até os processos de colheita. Esta maior movimentação de maquinário bem como as possíveis operações de revolvimento do solo prejudicam a estruturação física do solo, tornando-o mais frágil a processos erosivos.

Além destes fatores a MB2 é a microbacia que apresentou o maior valor médio de vazão, sendo estes superiores em mais do que 2 vezes, quando comparado com a segunda microbacia com maior vazão média. Conforme mencionado acima, esta característica também pode favorecer o aumento do transporte de sedimentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

De maneira geral pode-se concluir que as bacias com as maiores taxas de variação no nível foram aquelas que apresentaram as maiores proporções de usos antrópicos. Áreas com a presença de argissolos também apresentaram maiores concentrações de sedimentos quando comparadas com áreas com outros tipos de solo. Já as microbacias que apresentaram comportamentos diferentes destes, possuem características morfométricas que as diferencia do restante.

Apesar de não ser possível afirmar que o comportamento hídrico e a dinâmica de transporte de sedimentos, observados durante o período do estudo, de fato se deram pelas causas apontadas, o trabalho descreveu e caracterizou cenários representativos da região do pontal do Paranapanema. Dessa forma as informações aqui levantadas podem vir a ser úteis para pesquisas futuras, e as possíveis relações aqui indicadas podem dar subsídio para tal.

ANEXO I - VALORES DAS MEDIÇÕES PONTUAIS COM A SONDA MULTIPARÂMETROS E A CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTO PARA AS AMOSTRAS COLETADAS

Microbacia	Data	Horário	Temperatura (Cº)	pH	Cond. Elétrica mS/cm	Turbidez NTU	Oxigênio Dissolvido mg/L	C. de Sedimentos g/L
MB1 - Parque Morro do Diabo	19/11/2021	12:08:45	24.63	6.56	0.017	1.5	9.77	-
MB1 - Parque Morro do Diabo	19/01/2022	10:04:39	23.71	6.81	0.022	3.1	12.21	-
MB1 - Parque Morro do Diabo	20/01/2022	9:13:53	22.84	6.41	0.02	3.2	9.28	0
MB1 - Parque Morro do Diabo	27/01/2022	12:34:49	24.43	7.17	0.02	2.7	9.22	0
MB1 - Parque Morro do Diabo	17/02/2022	14:16:32	26.21	6.45	0.016	7.2	5.75	0.010
MB1 - Parque Morro do Diabo	21/02/2022	13:41:32	25.48	6.27	0.016	6	6.66	0.010
MB1 - Parque Morro do Diabo	22/02/2022	15:01:17	26.46	6.55	0.016	6.9	5.85	0
MB1 - Parque Morro do Diabo	26/04/2022	16:02:00	23.74	6.95	0.019	5.9	12.55	-
MB2 - Faz. Metapode	17/02/2022	8:58:53	23.8	7.33	0.016	13.8	7.72	0.192
MB2 - Faz. Metapode	28/01/2022	15:39:29	25.66	6.48	0.019	23.4	11.99	0.142
MB2 - Faz. Metapode	17/01/2022	10:58:41	25.06	7.33	0.02	11	10.45	0.122
MB2 - Faz. Metapode	19/02/2022	8:08:17	23.52	6.33	0.016	13.9	7.34	0.111
MB2 - Faz. Metapode	26/01/2022	8:24:15	24.77	6.73	0.02	12.5	11.12	0.064
MB2 - Faz. Metapode	22/02/2022	8:11:07	24.1	6.35	0.017	10.1	7.22	0.061
MB2 - Faz. Metapode	29/03/2022	7:54	23.89	7.26	0.02	15.3	14.38	0.061
MB2 - Faz. Metapode	4/11/2021	8:49:11	22.36	7.68	0.021	8.1	9.96	-
MB2 - Faz. Metapode	18/11/2021	10:07:34	24.31	6.83	0.016	14	10.98	-
MB3 - Faz. Ponte Branca	5/11/2021	13:24:01	24.9	6.77	0.028	10.6	12.4	-
MB3 - Faz. Ponte Branca	19/11/2021	7:29:57	23.64	7.05	0.023	3.1	13.73	-
MB3 - Faz. Ponte Branca	18/01/2022	8:25:16	24.42	6.86	0.023	6.1	10.17	0
MB3 - Faz. Ponte Branca	24/01/2022	8:38:48	24.96	6.49	0.022	4.5	10.66	0.010
MB3 - Faz. Ponte Branca	28/01/2022	10:42	24.84	6.56	0.022	6.9	10.78	0.021
MB3 - Faz. Ponte Branca	18/02/2022	8:45:49	23.91	7.01	0.018	8	7.13	0.020
MB3 - Faz. Ponte Branca	21/02/2022	9:26:56	24.05	7.14	0.02	7.5	7.7	0.010
MB3 - Faz. Ponte Branca	23/02/2022	8:43:50	24.39	5.74	0.018	9.1	6.7	0.010
MB3 - Faz. Ponte Branca	25/04/2022	15:19:00	24.52	6.07	0.024	2.7	16.73	0.010
MB3 - Faz. Ponte Branca	31/03/2022	12:02	24.06	6.88	0.025	14.5	14.29	0.020

MB3 - Faz.Ponte Branca	31/03/2022	16:34	24	7.02	0.023	33.2	15.42	0.030
MB4 - Faz - Pelanca	4/11/2021	10:31:56	23.22	5.84	0.017	0	8.78	-
MB4 - Faz - Pelanca	18/11/2021	12:04:13	24.71	5.7	0.015	1.7	9.83	-
MB4 - Faz - Pelanca	17/01/2022	13:09:32	25.57	5.59	0.018	5.7	9.32	0.010
MB4 - Faz - Pelanca	20/01/2022	16:03:09	26.37	5.71	0.019	4.6	9	0.020
MB4 - Faz - Pelanca	28/01/2022	13:57:41	25.64	5.79	0.019	6.2	9.29	0.032
MB4 - Faz - Pelanca	17/02/2022	11:17:10	25.1	6.32	0.014	5.8	5.74	0.010
MB4 - Faz - Pelanca	19/02/2022	10:49:02	24.97	5.27	0.014	6.4	7.99	0.010
MB4 - Faz - Pelanca	22/02/2022	10:00:07	25.11	5.19	0.014	3.8	5.95	0
MB4 - Faz - Pelanca	31/03/2022	8:59:32	24.13	6.44	0.018	26.7	14.57	-
MB4 - Faz - Pelanca	31/03/2022	17:55	24.58	6.64	0.019	130	13.98	0.030
MB4 - Faz - Pelanca	24/04/2022	11:28	23.83	6.7	0.017	6.4	14.72	0.020
MB5 - Faz.Rosanela	5/11/2021	11:51	23.17	5.66	0.011	0.8	13.11	-
MB5 - Faz.Rosanela	19/11/2021	8:53:54	23.23	4.06	0.007	1.2	9.19	-
MB5 - Faz.Rosanela	18/01/2022	10:23:45	23.78	5.28	0.01	2.5	11.91	0
MB5 - Faz.Rosanela	24/01/2022	10:31:13	24.11	5.12	0.009	2	9.07	0
MB5 - Faz.Rosanela	28/01/2022	8:52:18	23.66	5.63	0.01	3.4	9.26	0
MB5 - Faz.Rosanela	18/02/2022	10:29:29	23.63	5.53	0.008	4.1	5.54	0.010
MB5 - Faz.Rosanela	21/02/2022	10:59:43	23.69	4.91	0.008	3.3	5.41	0
MB5 - Faz.Rosanela	23/02/2022	9:45:10	23.72	4.83	0.008	4.4	7.42	0
MB5 - Faz.Rosanela	25/04/2022	13:18	23.27	5.94	0.01	3.9	16.43	0
MB5 - Faz.Rosanela	1/4/2022	10:18	22.88	5	0.009	5.8	10.81	0

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, T. F. H.; STARR, T. B. **Hierarchy**. [s.l.] : University of Chicago Press, 2017. Disponível em: <<http://www.bibliovault.org/BV.landing.epl?ISBN=9780226489711>>

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ANDERSON, H. W. Relating sediment yield to watershed variables. **Transactions, American Geophysical Union**, [s. l.], v. 38, n. 6, p. 921, 1957. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/TR038i006p00921>>

ANDRADE, J. C. De. Química analítica básica: os conceitos acido-base e a escala de pH. **Revista Chemkeys**, [s. l.], n. 1, p. 1–6, 2018.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Caminhos da Geografia, Uberlândia**, [s. l.], v. 8, n. 21, p. 46–58, 2007. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. De; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. **Revista Árvore**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 257–262, 2003.

BARRETO, M. J. Mundo Do Trabalho Os Impactos Territoriais Da Monocultura Da Cana- the Impacts Territorial of Monoculture Sugarcane in the of Pontal Paranapanema-Sp. [s. l.], v. 13, p. 46–68, 2005.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. **Caderno de Ciências da Terra**, [s. l.], v. 13, p. 1–27, 1971.

BHARATI, L.; LEE, K. H.; ISENHART, T. M.; SCHULTZ, R. C. Soil-water infiltration under crops, pasture, and established riparian buffer in Midwestern USA. **Agroforestry Systems**, [s. l.], v. 56, n. 3, p. 249–257, 2002.

BOTEQUILHA LEITÃO, A.; AHERN, J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 65–93, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias**

hidrográficas. [s.l: s.n.].

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari-SP.** 2000. Universidade de São Paulo, [s. l.], 2000.

COLODRO, G.; CARVALHO, M. P.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M. Rainfall erosivity: its distribution and relationship with the nonrecording rain gauge precipitation at Teodoro Sampaio, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 809–818, 2002.

CRISTINA TONELLO, K.; CARLOS TEIXEIRA DIAS, H.; LOPES DE SOUZA, A.; ANTONIO ALVARES SOARES RIBEIRO, C.; PALHA LEITE, F. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. [s. l.], n. 5, p. 849–857, 2006.

DE TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice De Qualidade De Água Em Microbacia Sob Uso Agrícola E Urbano. **Scientia Agricola**, [s. l.], v. 59, n. 1, p. 181–186, 2002.

EDWARDS, P. J.; WILLIARD, K. W. J.; SCHOONOVER, J. E. Fundamentals of Watershed Hydrology. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, [s. l.], v. 154, n. 1, p. 3–20, 2015.

FORMAN, RICHARD T T; GODRON, M. **Landscape ecology.** Wiley ed. New York, NY.

GALHARTE, C. A.; VILLELA, J. M.; CRESTANA, S. Estimativa da produção de sedimentos em função da mudança de uso e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 199–201, 2014.

GOMI, T.; SIDLE, R. C.; RICHARDSON, J. S. Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. **BioScience**, [s. l.], v. 52, n. 10, p. 905–916, 2002.

HORTON, R. E. Drainage-basin characteristics. **Transactions, American Geophysical Union**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 350, 1932. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/TR013i001p00350>>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **De Geografia E Estatística - Ibge.** [s.l: s.n.]. v. 39

JENSON, S. K. Applications of hydrologic information automatically

extracted from digital elevation models. **Hydrological Processes**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 31–44, 1991.

KREMSA, V. Š. Sustainable management of agricultural resources (agricultural crops and animals). In: **Sustainable Resource Management**. [s.l.] : Elsevier, 2021. p. 99–145.

LANG, STEFAN ; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LANZANOVA, M. E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária**. 2005. [s. l.], 2005. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/5525>>

LIMA, W. de P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**, ESALQ. USP, 1976.

LIMA, W. de P. **HIDROLOGIA FLORESTAL APLICADA AO MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**, Copyright, 2005.

MCGUIRE, K. J.; LIKENS, G. E. Forest Hydrology and Biogeochemistry. **Forest hydrology and biogeochemistry, Synthesis of past research and future directions**, [s. l.], v. 216, n. Biswas 1970, p. xxii, 740, 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-1363-5>>

OLIVEIRA, P. T. S. De; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 14, n. 8, p. 819–825, 2010.

PASSOS, M. M. Dos. A paisagem do Pontal do Paranapanema - uma apreensão geofotográfica. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 177–189, 2004.

PEREIRA, C. **Land Use and Water Resources**. [s.l.] : Cambridge University Press, 1973.

PERES, V. N. Avaliação Da Qualidade Da Água Superficial Da Microbacia Do Córrego Fundo - Catalão (Go). **Avaliação Da Qualidade Da Água Superficial Da Microbacia Do Córrego Fundo - Catalão (Go)**., [s. l.], v. 3, n. 2, p. 67–85, 2011.

RICE, S. P.; GREENWOOD, M. T.; JOYCE, C. B. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 58,

n. 4, p. 824–840, 2001. Disponível em: <http://www.nrc.ca/cgi-bin/cisti/journals/rp/rp2_abst_e?cjfas_f01-022_58_ns_nf_cjfas58-01>

ROCHA, J. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: UFSM, 1997.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. [s.l.: s.n.]. v. 1 Disponível em: <http://correiasilvaadvogados.com/pdf/art_amb/art_amb2.pdf>

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 195–211, 2012. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/945/pdf_744>

SCHUMM, S. A. Geological Society of America Bulletin EVOLUTION OF DRAINAGE SYSTEMS AND SLOPES IN BADLANDS AT PERTH AMBOY , NEW JERSEY. **Bulletin of the Geological Society of America**, [s. l.], v. 67, n. 5, p. 597–646, 1956. Disponível em: <<https://pubs.geoscienceworld.org/gsabulletin/article/67/5/597-646/4811>>

SCHUMM, S. A. Geological Society of America Bulletin Sequences in the Cratonic Interior of North America. **Geological Society of America Bulletin**, [s. l.], v. 74, n. 2, p. 93–114, 1963.

SOBREIRO FILHO, J. A Luta Pela Terra No Pontal Do Paranapanema: História e Atualidade. **Geografia em Questão**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 83–114, 2012.

STEVANUX, JOSÉ CÂNDIDO; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. [s.l.] : Oficina de Textos, 2017.

TONELLO, K.; DIAS, H.; SOUZA, A.; RIBEIRO, C.; FIRME, D.; LEITE, F. Diagnóstico hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, município de Guanhões, MG, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 156–168, 2009. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/109/295>>

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Landscape Ecology in Theory and Practice**. New York, NY: Springer New York, 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-1-4939-2794-4>>

UEZU, A.; METZGER, J. P. Vanishing bird species in the Atlantic Forest: Relative importance of landscape configuration, forest structure and species characteristics. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 20, n. 14, p. 3627–

3643, 2011.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 130–137, 1980. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/f80-017>>

VETTORAZZI, C.; CRUCIANI, D.; MACHADO, R. Simulação de Escoamento em uma Microbacia Hidrográfica Utilizando Técnicas de Modelagem e Geoprocessamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 147–155, 2003.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **A Hidrologia aplicada**. [s.l.] : McGraw-Hill do Brasil, 1975.

WELCOMME, R. L. **Cuencas fluviales**. [s.l.] : Food & Agriculture Org, 1980.

YIMER, F.; MESSING, I.; LEDIN, S.; ABDELKADIR, A. Effects of different land use types on infiltration capacity in a catchment in the highlands of Ethiopia. **Soil Use and Management**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 344–349, 2008.