

Análise dos aspectos físicos e sanitários do Córrego do Tanquinho no município de Ribeirão Preto/SP

Analysis of physical and sanitary aspects of Tanquinho stream in Ribeirão Preto city /SP

Análisis de los aspectos físicos y de salud del Tanquinho stream em la ciudad de Ribeirão Preto/SP

Danilo Rezende

Mestrando PPGEU, UFSCar, Brasil
danilroezende.ecivil@gmail.com

Katia Sakihama Ventura

Professora Doutora PPGEU / DECiv, UFSCar, Brasil
katiaventura@yahoo.com

Denise Balestrero Menezes

Professora Doutora PPGEU / DECiv, UFSCar, Brasil.
denisebm@ufscar.br

**RESUMO**

A expansão acelerada e desordenada causa diversos prejuízos ambientais e sanitários à população urbana. A poluição dos cursos d'água afeta tanto o ecossistema local quanto à qualidade dos corpos hídricos. O objeto de estudo é o córrego do Tanquinho, localizado em área industrializada do município de Ribeirão Preto, interior do estado de São Paulo. Para isto, foi elaborado o indicador qualidade física e sanitária (I_{QFS}) para mensuração dos destes aspectos em cinco pontos ao longo do córrego do Tanquinho. Este indicador foi composto por parâmetros que avaliam as condições físicas (erosão, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo) e ambientais (resíduos sólidos). No trecho analisado, o I_{QFS} foi médio (55.4), o que apontou a necessidade de investimentos em ações socioeducativas e em instrumento de controle ambiental, especialmente nas zonas industriais, as quais estão mais suscetíveis às irregularidades da poluição ambiental que em zonas residenciais.

PALAVRAS-CHAVE: Córrego, Indicador, Aspectos Físicos, Condição Sanitária

RESUMO

Accelerated and disorderly expansion causes several environmental and sanitary damages to the urban population. Watercourse pollution affects both the local ecosystem and the quality of rivers. The object of study is the Tanquinho stream, located in an industrialized area of Ribeirão Preto city, interior of the state of São Paulo. For this, the indicator physical and sanitary quality was elaborated (I_{QFS}) to measure these aspects at five points along the Tanquinho stream. This indicator was composed by parameters that evaluate the physical conditions (erosion, vegetation cover, land use and occupation) and environmental (solid waste). In the part of analyzed river, the I_{QFS} was low (55.4), pointed investments in socio-educational actions and environmental control instruments are necessary, especially in industrial areas, which are more susceptible to environmental pollution irregularities than in residential areas.

PALAVRAS-CHAVE: River, Indicator, Physical Aspects, Sanitary Condition

RESUMO

La expansión rápida y desordenada causa varios daños ambientales y sanitarios a la población urbana. La contaminación del curso de agua afecta tanto al ecosistema local como a la calidad de los cuerpos de agua. El objeto de estudio es el arroyo Tanquinho, ubicado en un área extremadamente industrializada de la ciudad de Ribeirão Preto, interior del estado de São Paulo. Para esto, se elaboró el indicador de calidad física y sanitaria (I_{QFS}) para medir los aspectos físicos y sanitarios en cinco puntos a lo largo de la corriente de Tanquinho. Este indicador consistió en parámetros que evalúan las condiciones físicas (erosión, cubierta vegetal, uso de la tierra y uso de la tierra) y ambientales (desechos sólidos). En la porción analizada, el I_{QFS} fue bajo (55.4), indicando la necesidad de inversiones en acciones socioeducativas e instrumentos de control ambiental, especialmente en áreas industriales, que son más susceptibles a las irregularidades de la contaminación ambiental que en las áreas residenciales.

PALAVRAS-CHAVE: Río, Indicador, Aspectos físicos, Condición sanitaria

INTRODUÇÃO

No Brasil, a partir de 1980, surgiram os primeiros estudos sobre a mensuração da vulnerabilidade geotécnica dos solos nacionais. Áreas urbanas brasileiras sofrem frequentes problemas geotécnicos decorrentes de processos erosivos e deslocamentos de massas de solos em locais ocupados por construções (PAVANIN et. al., 2017).

Os sistemas fluviais estão sujeitos à erosão hídrica, que consiste em um processo natural e de essencial importância. Contudo, quando agravada pelas alterações antrópicas, a erosão de origem hídrica é a principal causadora de degradação física, química e biológica do solo. As frequentes modificações da superfície nas bacias hidrográficas têm degradado o solo, pelo seu uso e ocupação de forma irregular, que associados ao regime hidrológico e ao depósito de sedimentos ocorridos nelas, o que por sua vez pode acelerar o processo erosivo (PEREIRA et. al., 2015).

Cabe destacar que a degradação de nascentes de rios que abastecem as zonas rurais e urbanas englobam assuntos das áreas de geologia, geomorfologia, hidrologia, solos e vegetação. A crescente escassez no suprimento de água de qualidade e quantidade satisfatórias, demanda dos planejadores sociais a busca por estratégias, principalmente na gestão dos usos da água para o consumo humano, a fim de não se acarretar problemas de disponibilidade para as futuras gerações (BONFIM et. al., 2015).

As erosões são indicadores de estágios avançados de degradação que, em muitos casos, podem acarretar à inviabilização de processos futuros de recuperação. Em regiões onde são constatadas erosões, observa-se a perda significativa da capacidade produtiva dos solos, devido à remoção dos horizontes superficiais que inviabilizam a estabilização e o desenvolvimento de plantas (VIEIRA, 2006).

Neste âmbito, a presente pesquisa foi desenvolvida no município de Ribeirão Preto, localizado no interior paulista, com população estimada em 703.293 habitantes (IBGE, 2019). Este município está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) – 04 (Bacia do rio Pardo). O Estado de São Paulo está organizado em 22 bacias hidrográficas denominadas UGRHIs, cuja classificação foi definida pela Lei Estadual 9433, de 8 de janeiro de 1997, que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

De acordo com CBH-Pardo (2017), a bacia abrange as sedes de 23 municípios; agrega os tributários das margens direita e esquerda do rio Pardo (cabeceiras), possuindo uma área de drenagem da ordem de 8.993 km². Os principais rios da UGRHI-04 são o Pardo, Canoas, Fartura, Verde e Tambaú.

1.1 Fatores Relevantes à Manutenção dos Corpos Hídricos

A **preservação de vegetação ciliar** ao longo dos rios e nascentes garante melhor qualidade da água, possibilita o alcance de um desenvolvimento mais sustentado e equilibrado de modo a

garantir um menor impacto do uso e ocupação da bacia (SOUZA et. al., 2016). Deste modo, garante-se melhor qualidade da água em meio natural, como também serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta dos resíduos sólidos e manejo da drenagem urbana.

O desmatamento e a consequente ausência de mata ciliar são exemplos que comprometem a manutenção da bacia hidrográfica, pois impossibilita a recuperação natural dos córregos, facilita enchentes e sem a barreira natural formada pela mata ciliar, agravam-se os riscos de transmissão de doenças oriundas de efluentes para a população (PAIVA, 2015).

Em uma bacia hidrográfica, no que diz respeito aos córregos, a Lei Federal 12.651/2012 prescreve que as Áreas de Preservação Permanente (APP) devem ser mantidas pelos proprietários da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado. Essas áreas são delimitadas pelas faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros. As faixas definidas apresentam-se na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de preservação da vegetação

Largura do rio (m)	Distância até a borda do leito regular do rio (m) ¹⁰
Até 10	30
10- 50	50
50-200	100
200-600	200
> 600	500

Fonte: BRASIL, 2012.

As APP's têm função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). Assim, torna evidente que o ecossistema florestal garante a vida aquática e a presença das espécies faunísticas na bacia hidrográfica.

Além destes, **o uso e ocupação do solo** é outro fator que influencia diretamente na qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, seja por questões da aceleração da urbanização, ou por supressão de vegetação, ou ainda, uso agrícola. A qualidade dos cursos d'água e o equilíbrio do ecossistema são afetados pelo aporte de carga orgânica, nutrientes, contaminantes metálicos e o arraste de sedimentos (CORNELLI et. al., 2016).

Ferreira et. al. (2015) observaram que a presença de animais nas proximidades das margens dos mananciais superficiais pode causar problemas de erosões no solo por eles o adensarem pelo pisoteio, o que compromete a percolação da água nos sulcos e poros presentes no solo, favorecendo a ocorrência de erosões na área.

A forma como o ser humano se apropria e usufrui das condições do solo interfere diretamente na qualidade dos recursos hídricos. A perda desta qualidade está relacionada à falta de planejamento e gestão das bacias hidrográficas. A materialização dos prejuízos ocorre no uso

indiscriminado dos recursos hídricos, na supressão de cobertura vegetal na região das nascentes e na poluição dos ecossistemas aquáticos (SOUZA, 2016).

Neste sentido, é fundamental que o município possua instrumentos legais e faça cumprir os mecanismos de vigilância e fiscalização ambiental para garantir uso apropriado do solo. Observa-se que o solo compactado, a presença de animais e falta de cobertura vegetal potencializam a perda da qualidade hídrica, especialmente para preservação ambiental e abastecimento de água para consumo humano.

Segundo Fardin et. al. (2018), a **instalação irregular de moradias** nas margens dos córregos ocasiona a impermeabilização do solo, a redução da infiltração da água das chuvas e o aumento do escoamento superficial das águas urbanas e, conseqüentemente, elevam os riscos à população durante os períodos chuvosos. Na maioria das vezes, essas ocupações são desprovidas de coleta regular de resíduos sólidos, há falta de infraestrutura para rede coletora de esgoto sanitário e há carência de sistema de drenagem de águas pluviais.

O **descarte irregular de resíduos sólidos** céu aberto e às margens dos rios propicia a proliferação de vetores e doenças ao ser humano (FADIN et.al., 2018). Este cenário favorece a contaminação do solo em larga escala, podendo atingir toda bacia hidrográfica (PAIVA ET. AL., 2015).

É notório o impacto ambiental, econômico e social provocado pelo depósito clandestino de resíduos sólidos. Isto desvaloriza o terreno, aumento a incidência de novos descartes e prejudica as áreas menos favorecidas por infraestrutura urbana.

1.2 Uso de Indicadores e suas Aplicações em Cursos d'Água

Os indicadores representam uma alternativa, entre outras, para avaliar e mensurar o aspecto ou atributo desejado, podendo atribuir a eles critérios sociais, econômicos, políticos, culturais, de qualidade para melhor observação e associação de fatores (VENTURA, 2009). Os indicadores auxiliam na implantação de medidas preventivas para melhoria de resultados e redução de impactos negativos.

Crescentes iniciativas internacionais adotam indicadores e índices compostos para mensurar o desempenho das cidades, compará-las e fundamentar discussões de políticas urbanas. Com o monitoramento por indicadores, a Administração Pública pode planejar ações efetivas para avaliar os resultados e orientar melhor as políticas públicas (NIRAZAWA e OLIVEIRA, 2018).

Silva et. al. (2017) estudaram o uso e ocupação do solo na sub-bacia córrego dos Bois, no município de Oliveira, em Minas Gerais. O uso de técnicas de processamento de imagens permitiu identificar diferentes tipos de uso do solo (agricultura, pastagem, vegetação nativa, água), quantificação e classificação do uso e da cobertura do solo nas APPs (percentual e área de florestas, pastagem, várzea, rodovia, solo exposto) e ainda o percentual de ocupação da APP. Foram elaborados os respectivos indicadores para avaliação da ocupação de sub-bacia.

Bonfim et. al. (2015) desenvolveram um quadro de indicadores para determinação do nível de sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame, no estado

da Paraíba. Os autores trabalharam com indicadores sociais, econômicos, ambientais e institucionais. Com o cálculo dos indicadores, compararam as áreas e destacaram aquelas com melhor desempenho.

Pereira et. al. (2018) elaboraram uma ferramenta para avaliação preliminar da integridade ambiental de fundos de vale, a fim de contribuir com os gestores da administração pública no processo de diagnóstico e tomada de decisões em casos de intervenção nestas áreas. Foram propostos indicadores para avaliação da situação ambiental dos córregos Mandacaru e Betty, localizados em Maringá no estado do Paraná. Assim, os pesquisadores utilizaram os indicadores para avaliar a condição ambiental de fundos de vale localizados em cidades de médio porte, com urbanização e infraestrutura já consolidadas.

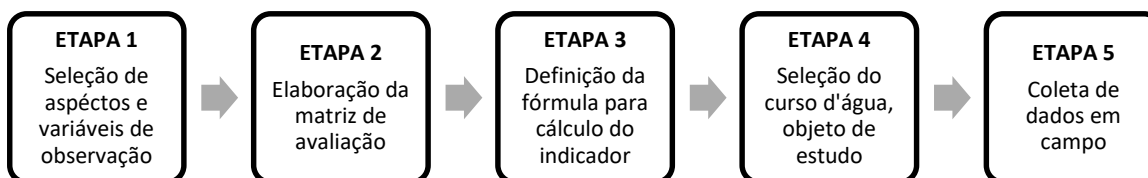
2 OBJETIVO

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a qualidade física e as condições sanitárias do córrego do Tanquinho no município de Ribeirão Preto - SP com o Indicador de Qualidade Física e Sanitária (IQFS), elaborado pelos presentes autores.

3 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa foi organizada em 5 (cinco) etapas, conforme Figura 1.

Figura 1: Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Presentes Autores, 2019.

3.1 Seleção de Aspectos e Variáveis de Observação

Com a pesquisa bibliográfica, foi delimitada a coleta de dados em campo, cujas observações visuais permitiram selecionar aspectos e variáveis relacionados no Quadro 1.

Quadro 1: Seleção dos aspectos e variáveis

Aspecto	Variável
Solo	- Erosão - Estabilidade do talude
Vegetação	- Mata ciliar - Vegetação no entorno (não considerado o talude)
Uso e ocupação do solo	- Moradia irregular - Agricultura ou Pastagem
Resíduos sólidos	- Resíduos domiciliares ou comerciais - Resíduos de construção ou demolição

Fonte: Presentes Autores, 2019.

3.2 Elaboração da Matriz de Avaliação

O Quadro 2 apresenta a matriz de avaliação elaborada para inserir a pontuação observada em campo aos indicadores de solo (I_{sl}), vegetação (I_{veg}), uso e ocupação do solo (I_{uo}) e resíduos sólidos (I_{rs}).

O Quadro 3 apresenta os critérios de pontuação, definidos pelos autores, para a análise visual realizada *in loco*.

Quadro 2: Exemplo de Matriz de Avaliação (a ser preenchida)

Trecho do Córrego	Indicador	Critérios		Resultado
		C1	C2	(C1 + C2)
	Solo - I_{sl}			
	Vegetação - I_{veg}			
	Uso e ocupação do solo - I_{uo}			
	Resíduos sólidos - I_{rs}			

Fonte: Presentes Autores, 2019.

Quadro 3: Critérios de pontuação (quanto mais elevado, melhor é o indicador)

Aspecto	Variável	Critério	Condição	Pontuação
Solo	Erosão	C1	Não erodido	50
			Parcialmente erodido	25
			Totalmente erodido	0
	Estabilidade do talude	C2	Estrutura de proteção ou vegetação total no talude	50
			Estrutura de proteção ou vegetação parcial no talude	25
			Pouca ou nenhuma vegetação no talude	0
Vegetação	Mata ciliar	C1	Existente	60
			Parcialmente existente	30
			Não existente	0
	Vegetação do entorno (não considerado o talude)	C2	Existente	40
			Parcialmente existente	20
			Não existente	5
Uso e ocupação do solo	Moradia irregular na margem do córrego	C1	Não existente	60
			Poucas moradias	15
			Muitas moradias	0
	Agricultura ou pastagem	C2	Não existente	40
			Agricultura ou pastagem existente	20
			Agricultura e pastagem existente	0
Resíduos sólidos	Resíduos domiciliares ou comerciais	C1	Não existente	60
			Pequena quantidade	15
			Grande quantidade	0
	Resíduos de construção civil	C2	Não existente	40
			Pequena quantidade	20
			Grande quantidade	0

Fonte: Presentes Autores, 2019.

3.3 Definição da Equação do Indicador de Qualidade Física e Sanitária do Córrego (I_{QF})

A equação proposta para o cálculo para o I_{QFS} está apresentada na Equação 1.

$$I_{QFS} = (0,1 \cdot I_{SI} + 0,2 \cdot I_{veg} + 0,5 \cdot I_{uo} + 0,2 \cdot I_{rs}) \quad (\text{Eq. 1})$$

O peso de cada indicador (Quadro 2) foi atribuído segundo a importância de cada aspecto na qualidade física e sanitária do córrego. Os resultados variam de 0 a 100.

O I_{QF} geral foi calculado pela média dos pontos analisados, segundo a Equação 2.

$$I_{QFS,Final} = \Sigma I_{QFS,i} / n \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

$I_{QFS,Final}$ = indicador final de qualidade física e sanitária do córrego;

$\Sigma I_{QFS,i}$ = somatório dos indicadores de cada ponto (i) analisado; e

n = número de pontos analisados.

A avaliação da qualidade física e sanitária foi estabelecida conforme Quadro 4.

Quadro 4: Relação I_{QFS} e Grau de Qualidade

Valor do I _{QFS}	Grau de Qualidade
$0 \leq I_{QFS} \leq 20$	Insatisfatória
$20 < I_{QFS} \leq 50$	Baixa
$50 < I_{QFS} \leq 80$	Média
$80 < I_{QFS} \leq 100$	Alta

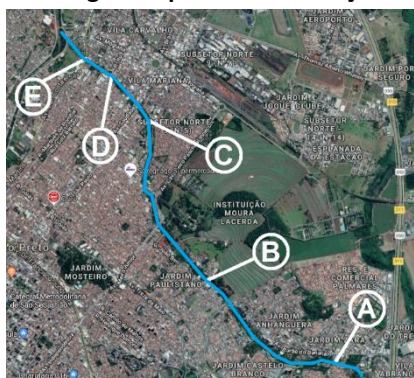
Fonte: Presentes Autores, 2019.

3.4 Seleção do Curso d'Água

O córrego selecionado para aplicação do método foi o Tanquinho, um afluente do Ribeirão Preto, cuja nascente está localizada na região do Parque Industrial Lagoinha deste Município. O córrego percorre os bairros Jardim Zara, Jardim Castelo Branco, Jardim Anhanguera, Parque Dos Bandeirantes, Jardim Cadacaam, Jardim Paulistano, Vila Mariana, Campos Elíseos e Parque Industrial Tanquinho, até desaguar no Ribeirão Preto, na Av. Eduardo Andréia Matarazzo.

A Figura 2 apresenta a localização dos pontos de análise e o traçado do córrego.

Figura 2: Traçado do córrego Tanquinho e localização dos pontos de análise



Legenda:  Traçado do córrego Tanquinho

Fonte: Presentes Autores, 2019.

O critério de seleção deste rio se deve à diversidade na ocupação do solo (residências, comércio, indústrias e ocupações irregulares) na bacia. Os pontos de coleta de dados foram determinados em função de serem de fácil acesso e, deste modo, mais vulneráveis à ação antrópica.

Vale ressaltar que este córrego foi objeto de estudo de Grieco et. al. (2017). Os autores diagnosticaram as condições físico-químicas e microbiológicas do córrego do Tanquinho. Na pesquisa foram coletadas amostras de água em 5 pontos e períodos distintos. Os parâmetros avaliados e de maior destaque foram: oxigênio dissolvido (OD); concentrações de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E.coli*); metais e pH. Os autores observaram que o corpo d'água recebe

cargas poluidoras que afetam sua qualidade; e recomendaram que fossem realizados outros estudos para se esclarecerem melhor a origem das cargas poluidoras que afetam o córrego.

4 RESULTADOS

Os indicadores de qualidade física e condições sanitárias foram calculados, separadamente, para cada ponto analisado. Ao final, aplicou-se a equação 2 para obtenção do indicador geral do Córrego Tanquinho. O Quadro 2 foi adotado para identificar a ocorrência dos impactos.

4.1 Indicador de Qualidade Física e Sanitária do Ponto A

O Ponto A está localizado no final da rua Antônio Frigo; no entorno, verifica-se a presença predominante de residências (médio padrão).

Os aspectos constatados foram erosões parciais nas margens do córrego; vegetação parcial no talude; mata ciliar parcialmente existente; vegetação no entorno existente; moradia irregular na margem do córrego não existente; agricultura ou pastagem não existente; resíduos domiciliares ou comerciais não existentes; resíduos de construção civil em pequena quantidade. As Figuras 3a e 3b apresentam a vista superior da área e a observação *in loco*. Os resultados dos indicadores estão no Quadro 5.

Figura 3: Ponto A: (a) Vista superior - ponto A; (b) Visita *in loco* ao ponto A



Fonte: (a) Adaptado de GOOGLE MAPS, 2019 e, (b) Presentes Autores, 2019.

Quadro 5: Aplicação da matriz de avaliação para o Ponto A

Trecho do Córrego	Indicador	Critérios		Resultado (C1 + C2)
		C1	C2	
A	Solo - I _{sl}	25	25	50
	Vegetação - I _{veg}	25	25	50
	Uso e ocupação do solo - I _{uo}	25	50	75
	Resíduos sólidos - I _{rs}	50	25	75

Fonte: Presentes Autores, 2019.

Cálculo do $I_{QFS,A}$:

$$I_{QFS,A} = (0,1 \cdot 50 + 0,2 \cdot 50 + 0,5 \cdot 75 + 0,2 \cdot 75) \Rightarrow I_{QFS,A} = 67,5$$

O Ponto A apresenta **média** qualidade física e condição sanitária.

4.2 Indicador de Qualidade Física e Sanitária do Ponto B

O Ponto B está localizado na rua José Mancuso. No entorno, há a presença predominante de indústrias, comércio e um pequeno número de residências (médio padrão).

Foram constatados os seguintes aspectos: erosões parciais nas margens do córrego; vegetação parcial no talude; mata ciliar existente; vegetação no entorno parcialmente existente; poucas moradias irregulares na margem do córrego; agricultura ou pastagem não existente; resíduos domiciliares ou comerciais em pequena quantidade; resíduos de construção civil não existente. As Figuras 4a e 4b apresentam a vista superior da área e a visita *in loco*, respectivamente; os resultados dos indicadores estão no Quadro 6, os quais são utilizados para o cálculo do I_{QFS} .

Figura 4: Ponto B: (a) Vista superior - ponto B; (b) Visita *in loco* ao ponto B



Fonte: (a) adaptado de GOOGLE MAPS, 2019; (b) Presentes Autores, 2019.

Quadro 6: Aplicação da matriz de avaliação para o Ponto B

Trecho do Córrego	Indicador	Critérios		Resultado
		C1	C2	(C1 + C2)
B	Solo - I_{sl}	25	25	50
	Vegetação - I_{veg}	25	25	50
	Uso e ocupação do solo - I_{uo}	25	25	50
	Resíduos sólidos - I_{rs}	25	25	50

Fonte: Presentes Autores, 2019.

Cálculo do $I_{QFS,B}$:

$$I_{QFS,B} = (0,1 \cdot 50 + 0,2 \cdot 50 + 0,5 \cdot 50 + 0,2 \cdot 50) \Rightarrow I_{QFS,B} = 50,0$$

O Ponto B apresenta **baixa** qualidade física e sanitária.

4.3 Indicador de Qualidade Física e Sanitária do Ponto C

O Ponto C está localizado nas proximidades da rua Onze de Agosto. No entorno, verifica-se a presença predominante de residências (médio padrão) e pequena quantidade de comércio. Foram constatados os seguintes aspectos: solo não erodido; vegetação parcialmente no talude; mata ciliar relativamente existente; vegetação no entorno parcialmente existente; moradia irregular na margem do córrego não existente; pastagem existente; resíduos domiciliares ou comerciais não existentes; resíduos de construção civil não existente. As Figuras 5a e 5b ilustram a imagem superior da área e os aspectos visual do local. Os resultados estão apresentados no Quadro 7.

Figura 5: Ponto C: (a) Vista superior - ponto C; (b) Visita *in loco* ao ponto C



Fonte: (a) Adaptado de GOOGLE MAPS, 2019; (b) Presentes Autores, 2019.

Quadro 7: Aplicação da matriz de avaliação para o Ponto C

Trecho do Córrego	Indicador	Critérios		Resultado
		C1	C2	(C1 + C2)
C	Solo - I _{sl}	50	50	100
	Vegetação - I _{veg}	50	25	75
	Uso e ocupação do solo - I _{uo}	50	25	75
	Resíduos sólidos - I _{rs}	50	25	75

Fonte: Presentes Autores, 2019.

Cálculo do I_{QFS,C}:

$$I_{QFS,C} = (0,1 \cdot 100 + 0,2 \cdot 75 + 0,5 \cdot 75 + 0,2 \cdot 100) \Rightarrow I_{QFS,C} = 82,5$$

O Ponto C apresenta **alta** qualidade física e sanitária.

4.4 Indicador de Qualidade Física e Sanitária do Ponto D

O Ponto D está localizado na rua Luiz Barreto. No entorno, verifica-se a presença residências (baixo padrão), indústrias e comércio. Foram constatados os seguintes aspectos: solo parcialmente erodido; estrutura de proteção parcial no talude; mata ciliar existente; vegetação no entorno parcialmente existente; muitas moradias irregulares na margem do córrego;

agricultura existente; resíduos domiciliares ou comerciais em pequena quantidade; resíduos de construção e demolição não existente.

As Figuras 6a e 6b apresentam a vista superior da área e a visita *in loco*. Os resultados estão no Quadro 8.

Figura 6: Ponto D: (a) Vista superior - ponto D; (b) Visita *in loco* ao ponto D



Fonte: (a) adaptado de GOOGLE MAPS, 2019; (b) Presentes Autores, 2019.

Quadro 8: Aplicação da matriz de avaliação para o Ponto D

Trecho do Córrego	Indicador	Critérios		Resultado
		C1	C2	(C1 + C2)
D	Solo - I _{sl}	25	25	50
	Vegetação - I _{veg}	50	25	75
	Uso e ocupação do solo - I _{uo}	0	25	25
	Resíduos sólidos - I _{rs}	25	25	50

Fonte: Presentes Autores, 2019.

Cálculo do I_{QFS,D}:

$$I_{QFS,D} = (0,1 \cdot 50 + 0,2 \cdot 75 + 0,5 \cdot 25 + 0,2 \cdot 50) \Rightarrow I_{QFS,D} = 42,0$$

O ponto D apresenta **baixa** qualidade física e sanitária.

4.5 Indicador de Qualidade Física e Sanitária do Ponto E

O Ponto E está localizado na Av. Marechal Costa e Silva. No entorno, verifica-se a presença residências (baixo padrão), indústrias e comércio. Foram constatados: solo totalmente erodido; pouca ou nenhuma vegetação no talude; mata ciliar existente; vegetação no entorno parcialmente existente; poucas moradias irregulares na margem do córrego; agricultura ou pastagem não existente; resíduos domiciliares ou comerciais em grande quantidade; resíduos de construção e civil em grande quantidade.

As Figuras 7a e 7b ilustram a vista superior da área e a visita *in loco*. Os resultados estão no Quadro 9.

Figura 7: Ponto E: (a) Vista superior – ponto E; (b) Visita *in loco* ao ponto E



Fonte: (a) adaptado GOOGLE MAPS, 2019; (b) Presente Autores, 2019.

Quadro 9: Aplicação da matriz de avaliação para o Ponto E

Trecho do Córrego	Indicador	Critérios		Resultado
		C1	C2	(C1 + C2)
E	Solo – I _{sl}	0	0	0
	Vegetação - I _{veg}	25	25	50
	Uso e ocupação do solo – I _{uo}	25	25	50
	Resíduos sólidos - I _{rs}	0	0	0

Fonte: Presentes Autores, 2019.

Cálculo do I_{QFS,E}:

$$I_{QFS,E} = (0,1 \cdot 0 + 0,2 \cdot 50 + 0,5 \cdot 50 + 0,2 \cdot 0)$$



$$I_{QFS,E} = 35,0$$

O ponto E apresenta **baixa** qualidade física e sanitária.

4.6 Indicador de Qualidade Física e Sanitária Geral do Córrego Tanquinho

Para o cálculo do indicador de qualidade física e sanitária geral do córrego Tanquinho utilizou-se a Eq. 2:

$$I_{QFS,Final} = (67,5 + 50,0 + 82,5 + 42,0 + 35,0) / 5$$



$$I_{QFS,Final} = 55,4$$

O córrego do Tanquinho apresenta **média** qualidade física e sanitária com tendência baixa.

4.7 Análise dos Resultados

No aspecto “solo”, com exceção do Ponto C, todos os demais pontos apresentam certa carência de serviços de manutenções dos taludes por parte do poder público e limpeza do canal. O caso mais grave foi constatado no Ponto E, no qual a erosão chegou a danificar até a calçada, comprometendo a manutenção do talude e favorecendo o descarte irregular dos resíduos encontrados.

No aspecto “vegetação”, em todos os pontos analisados foram constatadas a existência de mata ciliar, em maior ou menor grau. O Ponto A, entretanto, apresentava mata ciliar apenas na

margem direita e, na esquerda, havia pouca ou nenhuma incidência desta. Foram identificadas vegetações no entorno para todos os pontos, mesmo que parcialmente.

Os Pontos C e A, nesta ordem, apresentaram melhores resultados para o indicador de qualidade física e de condição sanitária. Este fato ocorreu pelo tipo de ocupação do solo no entorno (residências de médio padrão e inexistência de moradias irregulares nas margens do córrego) e, provavelmente, pelo nível de atenção e cuidado com o local por parte da população. Também pode ser que o serviço de limpeza e manutenção das margens seja mais frequente, pois em ambos os pontos não foram observados depósito irregular de materiais.

O Ponto B apresentou indicador de qualidade física e sanitária média. Tal cenário pode estar relacionado à presença de residências de médio padrão, indústrias, comércio e pequena quantidade de ocupações irregulares. Os depósitos de resíduos sólidos encontrados estavam localizados próximos às moradias irregulares, as quais estão instaladas na margem do córrego. Nesse caso, a heterogeneidade do entorno contribuiu para que o indicador resultante fosse de média qualidade.

Os Pontos D e E estão localizados em zonas de maior vulnerabilidade social, pela presença constante de moradias irregulares nas margens do córrego, bem como depósitos irregulares de resíduos sólidos.

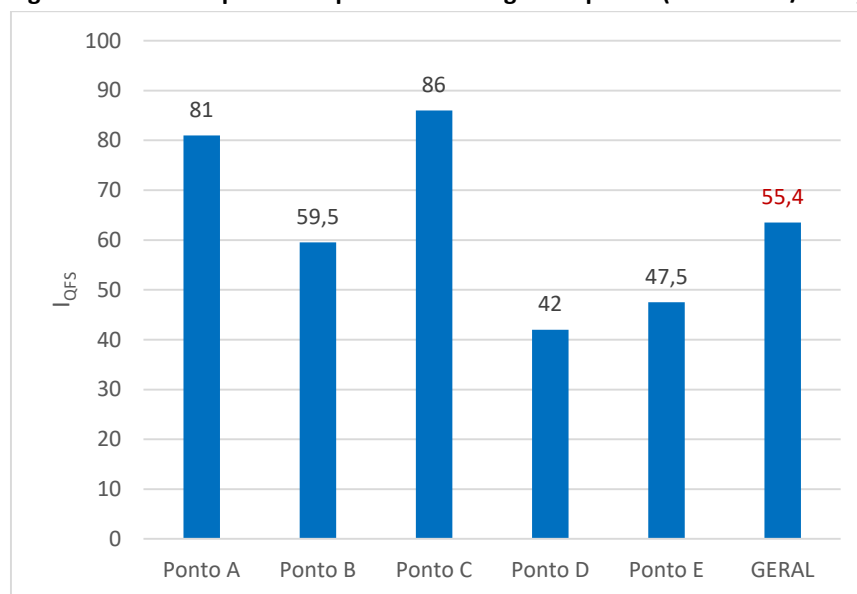
Entre 0 e 100, o resultado final ($I_{QFS} = 55.4$) indicou a necessidade de investimentos em ações socioeducativas e mecanismos de controle ambiental.

Cabe ressaltar que a média dos indicadores não é a melhor estratégia para o cálculo do indicador final, atenuando as situações mais graves.

Talvez o cálculo ponderado do indicador em relação à área afetada em cada ponto possa refletir melhor as condições sanitárias e de conservação do meio físico. Por isto, recomenda-se que as próximas aplicações adotem tal alteração na estimativa destas condições.

A Figura 8 apresenta o resumo dos resultados obtidos.

Figura 8: Indicador para cada ponto do Córrego Tanquinho (novembro /2019).



(escala: 0 – insatisfatória a 100 – alta)

Fonte: Presentes Autores, 2019.

5 CONCLUSÕES

O córrego do Tanquinho, por percorrer bairros heterogêneos em se tratando de ocupações, está sujeito a diferentes ações antrópicas.

A proposta de avaliação elaborada, o uso dos indicadores propostos e as equações concebidas pelos pesquisadores podem subsidiar a qualidade do meio físico e as condições sanitárias dos diferentes pontos analisados. Outros indicadores podem ser inseridos no modelo. O uso da média ponderada dos indicadores pode ser mais útil nas aplicações futuras.

De certa forma, o I_{QFS} associou, de certa forma, a qualidade do meio físico, a manutenção dos serviços públicos com a participação da população na conservação da área.

Concluiu-se que as zonas indústrias e de comércio de grande porte são os agentes que podem gerar maior poluição ambiental em caso de descarga incorreta de materiais e efluentes e, portanto, necessitam de maior atenção do agente estadual para o controle ambiental.

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação do método proposto para avaliar outros pontos do mesmo curso d'água e, assim, ter um diagnóstico sanitário e ambiental do rio.

As maiores contribuições desta pesquisa foram a concepção metodológica e sua aplicação ao longo de qualquer corpo hídrico no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONFIM, E. O.; GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H. J. A.; AMORIM, J. F.; AMORIM, D. S. Sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame do estado da Paraíba, Brasil. *Sociedade & Natureza*. Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 453-468, 2015. Disponível em:



http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=2&script=sci_arttext&pid=S1982-45132015000300453&lng=en&tlng=en. Acesso em: 13 agosto 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 04 setembro 2019.

CBH-Pardo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. 2017. Relatório Diagnóstico. São Carlos, Rev. 03, Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhparado/documentos>. Acesso em: 31 agosto 2019.

CORNELLI, R.; SCHENEIDER, V. E.; BORTOLIN, T. A.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. dos. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do Município de Caxias do Sul. **Scientia Cum Industria (SCI. CUM IND.)**, Caxias do Sul, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2016. Disponível em: http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/3768/pdf_551. Acesso em: 16 agosto 2019.

FARDIN, S. C. S. G.; FARDIN, H. D.; FARDIN, H. D. Regularização fundiária urbana em áreas de interesse social: legislação e aplicação dos instrumentos ambientais. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 854-862, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32108>. Acesso em: 10 agosto 2019.

FERREIRA, R. Q. S.; BATISTA, E. C.; SOUZA, P. A.; SOUZA, P. B.; SANTOS, A. F. dos. Diagnóstico ambiental do córrego Mutuca, Guripí – TO. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v. 10, n. 4, p. 8-12, 2015. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3146>. Acesso em: 24 agosto 2019.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/preview>. Acesso em: 02 jun. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisas dos Municípios – IBGE Cidades**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>.

GRIECO, A. A.; FREGONESI, B. M.; TONANI, K. A. de A.; SILVA, T. V.; CELERE, B. S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ S. I.; ALVES, R. I. S. Diagnóstico espacial e temporal de condições físico-químicas e microbiológicas do Córrego do Tanquinho, Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Ambiente & Água**. Taubaté, v. 12, n. 2, p. 282-298, mar./abr. 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92849898010.pdf>. Acesso em: 29 agosto 2019.

NIRAZAWA, A. N.; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, v. 54, n. 4, p. 753-763, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122018000400753&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 15 agosto 2019.

PAIVA, S. L. P. de; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; MIRANDA, M. R. S. Ações antrópicas na área de preservação permanente do córrego sangradouro em Cáceres/MT, e suas implicações nos aspectos físico-químico da água. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 16, n. 56, p. 49-61, 2015. Disponível em: <https://doaj.org/article/86ef53b6e0034b70888c4d3d53320bdd>. Acesso em: 16 agosto 2019.

PAVANIN, E. V.; CHUERUBIM, M. L.; LÁZARO, B. de O. Geoprocessamento aplicado ao estudo de vulnerabilidade do solo da bacia hidrográfica do córrego Guaribas em Uberlândia – MG. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. Goiás, v. 13, n. 2, p. 17-31, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/42460>. Acesso em: 22 agosto 2019.

PEREIRA, P.P.; PAREDES, E. A.; OKAWA, C. M. Diagnóstico preliminar da integridade ambiental de fundos de vale. **Eng Sanit Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 739-749, 2018. Disponível em:



http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000400739&lng=en&tlng=en. Acesso em: 23 agosto 2019.

PEREIRA, T. S. R.; SANTOS, K. A.; FORMIGA, K. T. Determinação e espacialização da perda de solo da bacia hidrográfica do córrego Cascavel, Goiás. **Revista Geográfica Acadêmica**. Roraima, v. 9, n. 2, p. 76-93, 2015. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/index.php/rga/article/view/3161>. Acesso em: 14 agosto 2019.

SILVA, M. S.; BUENO, I. T.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; BORGES, L. A. C.; CALEGARIO, N. Avaliação da cobertura do solo como um indicador de gestão de recursos hídricos: um caso de estudo na sub-bacia do Córrego dos Bois, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 445-452, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522017000300445&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 24 agosto 2019.

SOUZA, S. B. S.; FERREIRA, N. C.; FORMIGA, K. T. M. Estatística espacial para avaliar a relação entre saneamento básico, IDH e remanescente de cobertura vegetal no estado de Goiás, Brasil. **Ambiente & Água**. Taubaté, v. 11, n. 3, p. 625-636, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=2&script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000300625&lng=en&tlng=en. Acesso em: 18 agosto 2019.

VENTURA, Katia Sakihama. **Modelo de Avaliação do Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) com Uso de Indicadores de Desempenho**. Estudo de Caso: Santa Casa de São Carlos – SP. Tese (Doutorado em Engenharia – Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

VIEIRA, Wellington Carlos. **Evolução erosiva na microbacia do córrego Boa Vista – Prata/MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.