

# **AVALIAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DE PATAMARES EM TRECHO FLUVIAL COM LANÇAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO: O CÓRREGO MANDACARU, PR**

Vitor Hugo de SOUZA<sup>1</sup>

Eduardo Souza de MORAIS<sup>2</sup>

## **RESUMO**

O despejo de efluente doméstico pode deteriorar a qualidade da água dos rios e potencialmente afetar as unidades do relevo fluvial. Neste estudo avaliou-se as características sedimentológicas de patamares e aferiu-se potenciais alterações sedimentológicas decorrentes do despejo de efluente doméstico. Os patamares avaliados estão a montante e a jusante do lançamento de efluentes e localizam-se no trecho final da bacia hidrográfica do córrego Mandacaru. Foram coletadas amostras para análises sedimentológicas de granulometria e matéria orgânica a 10 cm de profundidade da superfície dos patamares. A média do conteúdo de lama (silte + argila) foi de aproximadamente 47%. A média do conteúdo de matéria orgânica foi de aproximadamente 2,7%. As análises estatísticas evidenciaram que não há variação significativa do conteúdo de lama e matéria orgânica da camada superficial dos patamares entre as amostragens a montante e a jusante do despejo de efluente. Os resultados também indicaram que há uma forte correlação entre a concentração de lama (silte e argila) e matéria orgânica. Os patamares, no contexto geomorfológico avaliado, não estocam matéria orgânica. Essa característica pode ser explicada pela ocorrência de vazões de elevada magnitude proveniente da urbanização na bacia hidrográfica do córrego Mandacaru.

**Palavras-chave:** Granulometria. Carbono Orgânico. Córrego Mandacaru.

---

<sup>1</sup> Graduando na Universidade Estadual de Maringá (UEM).

<sup>2</sup> Professor na Universidade Estadual de Maringá (UEM).

## **SEDIMENTOLOGICAL EVALUATION OF BENCHES IN FLUVIAL REACH WITH DICHARGE OF DOMESTIC EFFLUENT: MANDACARU STREAM, PR**

### **ABSTRACT**

The discharge of domestic effluent may deteriorate the water quality of rivers and potentially affect the fluvial landscape. In this study, we evaluated the sedimentological characteristics of benches and potential alterations resulting from the discharge of domestic effluent. The benches are located at the upstream and downstream of the effluent discharge and composed the final reach of the Mandacaru Stream, Southern Region of Brazil. Sedimentological samplings to grain size and organic matter were performed at 10 cm depth from the surface of the benches. The average mud (silt and clay) content was approximately 47%. The average organic matter content was approximately 2.7%. Statistical analyzes showed that there is no significant variation in the content of mud and organic matter in the surface layer of the levels between the upstream and downstream samplings of the effluent discharge. The results also indicated that there is a strong correlation between the concentration of mud and organic matter. The application of a statistical test with the residues of this correlation also evidences that, even without the influence of the mud concentration, there is no significant difference in organic matter between the upstream and downstream of the effluent discharge. The benches, in the evaluated geomorphological context, do not store organic matter. This characteristic can be explained by the occurrence of high magnitude flows from urbanization in the watershed.

**Keywords:** Grain Size. Organic Carbon. Mandacaru Stream.

## 1 INTRODUÇÃO

A dinâmica dos rios resulta em uma variedade de unidades de relevo no canal, como barras e patamares. Os patamares podem desenvolver-se em leito rochoso (WOHL, 1992) ou aluvial (VIETZ; RUTHERFURD; STEWARDSON, 2004). Os patamares em leito aluvial são definidos por Davis (2010) pela presença de depósitos de sedimentos de granulação fina, anexado às margens, que ocorrem em diferentes elevações acima do leito do rio, mas abaixo da planície de inundação. Os patamares apresentam formas de deposição essencialmente tabulares, são comumente vegetados e descontínuos (VIETZ; RUTHERFURD; STEWARDSON, 2004), tendem a ser largos, longos e estáveis, persistindo por várias décadas e até mesmo séculos, em alguns casos (HANEY; DAVIS 2015).

De modo geral, por se tratar de superfícies estáveis, os patamares possuem significativas quantidades de matéria orgânica. De acordo com Knapik (2014), a dinâmica da matéria orgânica é dependente de fatores químicos, físicos e biológicos. Sua composição é dominada pelo carbono e dessa forma, pode ser medida como carbono orgânico. Na escala da bacia hidrográfica, o ciclo do carbono orgânico pode ser descrito a partir de três compartimentos de origem: terrestre, atmosférico e oceânico (SIEFERT; SANTOS, 2018). Tranvik et al. (2009) mostraram que 48% do carbono de origem terrestre é emitido para a atmosfera, 21% é armazenado nos sedimentos e 31% chega aos oceanos.

O ciclo do carbono orgânico é descrito por Sorribas et al. (2012) a partir do seguinte processo: o carbono orgânico entra no sistema terrestre por meio da fotossíntese e é incorporado pela biomassa da vegetação. Determinada parte desse carbono, retorna à atmosfera por meio da respiração da vegetação, de modo que o restante é, concomitantemente, transferido para o solo. Além disso, os processos de decomposição e adsorção no solo afetam, diretamente, o transporte nas bacias hidrográficas, por meio de processos de escoamento e erosão. Por fim, o carbono terrestre é transferido para cursos de água, de maneira que é armazenado, mineralizado e encaminhado para a atmosfera e a outras conexões da rede de drenagem.

A complexidade geomórfica pela qual o relevo se desenvolve desempenha um papel fundamental na retenção de matéria orgânica (SHELDON; THOMS, 2006) e pouco se sabe sobre a variabilidade espacial (granulometria e conteúdo orgânico) dos sedimentos depositados no canal fluvial. A variabilidade de matéria orgânica na bacia hidrográfica é resultado dos diferentes

processos de transferência e redistribuição do ciclo do carbono orgânico. As planícies de inundação são exemplos desses diferentes padrões temporais e espaciais, pois tendem a acumular grandes quantidades de matéria orgânica como resultado da alta produtividade de serapilheira, baixa decomposição e transferência de sedimentos (HOFFMANN; GLATZEL; DIKAU, 2009). O estudo das concentrações de matéria orgânica em canais fluviais tem recebido recentemente maior foco, embora as influências das alterações humanas no seu armazenamento ainda são pouco compreendidas (LINNINGER; POLVI, 2020).

O entendimento dos processos envolvendo o ciclo do carbono orgânico em ambientes com graus de interferência humana, torna-se uma oportunidade de compreender como o carbono orgânico se comporta em distintos contextos (SIEFERT; SANTOS, 2018). A urbanização apresenta interferências sobre os canais fluviais, como a canalização, o soterramento e as construções (como pontes). Estudos evidenciam a importância da matéria orgânica na estabilização dos agregados, por outro lado possuímos diversas lacunas na análise do conteúdo de carbono orgânico e sua relação com a geomorfologia e o uso do solo de bacias hidrográficas (SIEFERT; SANTOS, 2018). Logo, a compreensão dos mecanismos que envolvem essa dinâmica, torna-se um elemento essencial no esclarecimento dos processos de armazenamento e transporte de matéria orgânica nas bacias hidrográficas.

O despejo de efluentes de esgoto doméstico nos rios é responsável por provocar alteração na qualidade da água, impactando negativamente indicadores de bem-estar humano (PHILIPPI JR, 2005). Dentre os parâmetros considerados para aferir a qualidade da água destaca-se a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que indica a concentração de matéria orgânica pela quantidade de oxigênio consumida por microrganismos por meio da respiração (VALENTE; PADILHA; & SILVA, 1997). O Conselho Nacional de Meio Ambiente, que regulamenta os parâmetros para o lançamento de efluentes, limita o valor de DBO em 120 mg/L. No entanto, há casos em que o tratamento de efluente com frequência é apontado como insuficiente e comumente há o despejo de esgoto doméstico sem tratamento adequado.

Neste contexto entendemos que os patamares são formas do canal fluvial com diversas características geomorfológicas, passíveis de atuação no estoque de matéria orgânica e sujeitos às alterações em decorrência dos fatores antrópicos. Neste estudo avaliamos as características sedimentológicas dos patamares a montante e a jusante do lançamento de efluentes no trecho final (90m) de uma bacia hidrográfica com uso predominantemente urbano. Considerou-se a hipótese

de que os patamares são unidades de relevo do canal fluvial propensos ao estoque de matéria orgânica proveniente do despejo de efluente doméstico. As avaliações da quantidade de lama e concentração de matéria orgânica ocorreram no trecho final (90m) do córrego Mandacaru, município de Maringá, região sul do Brasil.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Maringá, região sul do Brasil (Figura 1). O córrego Mandacaru possui uma extensão de 8,9 km e uma área de drenagem de 15,60km<sup>2</sup>, constituída de 85% de uso do solo urbano no alto e médio curso e 15% rural no baixo curso (RIGON, 2010). A litologia da bacia hidrográfica foi originada a partir de um evento vulcânico que recobriu de lava cerca de 75% de toda a bacia do Paraná, ao qual pertence a Formação Serra Geral (SANTOS et. al. 2006). O basalto apresenta-se, em geral, com cores preta, cinza escura, cinza esverdeada e castanho-escuro. A textura varia de afanítica a porfirítica, com exceção do topo dos derrames, nas porções amigdalóides (SANTOS op. cit.). Essa litologia, sobre influência dos processos morfoestruturais e paleoclimáticos atuantes desde o Cenozoico, sustenta planaltos afeiçoados pela rede de drenagem de tributários do rio Paraná. Dentre as dezoito subunidades morfoesculturais, classificadas por Santos et al. (2006), a subunidade da região de Maringá caracteriza-se pelos topos alongados e aplainados com a predominância de vertentes convexas e declividades em torno de 12%.

O clima do município apresenta segundo a série de dados mensais de precipitação, de 2000 a 2021, volume pluviométrico médio anual de 1561 mm (INMET, 2022), com pequena diminuição no inverno e maior concentração no verão. Fato justificado pela sua condição topográfica, em área de transição climática entre o clima tropical e subtropical que elevam os valores médios do clima (MINAKI; MONTANHER, 2019). A temperatura média anual corresponde a 22,0 °C, sendo dezembro o mês com maior temperatura, com média de 24,6 °C e julho o mês com a mais baixa temperatura, 17,9 °C (INMET, 2022).

A colonização do norte do Paraná teve início com o cultivo do café (SALA, 2005) com a Companhia de Terras Norte do Paraná que fundou o município de Maringá, no ano de 1947. Em suas primeiras décadas, Maringá tinha como base econômica o café, que a partir de 1970, com a

modernização e consequente mecanização das lavouras, foi substituído pela produção de soja e de trigo. A troca de cultura trouxe profundas consequências ao crescimento da cidade, o novo modelo econômico exigia menos pessoas no campo. Desse modo, impulsionada pelo êxodo rural, a cidade passou por um ritmo extraordinário de crescimento (SALA, 2005). O intenso desmatamento com fins agrícolas mudou rapidamente a paisagem da região e modificou drasticamente as condições naturais das bacias hidrográficas do município (COELHO, 2007).

**Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Córrego Mandacaru, Maringá, PR**



Elaboração dos autores.

As nascentes do córrego Mandacaru estão localizadas sobre forte influência da urbanização, assim como as demais partes da rede hidrográfica. Ao longo do seu canal houve, durante as primeiras décadas da colonização, a remoção completa ou parcial da mata ciliar, que deu lugar ao desenvolvimento urbano, agrícola, industrial e pecuário (COELHO, 2007). No entanto nas décadas recentes pode-se observar uma preocupação com a delimitação das áreas de preservação permanente que consequentemente possibilitou uma recomposição da vegetação ciliar.

No local de estudo, encontra-se a ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) Mandacaru que lança efluentes há ~45m no canal fluvial a montante do exutório da bacia hidrográfica. Segundo dados do Relatório de Esgotamento Sanitário Municipal (MARINGÁ, 2017), a estação atende 113.915 pessoas e seu funcionamento se baseia no processo do Reator Anaeróbico, que promove a digestão e minimização da carga orgânica. Em 19 de maio de 2014 foi concluída a Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da SANEPAR, quando foi constatado que o sistema de esgotamento sanitário não estava atendendo aos parâmetros estabelecidos para seu funcionamento há diversos anos. Verificou-se que a capacidade de tratamento da estação chegou ao máximo de 40,52% de comprometimento, portanto, os parâmetros de qualidade do tratamento deveriam estar muito superiores devido à baixa utilização. A ETE Mandacaru apresentou indicadores de qualidade de tratamento dos esgotos (DBO e Sólidos Sedimentáveis) acima dos limites máximos permitidos de 23 amostras durante os dois anos analisados. O parâmetro DBO excedeu o limite em todas as amostragens, constando valores de até 380% acima do limite estabelecido, e os sólidos sedimentáveis apresentou em apenas 7 amostragens valores até o limite máximo permitido.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A variação de lama e matéria orgânica em patamares do córrego Mandacaru foi investigada com a coleta de 27 amostras. Foram coletadas 12 e 15 amostras, respectivamente, a montante e a jusante do lançamento de efluentes e delimitadas arbitrariamente ~3 metros entre si. O primeiro ponto de coleta a jusante (J1) respeitou uma distância de 16 m da tubulação, para que não houvesse interferência direta do despejo de efluentes no resultado final da amostra. Nos locais amostrados, foi medido a distância até o canal (Figura 2) que variou conforme a morfologia do patamar. Utilizando-se de uma pá de jardinagem a superfície foi limpa, posteriormente foi escavada 15 cm, onde 100g de amostra de sedimentos foram coletados (Figura 3) e, então, armazenados e identificados em sacos plásticos.

**Figura 2 - Medição da distância do ponto de coleta no patamar até o nível da água**



Fotografia: Autores, 2022.

**Figura 3 - Coleta da amostra do patamar**



Fotografia: Autores, 2022.

Também foi realizada a coleta de 3 amostras com 300mL de efluente diretamente despejados pela tubulação para análise da carga de matéria orgânica. As amostras foram encaminhadas para serem analisadas no laboratório de Sedimentologia e Pedologia do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) da Universidade Estadual de Maringá. As amostras foram despejadas em bandejas e colocadas para secar em temperatura ambiente. Posteriormente, as amostras foram colocadas no almofariz de porcelana e com o auxílio da mão de gral desagregou-se as partículas menores das partículas maiores de sedimentos. O destorroamento foi feito com cuidado de não reduzir o tamanho natural das partículas.

### 3.1 GRANULOMETRIA

A análise granulométrica das amostras foi realizada através de peneiramento via úmido (GUY, 1969). Para isso, cada amostra foi colocada em um béquer de 1000mL, adicionado 50mL de hidróxido de sódio (solução com 40g por L) e completado com água deionizada até 800mL por no mínimo 12 horas, com a finalidade de desagregar as partículas.

Em seguida, a amostra do béquer era despejada de forma fracionada na primeira peneira do conjunto, sendo agitada pelo agitador mecânico e adicionada água corrente para forçar as partículas

mais finas a passarem pelas malhas, ao mesmo tempo, não contendo o recipiente final, que retém a argila. O conjunto de peneiras metálicas foi composto por malhas com diâmetros de 4mm, 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,25mm, 0,125mm, 0,063mm e 0,045mm. Cada porção de material retido na peneira foi colocado em um béquer menor, levado até total secagem na estufa a 65°C e em seguida pesado. A classificação utilizada foi *American Geophysical Union* (LANE, 1947) com adaptação para os sedimentos finos em que o tamanho menor que 0,0625mm foi classificado como lama (argila e silte).

### 3.2 MATÉRIA ORGÂNICA

A análise de matéria orgânica se baseou no método de peróxido de hidrogênio que consiste na determinação da matéria orgânica por perda de massa (BORGES et al., 2013). A amostra foi separada com aproximadamente 30 g e colocada em um béquer de 1000mL e adicionado 50mL de peróxido de hidrogênio. A mistura foi feita com o auxílio de um bastão de vidro. De forma fracionada, água deionizada foi acrescentada ao béquer até completar 800mL. O béquer foi colocado sobre uma chapa aquecida a 95°C durante 5 dias. Todos os dias a amostra era mexida com o bastão de vidro até total evaporação do peróxido. Ao final do período a amostra foi levada a estufa a 65°C para secagem completa e em seguida, pesada.

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a aplicação dos testes estatísticos para comparar se as amostragens (montante e jusante) são significativamente diferentes verificou-se as condições para utilização de testes paramétrico (p. ex. *teste-t* de Student). Os cálculos foram realizados através do software Microsoft Excel 2010. A primeira condição para aplicação deste tipo de teste é que as duas amostras devem possuir distribuição normal (RUMSEY, 2014), ou seja, uma distribuição de probabilidade contínua e simétrica em ambos os lados da média, para isso utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk (1965). A segunda condição para aplicação é que as duas amostras possuam a mesma variância (RUMSEY, 2014), para isso utilizou-se o teste de Levene (1960).

Caso as condições para aplicação de teste paramétrico não forem atendidas, temos a aplicação do teste não-paramétrico de Mann-Whitney, aplicável quando não há homogeneidade

das variâncias. Com o teste de Mann-Whitney (Wilcoxon rank-sum test) é possível comparar dois grupos não pareados cujos critérios para aplicação do *teste-t* de Student não foram cumpridos. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para medir a relação estatística entre as variáveis contínuas de lama e matéria orgânica.

## 4 RESULTADOS

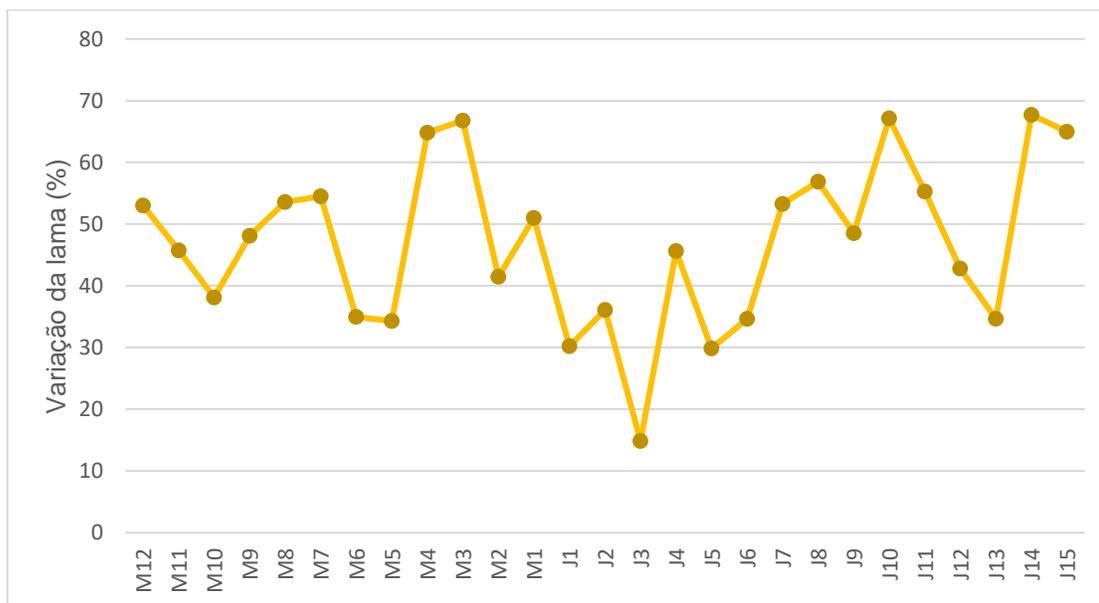
Os patamares avaliados no trecho final do córrego Mandacaru compõem parte dos ajustes fluviais de décadas de intensa urbanização do município de Maringá na bacia hidrográfica. Estas unidades de relevo do canal ocorrem predominantemente na margem direita, são alongadas, descontínuas com extensão de até >10 m e com largura <3m. A estrutura destas unidades varia entre patamares controlados pelo leito rochoso e com depósitos de até 1,5m de altura.

### 4.1 ANÁLISE ESPACIAL DA LAMA

A variação do conteúdo de lama dos patamares marginais a montante (M) e a jusante (J) do lançamento de efluentes no córrego Mandacaru é apresentada na Figura 4. A maior e menor concentração de lama em amostras a jusante do lançamento de efluentes (J14 e J3, respectivamente) foram de 67,73% e 14,88%, enquanto que a montante a maior e menor concentração (M3 e M5, respectivamente) variou entre 66,77% e 34,31%. A quantidade média e desvio padrão de lama dos patamares a jusante do lançamento de efluentes foram, respectivamente, de 47% e 13,13% e a montante estes parâmetros resultaram em 48,87% e 10,15%.

Os resultados dos testes de Shapiro-Wilk (1965) e Levene (1960) demonstraram, respectivamente, que as populações amostrais de lama a montante e a jusante do lançamento de efluentes são provenientes de uma distribuição normal e possuem variância homogênea. Com a aplicação do *teste-t* de Student obteve-se  $T_{\text{calc}}=0,63 < T_{\text{tab}}=2,06$  e, portanto, com 95% de confiança, possuímos evidências para aceitar a hipótese nula. Esse resultado indica que os patamares a montante e a jusante do lançamento de efluentes não possuem diferença significativa na quantidade média de lama.

**Figura 4 - Variação do conteúdo de lama das amostras**

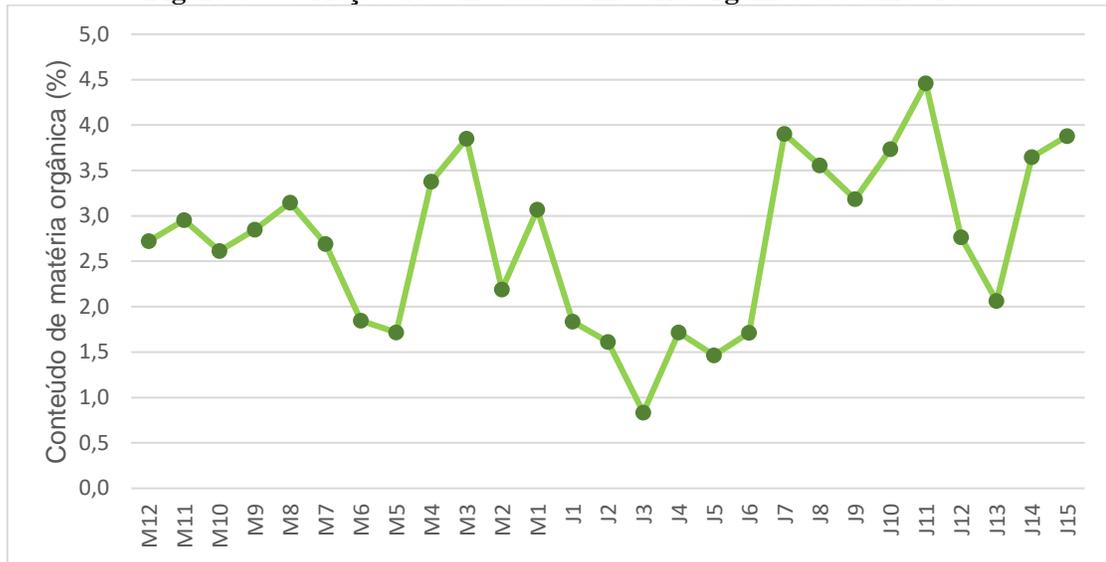


Elaboração dos autores.

#### 4.2 ANÁLISE ESPACIAL DA MATÉRIA ORGÂNICA

Na Figura 5 é possível analisar a variação do conteúdo de matéria orgânica dos patamares a montante (M) e a jusante (J) do lançamento de efluentes no córrego Mandacaru. A maior e menor concentração de matéria orgânica em amostras a jusante do lançamento de efluentes (J11 e J3, respectivamente) foram de 4,46% e 0,84%, enquanto a montante a maior e menor concentração de matéria orgânica (M3 e M5, respectivamente) variou entre 3,85% e 1,72%. A quantidade média e desvio padrão de matéria orgânica amostradas dos patamares a jusante foram, respectivamente, de 2,72% e 0,91% e a montante estes parâmetros resultaram em 2,75% e 1,10%.

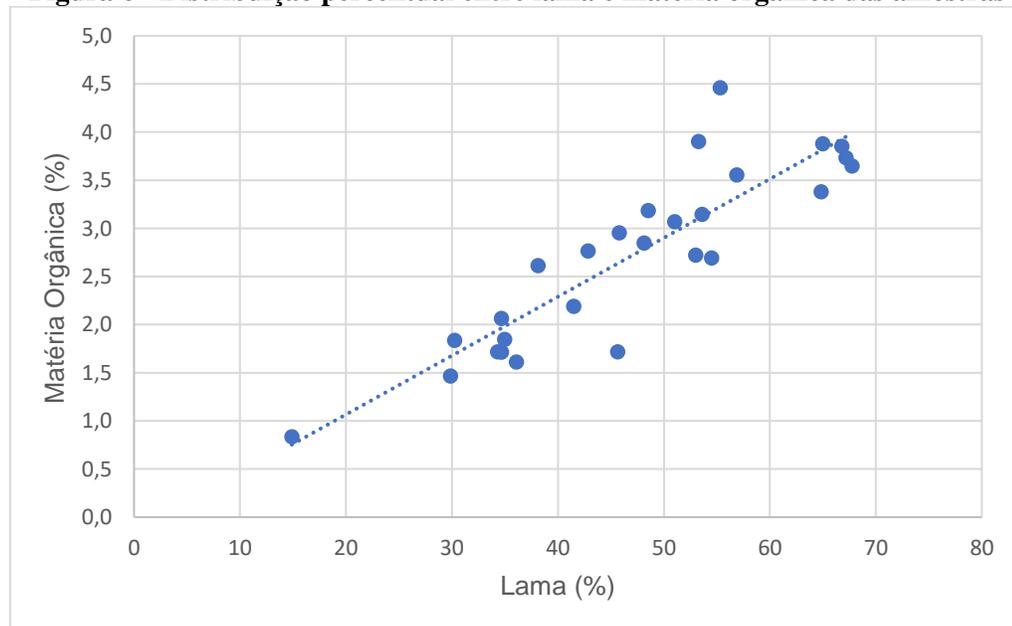
Os resultados dos testes (SHAPIRO WILK, 1965) demonstraram que as populações amostrais de concentração de matéria orgânica a montante e a jusante do lançamento de efluentes são provenientes de uma distribuição normal. No entanto, os testes de Levene (1960) demonstraram que as variâncias das populações amostrais não são homogêneas. A aplicação do teste não-paramétrico de Mann-Whitney (U) resultou em  $U_{cal}=87,5 > U_{tab}=49$  indicando que se aceitou a hipótese nula com 95% de confiança. Isso indicou que há evidências estatísticas que o percentual de matéria orgânica entre as amostras de montante e a jusante do lançamento de efluentes não possuem uma diferença significativa.

**Figura 5 - Variação do conteúdo de matéria orgânica das amostras**

Elaboração dos autores.

### 4.3 ANÁLISE DE RESÍDUOS DE MATÉRIA ORGÂNICA

A análise entre o percentual de lama e de matéria orgânica apresentou uma forte e positiva correlação de  $R=0,78$  (Figura 6).

**Figura 6 - Distribuição percentual entre lama e matéria orgânica das amostras**

Elaboração dos autores.

Com o propósito de aferir se há diferença significativa entre o percentual de matéria orgânica, sem interferência da variável lama, utilizou-se os resíduos da correlação para testar a variação espacial entre as amostras a jusante e montante do lançamento de efluentes. Os resultados dos testes de Shapiro-Wilk (1965) e Levene (1960) demonstraram, respectivamente, que as populações amostrais dos resíduos da correlação de lama e matéria orgânica a montante e a jusante do lançamento de efluentes são provenientes de uma distribuição normal e possuem variância homogênea. Com a aplicação do teste-t de Student obteve-se  $T_{\text{calc}} = -0,87 < T_{\text{tab}} = 2,06$  e, portanto, com 95% de confiança, possuímos evidências para aceitar a hipótese nula. Esse resultado indica que não há variação significativa da matéria orgânica, mesmo sem influência da variável lama, entre amostras dos patamares a jusante e a montante do lançamento de efluentes.

#### 4.4 ANÁLISE DA CARGA DE MATÉRIA ORGÂNICA

A análise da carga de matéria orgânica despejada diretamente pela tubulação apresentou concentração média de 0,1053 g/L. De acordo com os dados do Relatório de Esgotamento Sanitário Municipal de 2017, a vazão de efluentes no córrego Mandacaru é de 141,4 L/s, portanto, é despejado no canal fluvial aproximadamente 14,88 g/s de matéria orgânica.

### 5 DISCUSSÃO

A morfologia do córrego Mandacaru observada no trecho em estudo dos patamares está sujeita a efeitos acumulativos (DOWNS; PIÉGAY, 2019). Há o aumento da magnitude das vazões máximas, típico de bacias hidrográficas urbanas (MONTANHER, 2013) e possivelmente uma retificação (FLATLEY; RUTHERFURD; HARDIE, 2018) conforme sugerido pela atual forma em planta do canal. Esta última característica garantiu a prevalência da formação de patamares laterais (VIETZ; RUTHERFURD; STEWARDSON, 2004) no trecho final do córrego Mandacaru (Figura 7), em detrimento aos demais tipos de patamares (VIETZ; RUTHERFURD; STEWARDSON, 2004; CHANGXING; PETTS; GURNELL, 1999). Acrescenta-se ainda a formação de patamares rochosos (WOHL, 1992) neste trecho, próximo da foz com o ribeirão Maringá, em decorrência da potência e poder abrasivo do fluxo (Figura 8).

**Figura 7 - Patamares**

Fotografia: Autores, 2022.

**Figura 8 - Patamares Rochosos**

Fotografia: Autores, 2022.

A concentração de lama e matéria orgânica dos patamares do córrego Mandacaru, embora com registro de acentuada variabilidade, indicaram que a superfície da unidade de relevo é formada por uma expressiva concentração de sedimentos finos e coesivo (VIETZ RUTHERFURD; STEWARDSON, 2004) que contribuem para estabilidade destas unidades de relevo (DAVIS, 2010). A variação de matéria orgânica de 0,82-4,72% indica um intervalo relativamente similar deste parâmetro ao já reportado para patamares marginais e em pontais (CHANGXING; PETTS; GURNELL, 1999; STEIGER; GURNELL; PETTS, 2001). O limite de 5% de matéria orgânica é apontado para amostragens nas margens do canal fluvial (STEIGER; GURNELL; PETTS, 2001) e em distintas unidades da paisagem, como na cobertura pedológica em que os horizontes superficiais, geralmente, apresentam teores de matéria orgânica menores que 5% (LIMA; LIMA; MELO, 2007).

Os resultados da correlação das concentrações entre lama e matéria orgânica dos patamares evidenciaram que à medida que os teores de lama (silte e argila) aumentam, os valores da concentração de matéria orgânica também aumentaram, tanto para as amostragens a montante, quanto para as amostragens a jusante do despejo de efluentes. Similar ao identificado para amostragem em outros patamares (CHANGXING; PETTS; GURNELL, 1999; KOBIERSKI; BANACH-SZOTT, 2022), em planícies de inundação (STEIGER; GURNELL; PETTS, 2001) e em depósitos sedimentares (HOFFMANN; GLATZEL; DIKAU, 2009).

Os patamares avaliados não são unidades de relevo que estocam matéria orgânica com o lançamento de efluentes do esgoto doméstico. O despejo de efluentes, frequentemente é responsável por injetar grandes quantidades de matéria orgânica e poluentes nos cursos d'água (DIAS et al., 1999). Preliminarmente o monitoramento com 23 amostras em um período de dois

anos do efluente lançado no córrego Mandacaru apontou valores (até 380%) acima do permitido pela legislação para todos estes testes de Demanda Biológica de Oxigênio (MARINGÁ, 2017). Diante deste cenário é possível presumir que a dinâmica hidrológica do córrego Mandacaru, com vazões máximas caracterizadas pela elevada magnitude e curta duração em decorrência da intensa urbanização na bacia hidrográfica, não favorece a sedimentação da carga orgânica do despejo de efluentes nos patamares. Por tratarem-se de unidades de relevo do canal fluvial o retrabalhamento dos depósitos em fluxos de elevada magnitude, possivelmente, impede o estoque da carga orgânica. Entretanto, é plausível que ocorra concentração de matéria orgânica em outras unidades do relevo fluvial, como na planície de inundação, ou ainda que possa ocorrer o estoque em patamares após o exutório da bacia hidrográfica.

## 6 CONCLUSÕES

O estudo constatou que não há variação significativa de lama e matéria orgânica entre as amostragens a montante e a jusante do lançamento de efluentes nos depósitos sedimentares superficiais dos patamares no trecho estudado. A correlação da concentração de lama e matéria orgânica permitiu evidenciar que as taxas de matéria orgânica nos depósitos aumentam conforme a granulometria do patamar apresenta maiores concentrações de lama. A análise dos resíduos dessa correlação possibilitou aferir que, mesmo sem influência da lama, não há variação significativa de matéria orgânica entre as amostragens a montante e a jusante do lançamento de efluentes nos depósitos sedimentares dos patamares. Os patamares do baixo curso do córrego Mandacaru são unidades de relevo do canal fluvial sob intensa atuação morfodinâmica das frequentes vazões de elevada magnitude da área urbana. Essa dinâmica fluvial é imperativa sobre as características morfológicas e sedimentológicas identificada nos patamares. Deste modo, em decorrência da grande concentração de matéria orgânica despejada no canal, as investigações futuras são promissoras e necessárias para se compreender o papel desta, e de outras unidades de relevo, no estoque de matéria orgânica ao longo da bacia hidrográfica.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Evanilde Benedito e Otávio Montanher por críticas realizadas em uma versão preliminar deste manuscrito, a Kênia Beltramin pela ajuda no trabalho de campo e ao Vanderlei Grzegorzcyk pelas orientações durante as análises sedimentológicas.

## 8 REFERÊNCIAS

BORGES, P. H. C.; PASSOS, F. R.; PINTO, M. E. C.; ALMEIDA, W. L.; MENDES, F. Q.; CARVALHO, A. M. Peróxido de Hidrogênio na Determinação dos Teores de Carbono Orgânico do Solo – uma Alternativa Simples e de Menor Impacto Ambiental. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1-5, Nov. 2013.

CHANGXING, S.; PETTS, G.; GURNELL, A. Bench development along the regulated, lower river dee, UK. **Earth Surface Processes Landforms**, 24, p.135-149, 1999.

COELHO, A. R. **Dinâmica fluvial e qualidade da água da bacia de drenagem do ribeirão Maringá: contribuição para o planejamento e gestão ambiental**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

DAVIS, L.; ROYALL, D.; KIMBROW, D. R. In-Channel benches in Small Watersheds Examples from the Southern Piedmont. **Southeastern Geographer**, v. 50, n. 4, p 445-467, 2010.

DIAS, M. C. O.; PEREIRA, M.; DIAS, P.; VIRGILÍO, J. **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1999. 297p.

DOWNS, P. W.; PIÉGAY, H. Catchment-scale cumulative impact of human activities on river channels in the late Anthropocene: implications, limitations, prospect. **Geomorphology**, 338 (online), p. 88-104, 2019.

FLATLEY, A.; RUTHERFURD, I. A.; HARDIE, R. **River Channel Relocation: Problems and Prospects**. *Water* 2018, 10, 1360. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10101360>. Acesso em: 06 dez. 2022.

GUY, H. P. **Laboratory theory and methods for sediment analysis**. Book 5. Chapter C1. USGS. Washington, DC. 1969.

- HANEY, N. R.; DAVIS, L. Potential controls of alluvial Bench deposition and erosion in Southern Piedmont streams, Alavama (USA). **Geomorphology**, 241 (online), p. 292-303, 2015.
- HOFFMANN, T.; GLATZEL, S.; DIKAU, R. A carbon storage perspective on alluvial sediment storage in the Rhine catchment. **Geomorphology**, v. 108, n. 1, p. 127-137, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Normais Climatológicas (1961/1990)**. Brasília - DF, 1992.
- KNAPIK, H.G. **Organic Matter Characterization and Modeling in Polluted Rivers for Water Quality Planning and Management**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - PPGERHA, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- KOBIERSKI, M.; BANACH-SZOTT, M. Organic Matter in Riverbank Sediments and Fluvisols from the Flood Zones of Lower Vistula River. **Agronomy**, 2022, 12, 536.
- LANE, E. W. Report of the Subcommittee on Sediment Terminology. **Transactions, American Geophysical Union**, Washington, DC, v. 28, n..6, p. 936-938, 1947.
- LEVENE, H. **In Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling**, I. Olkin et al. Eds., Stanford University Press, p. 278-292, 1960.
- LIMA, V. C.; LIMA, M, R.; MELO, V, F.; **O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio**. Universidade Federal do Paraná. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Curitiba, 2007.
- LINNINGER, K. B.; POLVI, L.E. Evaluating floodplain organic carbon across a gradient of human alteration in the boreal zone. **Geomorphology (Online)**, v. 370, p.1-13, 2020.
- MANN, H. B., WHITNEY, D. R. On a test whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **The Annals of Mathematical Statistics**, p. 18, 50–60, 1947.
- MARINGÁ, Prefeitura de. Ministério das Cidades. **Relatório de Esgotamento Sanitário Municipal**. Maringá, 2017.

MINAKI, C.; MONTANHER, O. C. Influência do El Niño-Oscilação Sul na precipitação em Maringá-PR, no período de 1980 a 2016. **Caminhos da Geografia**, UFU, v. 20, p. 266-281, 2019.

MONTANHER, O. C. Ciclos de erosão e sedimentação em bacias hidrográficas urbanas no noroeste paranaense e suas implicações no ajuste de sistemas fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, p. 319-325, 2013.

MORAIS, E. S. de; MONTANHER, O. C. Ajustamento fluvial à agropecuária, urbanização e reservatório e análise cientométrica do impacto dessas atividades nos rios brasileiros. **União da Geomorfologia Brasileira**, p. 2-26, 2021.

PHILIPPI JÚNIOR., A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Manole, 2005. 850 p.

RIGON, B. T. C.; **Avaliação têmporo-espaical do processo erosivo marginal dos córregos Mandacarú e da Romeira – Maringá-PR**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, p. 83. 2010.

RUMSEY, D. **Estatística II Para Leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2014.

SALA, M. G.; **Indicadores de fragilidade ambiental na bacia do ribeirão Maringá-PR**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. da; SILVA, J. M. F. da; ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples), **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SHELDON, F.; THOMS, M. C. In-channel geomorphic complexity: The key to the dynamics of organic matter in large dryland rivers? **Geomorphology** 77 (online), p. 270–285, 2006.

SIEFERT, C. A.; SANTOS, I. Dinâmica do carbono orgânico e processos hidrológicos na escala da bacia hidrográfica: uma revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.19, n.1, p. 3-16, jan-mar 2018.

SORRIBAS, M. V.; COLLISCHONN, W.; MARQUES, D. M.; FRAGOSO JR, C. R.; CASTRO, N. M. R.; SOUZA, R. S. Modelagem Distribuída do Carbono em Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, p. 225-240, 2012.

STEIGER, J.; GURNELL, A. M.; PETTS G. E. Sediment deposition along the channel margins of a reach of the Middle river Severn, UK. **Regulated Rivers: Research & Management**, 17, p. 443-460, 2001.

TRANVIK, L. J.; DOWNING, J. A.; COTNER, J. B.; LOISELLE, S. A.; STRIEGL, P. L.; BALLATORE, T. J.; DILLON, P.; FINLAY, K.; FORTINO, K.; KNOLL, L. B.; KUTSER, P. L. K. T.; LARSEN, S.; LAURION, I.; LEECH, D. M.; MCCALLISTER, S. L.; MCKNIGHT, D. M.; MELACK, J. M.; OVERHOLT, E.; PORTER, J. A.; PRAIRIE, Y.; RENWICK, W. H.; ROLAND, F.; SHERMAN, B. S.; SCHINDLER, D. W.; SOBECK, S.; TREMBLAY, A.; VANNI, M. J.; VERSCHOOR, A. M.; WACHENVELT, E. von; WHEYHENMEYER, G. A. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. **Limnology of Oceanography**, v. 54, n. 6, p. 2298-2314, 2009.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, 22, p. 49-66. 1997.

VIETZ, G.; RUTHERFURD, I. D.; STEWARDSON, M. J. Not all benches are created equal: Proposing and field testing na in-channel river bench classification. **Australian Stream Management Conference**. Department of Primary Industries, Water and Environment, Launceston, Tasmania, p. 629–635, 2004.

WOHL, E. E. Bedrock Benches and Boulder Bars: Floods in the Burdekin Gorge of Australia. **Geological Society of America Bulletin**, v. 104, p. 770-77, 1992.

*Data de recebimento: 12 de setembro de 2022.*

*Data de aceite: 13 de janeiro de 2023.*