

**RÔMULO FLORES SANTIAGO**

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE DUAS NASCENTES  
URBANAS DE BOM SUCESSO – MG POR MEIO DOS  
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

**BOM SUCESSO – MG**

**2020**

**RÔMULO FLORES SANTIAGO**

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE DUAS NASCENTES  
URBANAS DE BOM SUCESSO – MG POR MEIO DOS  
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Campus Avançado Bom Sucesso, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, como parte das exigências do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental para a obtenção do título de graduação.

Orientador: Prof. Dr. Robson José da Silva

**BOM SUCESSO – MG**

**2020**

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)  
Bibliotecária responsável Maria de Lourdes Cardoso CRB-6/3242

---

S235d Santiago, Rômulo Flores, 1986 -

Diagnóstico da qualidade ambiental de duas nascentes urbanas de Bom Sucesso – MG por meio dos macroinvertebrados bentônicos / Rômulo Flores Santiago. -- 2020.

49 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Robson José da Silva

Monografia (Graduação) - Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Avançado Bom Sucesso, Coordenadoria de Curso Superior Tecnologia em Gestão Ambiental, 2020.

1. Nascentes – Bom Sucesso - MG. 2. Indicadores biológicos. 3. Água - Qualidade. 4. Insetos aquáticos. I. Silva, Robson José da. II. Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Avançado Bom Sucesso. III. Título.

CDD: 363.751

---



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SUDESTE DE MINAS GERAIS**

**COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO PROJETO POR BANCA EXAMINADORA Nº 10 / 2020 - BSCSDENS (11.01.10.01.01)**

**Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO**

**Juiz de Fora-MG, 15 de Dezembro de 2020**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

Rômulo Flores Santiago

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE DUAS NASCENTES URBANAS DE BOM SUCESSO - MG POR MEIO DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Avançado Bom Sucesso.

Bom Sucesso, 15 de 12 de 2020.

*(Assinado digitalmente em 15/12/2020 16:52 )*

**JOSE ALVES JUNQUEIRA JUNIOR**  
**PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**  
*Matrícula: 1550608*

*(Assinado digitalmente em 15/12/2020 16:44 )*

**ROBSON JOSE DA SILVA**  
**PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**  
*Matrícula: 2047063*

*(Assinado digitalmente em 15/12/2020 16:50 )*

**VICTOR SCHMIDT COMITTI**  
**PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**  
*Matrícula: 3082930*

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifsudestemg.edu.br/documentos/> informando seu número: **10**, ano: **2020**, tipo: **COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO PROJETO POR BANCA EXAMINADORA**, data de emissão: **15/12/2020** e o código de verificação: **e917e04a88**

*Ao meu amado Pai Antônio Caputo!*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida. Agradeço pelas oportunidades concedidas e por me dar luz nos momentos que mais preciso.

Ao meu amor maior, Antônio Caputo, meu Pai, a razão do meu viver. A pessoa mais especial que eu tenho em minha vida. Agradeço por estar sempre presente e por apoiar as minhas decisões.

A minha madrastra Célia pela mulher batalhadora e guerreira, a mulher que me educou desde criança, obrigado por me tornar a pessoa que sou hoje.

A todos os meus irmãos, em especial a minha querida irmã Andreia pela presença constante durante toda minha trajetória estudantil e a minha querida irmã Júnia (*in memoriam*), sempre viva dentro do meu coração.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Bom Sucesso, extensivos aos meus professores, José Alves Junqueira, Danielle Baliza, Oswaldo Guimarães, Maurílio Teixeira e Angélica. Aos ex-professores, Nara, Dalysse e Hernando. Aos ex-servidores, Camila, Renata e Denise. Aos ex-motoristas, Carlos e Paulo.

Agradeço a todos pela contribuição no deslocamento da pesquisa e aos vigias, Samuel, Luiz e Dirceu. Vocês me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação ao longo do curso. Agradeço a bibliotecária Lurdinha que não mediu esforços (mesmo virtualmente) na elaboração das referências bibliográficas onde eu não consegui desenvolvê-las. Obrigado Lurdinha.

O meu agradecimento especial ao Professor Victor Comitti, principalmente pela paciência. Agradeço pelo apoio estatístico prestado para o êxito da pesquisa. O meu muito obrigado.

Aos meus colegas de Graduação sem exceções, em especial: Érica, Antônio, Flávia, Roseani, Kátia, Carol, Kíssia e Gabriel. Obrigado pelas risadas gostosas, presença em em momentos difíceis, pelas nossas apresentações e pelas nossas festas.

Agradeço a minha colega de curso Letícia Santos Carvalho, a minha amiga do Técnico até a Graduação. Obrigado pela dedicação e apoio constante durante a minha pesquisa de campo. Um sempre apoiando o outro, principalmente em momentos difíceis. O meu agradecimento é todo especial.

O meu agradecimento especial ao meu Professor e Orientador Dr. Robson José da Silva. Obrigado pelos seus conhecimentos transmitidos, pela atenção, pela boa vontade e principalmente pela paciência. Obrigado por ser o meu professor de referência.

*“Quando amamos e acreditamos do fundo de nossa alma em algo, nos sentimos mais fortes que o mundo, e somos tomados de uma serenidade que vem da certeza de que nada poderá vencer a nossa fé. Esta força estranha faz com que sempre tomemos a decisão certa, na hora exata e quando atingimos nossos objetivos, ficamos surpresos com nossa própria capacidade.” (Paulo Coelho)*

## RESUMO

A qualidade da água das nascentes está ligada ao processo antrópico. O objetivo da pesquisa foi diagnosticar a situação ambiental de duas nascentes localizadas na urbana no município de Bom Sucesso - MG através de variáveis indicadoras de qualidade de água. Foi utilizado os macroinvertebrados bentônicos, parâmetros físicos e químicos e indicadores macroscópicos. O levantamento de dados foi *in loco* e também foram encaminhadas amostras para o laboratório do IF Sudeste Campus Avançado Bom Sucesso para a análise. Os resultados obtidos constataram que ambas as nascentes se enquadram na classe D, estado ruim de conservação. A análise dos parâmetros indicou que para o pH em ambas as nascentes o seu enquadramento está dentro do permitido, já não se pode dizer o mesmo para o oxigênio dissolvido (mg/l) para as duas. Quantos outros parâmetros não apresentaram dados relevantes a ponto de influenciar a qualidade de água das nascentes. A presença com maior relevância de táxons de grupos tolerantes à poluição nas áreas amostrais reforçou o mau estado de conservação das nascentes. Porém, as análises de correlação indicaram se houve ou não correlação dos macroinvertebrados com os parâmetros físicos e químicos de qualidade da água.

**Palavras-chave:** Bioindicadores. Insetos aquáticos. Área experimental

## **ABSTRACT**

The quality of the water in the springs is linked to the anthropic process. The objective of the research was to diagnose the environmental situation of two springs located in the urban area in the city of Bom Sucesso - MG through variables that indicate water quality. Benthic macroinvertebrates, physical and chemical parameters and macroscopic indicators were used. Data collection was carried out on site and samples were also sent to the laboratory of the IF Sudeste Campus Advanced Bom Sucesso for analysis. The results obtained verified that both springs fit in class D, poor state of conservation. The analysis of the parameters indicated that for the pH in both springs their classification is within the permitted range, the same cannot be said for the dissolved oxygen (mg / l) for both. How many other parameters did not present relevant data to the point of influencing the water quality of the springs. The more relevant presence of taxa from groups tolerant to pollution in the sample areas reinforced the poor state of conservation of the springs. However, the correlation analysis indicated whether or not there was a correlation between the macroinvertebrates and the physical and chemical parameters of water quality.

**Keywords:** Bioindicators. Aquatic insects. Experimental area

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	Vista geral da nascente na área amostral da propriedade do Samuel....	26
<b>Figura 2</b>	Pontos de amostragens da nascente localizada na propriedade do Samuel. (A) Ponto 01; (B) Ponto 02; (C) Ponto 03.....	27
<b>Figura 3</b>	Vista geral da nascente na área amostral da propriedade da Piteira.....	28
<b>Figura 4</b>	Pontos de amostragens da nascente localizada na propriedade do Samuel. (D) Ponto 01; (E) Ponto 02; (F) Ponto 03.....	29
<b>Figura 5</b>	Táxons encontrados por pontos na nascente do Samuel. (G) Ponto 01; (H) Ponto 02; (I) e (J) Ponto 03.....	33
<b>Figura 6</b>	Táxons encontrados por pontos na nascente da Piteira. (K) Ponto 01; (L) e (M) Ponto 02; (N) Ponto 03.....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Quantificação da análise dos indicadores macroscópicos.....	23
<b>Tabela 2</b>	Classificação das nascentes quanto ao grau de preservação..	24
<b>Tabela 3</b>	Nível de qualidade relativo aos aspectos macroscópicos e grau de preservação da nascente do Samuel.....	27
<b>Tabela 4</b>	Nível de qualidade relativo aos aspectos macroscópicos e grau de preservação da nascente da Piteira.....	30
<b>Tabela 5</b>	Quantificação dos macroinvertebrados bentônicos da nascente do Samuel. ....	31
<b>Tabela 6</b>	Quantificação dos macroinvertebrados bentônicos da nascente da Piteira.....	32
<b>Tabela 7</b>	Análise faunística dos macroinvertebrados bentônicos da nascente do Samuel.....	35
<b>Tabela 8</b>	Análise faunística dos macroinvertebrados bentônicos da nascente da Piteira.....	36
<b>Tabela 9</b>	Análise dos resultados relacionados aos parâmetros da qualidade de água na nascente do Samuel.....	37
<b>Tabela 10</b>	Análise dos resultados relacionados aos parâmetros da qualidade de água na nascente da Piteira.....	39
<b>Tabela 11</b>	Análise da correlação de Pearson entre as variáveis macroinvertebrados bentônicos e parâmetros da qualidade de água da nascente do Samuel.....	40
<b>Tabela 12</b>	Análise da correlação de Pearson entre as variáveis macroinvertebrados bentônicos e parâmetros da qualidade da água da nascente do Piteira.....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>A água como fundamento de estudo.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>A disponibilidade hídrica no Brasil.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Variáveis limnológicas.....</b>	<b>15</b>
2.3.1	Parâmetros químico e físicos.....	15
2.3.2	Parâmetros biológicos.....	17
<b>2.4</b>	<b>Os bioindicadores de qualidade de água.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Local de estudo.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2</b>	<b>Amostragem e identificação dos macroinvertebrados bentônicos.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3</b>	<b>Identificação do Grau de Preservação (IIAN) das nascentes.....</b>	<b>22</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise da Correlação dos parâmetros estudados.....</b>	<b>24</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise da Correlação dos parâmetros estudados.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>Nascente do Samuel.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2</b>	<b>Nascente da Piteira.....</b>	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise geral das nascentes do Samuel e da Piteira.....</b>	<b>31</b>
<b>5.4</b>	<b>Quantificação dos macroinvertebrados bentônicos e análise faunística.....</b>	<b>31</b>
<b>5.5</b>	<b>Resultado dos parâmetros físicos e químicos das nascentes do Samuel e da Piteira e sua correlação com macroinvertebrados bentônicos.....</b>	<b>37</b>
<b>5.6</b>	<b>Correlação entre os parâmetros físicos e químicos com macroinvertebrados bentônicos das nascentes do Samuel e da Piteira através do Coeficiente de Pearson.....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O município de Bom Sucesso – MG, segundo estimativa, apresenta em 2018, 17.598 habitantes (IBGE, 2018). Grande parte desta população vive em área urbana e, conseqüentemente, essa grande ocupação territorial pode trazer problemas relacionados à proteção dos mananciais. A coexistência entre áreas urbanizadas e as águas é um desafio de grandes proporções, que vem sendo discutido de modo cada vez mais intenso (ANELLI, 2015). A expansão das cidades não só traz conseqüências aos recursos hídricos, mas também à biota associada. Gomes, Melo e Vale (2005) demonstram a degradação dos ambientes aquáticos urbanos relacionados ao crescimento urbano através de indicadores.

Uma das grandes adversidades como resultado da ação do homem é que os ecossistemas aquáticos vêm sendo impactados na qualidade de suas águas (CALLISTO, MORETTI e GOULART, 2001). Destaca-se, que a qualidade da água é um conceito relativo, que depende diretamente do uso a que se destina. Para cada um dos usos existe um padrão de qualidade especificado pela legislação (SOUZA, 2014). Uma forma de identificar se a qualidade da água está sendo afetada devido ao crescimento populacional é a utilização dos macroinvertebrados bentônicos (MB), que são grupos sensíveis às alterações ambientais na qual estão submetidos.

Os macroinvertebrados bentônicos são grupos de organismos que são considerados como bioindicadores. São elementos importantes na estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a sua distribuição é influenciada pelas características do sedimento e morfologia das margens, profundidade, natureza química do substrato, vegetação, competição entre as diferentes espécies e disponibilidade de fontes alimentares (QUEIROZ, TRIVINHO-STRIXINO e NASCIMENTO, 2000). Estão correlacionados com os parâmetros físicos e químicos porque possuem um grau de tolerância com as variâncias ambientais (PIMENTA, 2015).

## 2 . REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A água como fundamento de estudo

A água é indispensável para as necessidades dos seres vivos, sustenta a vida, é parte integral e fundamental do planeta onde dinamiza todos os ciclos ecológicos e funciona como solvente universal (TUNDISI, 2003). Na política nacional de recursos hídricos, a água é um recurso natural dotado de valor econômico, social e ambiental, cabendo a todos a sua preservação para a sustentabilidade da vida (BRASIL, 1997). Estes aspectos também são sustentados juridicamente pelo art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Embora a sociedade conheça a grande importância vital desse recurso, por outro lado, não faz jus à sua utilização e nem à sua preservação, e sendo assim, tem gerado grandes conflitos principalmente por sua escassez.

As nascentes são as principais fontes de abastecimento de rios, lagos e represas. De acordo com a Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002, em seu Art. 2º e inciso II, as nascentes ou olhos d'águas são assim definidas: "local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea. Isso ocorre devido ao seu excessivo acúmulo de água nos lençóis freáticos".

Para o abastecimento das nascentes, o ciclo hidrológico é o responsável pelo fornecimento das águas subterrâneas. A água evapora e depois precipita, parte é absorvida pelas plantas, outras escoam superficialmente até córregos e rios (BRASIL, 2014). Uma parte infiltra no solo sendo absorvida pelas raízes das plantas e outras preenchem os poros existentes alimentando o lençol freático (BALBINOT, 2008). Por mais que o ciclo seja contínuo, em algumas estações do ano a produção de água nas nascentes é reduzida ou até mesmo inexistente.

Quanto à vazão das nascentes, elas são classificadas em perenes, temporárias ou efêmeras. As nascentes perenes apresentam um fluxo contínuo de água durante todo tempo, mesmo em época de seca; as intermitentes fluem somente nas estações

chuvosas e secam no período da seca e as efêmeras têm um curto período de tempo e surgem nas chuvas ou após (VALENTE e GOMES, 2005 *apud* SOUZA NETO, 2010).

## **2.2. A disponibilidade hídrica no Brasil**

O Brasil é o país mais rico do mundo em disponibilidade hídrica porque dispõe de uma das maiores redes de rios e lagos, sendo estes abastecidos por chuva abundante todo o ano. Mesmo em épocas de seca, a maior parte deles são perenes, tendo influência principalmente do clima (NASCENTES, 2007).

Segundo dados da Agência Nacional das Águas (ANA, 2020), o território brasileiro possui 12% da água doce disponível no mundo. A Amazônia representada pela imensidão de sua floresta tropical totaliza 80% da água desses 12%, o restante é distribuído em todas as regiões (FERREIRA, SILVA e PINHEIRO, 2008). A disponibilidade de água depende do clima de cada região pois interfere no ciclo anual das chuvas e também das vazões dos rios (MARENGO, 2008), além da vegetação local.

A disponibilidade hídrica em relação à população do Brasil é muito desequilibrada: no Norte contêm muita água para uma concentração populacional menor. Uma disparidade citada por (FREITAS, 2000 *apud* FERREIRA, 2008, p. 33) em seu estudo diz que no Nordeste a falta de água é crônica. No Sudeste ela é abundante, porém de “má qualidade”. Esta distribuição desigual ocorre em todo território e em algumas regiões a água não é acessível para o consumo humano pois a quantidade e a qualidade vêm sendo afetadas.

A aumento da demanda por água no Brasil em conjunto com o mau uso tem levado à escassez de. A política nacional dos recursos hídricos considera que a quantidade de água disponível é finita, variando no tempo e espaço e a preocupação com este recurso gera conflitos pela individualidade, competitividade e consumo desordenado (ARAÚJO, TEIXEIRA, 2018).

A necessidade pela água é cada vez maior e deste modo as fontes produtoras não são preservadas. Nas cidades, o crescimento urbano destrói várzeas em um ritmo acelerado, polui as nascentes pelo esgoto doméstico e muitas das vezes algumas até desaparecem, ocorre também a intervenção no ciclo hidrológico ocasionada pelas pavimentações das ruas. Nas zonas rurais as matas ciliares são removidas para

implantação da agropecuária e uma das maiores causas da poluição das águas é o aumento de poluentes agrícolas usados informalmente e carreados para as nascentes, rios e lagos (NASCENTES, 2007).

Diante deste quadro foram criados programas de proteção e preservação das fontes de água, onde são apresentadas estratégias que tem como foco principal a sua proteção ambiental e a disponibilidade para as gerações futuras (NASCENTES, 2007).

### **2.3. Variáveis limnológicas**

A qualidade da água pode ser analisada pelas variáveis de ordem física, química e biológica. Existem diversos indicadores, mas o presente estudo terá como enfoque o potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), temperatura, condutividade elétrica e sólidos totais (ST). Esses parâmetros podem ser expressados por valores numéricos os quais permitem avaliar a qualidade da água.

#### **2.3.1. Parâmetros químico e físicos**

A variável química pH é utilizada para indicar o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa.

O pH é calculado em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos. As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejo domésticos e industriais). (BRASIL, 2014, p.20).

O pH quando alterado influencia diretamente nos ecossistemas aquáticos, especificamente na fisiologia das espécies existentes em seu habitat. Qualquer que seja a alteração neste local pode ocorrer a mortandade de peixes e outros pequenos seres vivos que dependem deste local. Uma diminuição no pH pode estar associado a uma elevada presença de matéria orgânica e como consequência uma diminuição do oxigênio dissolvido disponível (SILVA, 2008).

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro químico que pode ser considerado como o mais significativo para expressar a qualidade da água. No estudo de (CARDOSO, NOVAES, 2013, p. 24) “a sua introdução na água pode ser através do ar atmosférico, dos processos fotossintéticos e da ação de aeradores ou insufladores de ar, e seu teor varia principalmente com a temperatura, altitude e velocidade do curso d’água”.

As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d’água. Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de OD de 2mg/L a 5 mg/L, exigência para cada organismo. [...] em condições anaeróbicas (ausência de OD os compostos químicos são encontrados na sua forma reduzida (não oxidada), a qual é geralmente solúvel no meio líquido, disponibilizando, portanto, as substâncias para assimilação pelos organismos que sobrevivem no ambiente. À medida que cresce a concentração de OD os compostos vão se precipitando, ficando armazenados no fundo dos corpos d’água. (BRASIL, 2014, p. 25).

A temperatura é um parâmetro físico que tem um papel fundamental nas atividades biológicas das espécies que habitam o meio aquático pois limitam a oferta de oxigênio disponível causando a morte das espécies pois necessitam de uma faixa preferida para se desenvolverem. A vegetação local é outro fator responsável pela regulação da temperatura devido ao seu grau de sombreamento evitando assim a passagem da luz. Se a temperatura aumentar ou diminuir pode ocorrer uma redução no número da espécie e até a sua extinção pois alguns compostos apresentam um alto nível de toxicidade nas temperaturas mais elevadas (CARDOSO e NOVAES, 2013).

A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente pela energia solar) ou antropogênicas. A temperatura exerce marcante velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. (BRASIL, 2014, p.18).

Outra variável física importante para o estudo é a condutividade elétrica que se refere à expressão numérica da capacidade da água de conduzir a corrente elétrica através de substâncias dissolvidas. “Em ambientes naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em ambientes poluídos por esgoto domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ”. (BRASIL, 2014, p.20).

Quanto aos sólidos totais, variável física, é marcado pela presença de sólidos suspensos na água e que estão associadas às características químicas e biológicas

podendo estar distribuídas em forma de suspensão e dissolvidos. “A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de esgotos)” (BRASIL, 2014, p. 20). Em relação à vida aquática os sólidos totais se assemelham ao efeito causado pela turbidez, ou seja, podem causar uma diminuição no oxigênio dissolvido devido ao grau de interferência da passagem da luz (CARDOSO e NOVAES, 2013).

### 2.3.2. Parâmetros biológicos

Presentes no meio aquático, os micros e macros organismos estão ligados à transformação da matéria pois necessitam da energia para a sua sobrevivência, destacam-se as bactérias, as cianobactérias. De importância sanitária tem um papel fundamental na indicação do grau de qualidade da água.

Em ambientes eutrofizados (ricos em nitrogênio e fósforo) provenientes do esgoto doméstico, industrial e de atividades industriais, as cianobactérias são as constituintes do grupo fitoplanctônico dominante e em grandes concentrações constituem problemas de saúde pública provocando desequilíbrios ambientais (BRASIL, 2006).

## 2.4. Os bioindicadores de qualidade de água.

Os bioindicadores de qualidade de água consistem em um grupo de espécies ou comunidades biológicas que quando presentes na água apontam o grau do ambiente impactado. Trabalhar com os bioindicadores possibilita obter uma avaliação da qualidade da água e por sua vez podem ser mais eficazes quanto aos parâmetros físicos e químicos (CALLISTO, GONÇALVES JUNIOR e MORENO, 2005).

Os bioindicadores de qualidade de água que se referem ao grau de impacto são os chamados de macroinvertebrados bentônicos que consistem em uma resposta a um determinado contaminante ambiental e tem em suas características:

a) permitir identificar as interações que ocorrem entre os contaminantes e os organismos vivos; b) a possibilidade de mensuração de efeitos sub-laterais. Esta última característica permite pôr em prática ações remediadoras ou melhor ainda, ações preventivas. Daí a importância e o interesse atual de incorporação da análise de bioindicadores em programas de avaliação da contaminação ambiental. (ARIAS *et al.* 2007, p. 64).

Os bentos são grupos de macroinvertebrados que por definição “são organismos visíveis a olho nu (macro), com ausência da coluna vertebral (invertebrados)” (BIS e KOSMALA, 2005, p.1 *apud* ARAÚJO e TEIXEIRA, 2018, p. 14) e bentos:

Bentos: é a comunidade que habita fundo de rios e lagos, sendo constituída principalmente por larvas de insetos e por organismos anelídeos, semelhantes às minhocas. A atividade da comunidade bentônica influi nos processos de solubilização dos materiais depositados no fundo de ambientes aquáticos. Além disso, pelo fato de serem muito sensíveis e apresentarem reduzida locomoção e fácil visualização, os organismos bentônicos são considerados excelentes indicadores de qualidade de água. (BRASIL, 2014, p. 28).

A coletividade desses organismos é relevante para a atividade que consiste em avaliar e também monitorar os impactos causados pelas atividades antrópicas em um determinado local (CALISTO; GONÇALVES JUNIOR; MORENO, 2005). Neste sentido, existem várias razões para utilizar os macroinvertebrados bentônicos em estudos de qualidade de água. São eles.

1) Os macroinvertebrados bentônicos possuem hábito sedentário, sendo portanto, representativos da área na qual foram coletados; 2) apresentam ciclos de vida relativamente curtos em relação aos ciclos dos peixes e irão portanto refletir mais rapidamente às modificações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades; 3) os macroinvertebrados vivem e se alimentam dentro, sobre, e próximo aos sedimentos, onde as toxinas tendem a acumular; 4) as comunidades de macroinvertebrados bentônicos apresentam elevada diversidade biológica, o que significa em uma maior variabilidade de respostas frente à diferentes tipos de impactos ambientais; e 5) os macroinvertebrados são importantes componentes dos ecossistemas aquáticos, formando como um elo entre os produtores primários e servindo como alimento para muitos peixes, além de apresentar papel fundamental no processamento de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. (Rosenberg & Resh, 1993; Ward et al., 1995; Reece & Richardson, 1999; Callisto et al., 2001 *apud* GOULART e CALLISTO, 2003, p. 3-4).

Quanto à tolerância em seus ambientes, a classificação dos macroinvertebrados bentônicos se dá em três grupos respectivos: organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes.

O primeiro grupo é caracterizado por possuir necessidades de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido da água, são as Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera e seu habitat são ambientes de grande diversidade. O segundo grupo é formado por uma ampla variedade de insetos aquáticos e outros invertebrados, incluindo moluscos, bivalves, algumas famílias de Dipetera, e principalmente os de ordem Heteroptera, Odonata e Coleoptera, embora algumas toleram a poluição. A

necessidade de oxigênio dissolvido é menor, pois utilizam oxigênio atmosférico. O terceiro grupo é representado por organismos extremamente tolerantes, são as Chironomidae, as Oligocaheta. Estes são capazes de viver sem oxigênio, além de serem organismos detritívoros e se alimentam de matéria orgânica (GOULART e CALLISTO, 2003).

Os macroinvertebrados sensíveis e intolerantes são os organismos que não toleram poluição, são os chamados de bioindicadores de boa qualidade de água, pois qualquer alteração interfere no seu ciclo de vida. Vivem geralmente no fundo dos cursos d'água e debaixo das pedras, em águas limpas e com muito oxigênio e neste grupo desta as espécies Plecoptera, Ephemeroptera e Trichoptera (FRANÇA, 2008, apud GOULART e CALLISTO, 2003).

O grupo dos tolerantes são os organismos que podem tolerar um grau de poluição, mesmo vivendo em água limpa. Assim como os sensíveis e intolerantes vivem debaixo de pedras ou nas margens. Formado pelas espécies Megaloptera, Heteroptera e Odonata. (FRANÇA, 2008, apud GOULART e CALLISTO, 2003).

Os grupos dos macroinvertebrados resistentes, denominados de bioindicadores de má qualidade de água, são os organismos que sobrevivem em ambientes muito poluídos. Vivem no fundo dos cursos d'água enterrados na areia ou na lama, tanto em água limpa quanto suja e sem a presença de oxigênio. Formado pelo grupo Diptera, Annelida e Mollusca. (FRANÇA, 2008, apud GOULART e CALLISTO, 2003).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Realizar o diagnóstico da qualidade da água e conservação de nascentes em área urbana do município de Bom Sucesso-MG a partir do estudo dos macroinvertebrados bentônicos.

#### **3.2. Objetivos específicos**

1. Relacionar o estado de conservação das nascentes urbanas e a ocorrência de macroinvertebrados bentônicos;
2. Relacionar o estado de conservação das nascentes com os parâmetros de qualidade da água;
3. Efetuar a análise faunística dos macroinvertebrados bentônicos;
4. Relacionar os parâmetros físicos e químicos da água das nascentes com a diversidade e abundância dos macroinvertebrados bentônicos.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Local de estudo**

Bom Sucesso é um município brasileiro do estado de Minas Gerais. Está a 205 km da capital Belo Horizonte. Localiza-se a uma latitude 21°01'58" sul e a uma longitude 44°45'28" oeste, estando a uma altitude de 952 metros. O clima predominante do local é o Cwa: clima temperado úmido com inverno seco e verão quente.

O estudo foi conduzido durante o período de 2019-2020, entre os meses de março a janeiro no Laboratório de Meio Ambiente do Campus Avançado de Bom Sucesso – IF Sudeste MG. A área experimental consistiu em duas nascentes urbanizadas do município de Bom Sucesso – MG com diferentes graus de degradação, sendo a primeira localizada no bairro Piteira (Latitude 21°02'03.27" S e Longitude 44°45'45.01" O) e a segunda no bairro São Cristóvão (Latitude 21°01'49.10" S e Longitude 44°45'20.79" O).

### **4.2. Amostragem e identificação dos macroinvertebrados bentônicos**

O estudo dos MB para avaliar a qualidade da água das nascentes do município de Bom Sucesso foi feito através da utilização do amostrador Rede "D" com malha de 250 micrômetros. As amostras foram coletadas quinzenalmente e sua triagem foi realizada em laboratório. Para a coleta das amostras foram selecionados três trechos de cada uma das nascentes distantes 10 m. O tempo gasto para a coleta das amostras em cada um dos pontos foi de 5 minutos e considerou-se uma área amostral de 1 m<sup>2</sup> (SELEÇÃO NATURAL, 2015; CETESB, 2003). O amostrador foi posicionado contra a correnteza, revolvendo com a mão todos os substratos presentes no local.

Todo o material foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e encaminhados ao laboratório e com o auxílio de microscópio estereoscópio 40x e bandejas brancas 42x27cm onde será feita a triagem dos MB (SILVEIRA, QUEIROZ e BOEIRA, 2004). Sempre que possível, o material foi separado vivo facilitando a sua detecção, caso contrário, as amostras foram preservadas em álcool 90%.

Os espécimes triados foram colocados em coletores transparentes de 50 ml e até sua identificação. A identificação dos grupos taxonômicos foi realizada no laboratório

do Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais – Campus avançado Bom Sucesso, com auxílio de chave dicotômica do estudo de Bis e Kosmala (2005) e do microscópio estereoscópio 40x até o menor nível taxonômico possível. Caso necessário, seriam encaminhadas amostras à especialistas para completar e confirmar a identificação.

A análise de diversidade e abundância dos macroinvertebrados foram submetidos ao software ANAFAU, desenvolvido no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP para análise faunística e determinação dos índices de frequência, abundância, dominância, constância e espécies predominantes. Os táxons predominantes serão selecionados entre aqueles que atingirem a categoria máxima em todos os índices analisados, ou seja, aqueles que foram dominantes, muito abundantes, muito frequentes e constantes de acordo com metodologia proposta por Silveira Neto (1976; 1995).

#### **4.3. Identificação do Grau de Preservação (IIAN) das nascentes**

Estabeleceu o grau de preservação das áreas de nascentes utilizado o método IIAN (Índice de Impacto Ambiental em Nascentes) com os seguintes indicadores e descrição da análise proposto por Gomes; Melo e Vale (2005) (Tabela 1 e 2).

- 1) Coloração da água - Utilizando recipiente transparente para coleta e verificação da cor.
- 2) Odor – Com o uso de recipiente para a coleta e verificação do odor.
- 3) Lixo no entorno – presença de lixo na região das nascentes e caracterização dos mesmos.
- 4) Materiais flutuantes – Presença de objetos na superfície e caracterização
- 5) Espumas – Presença na superfície da água.
- 6) Óleos – Presença na superfície da água.
- 7) Esgoto – Presença de emissário e sua distância da nascente.
- 8) Vegetação – Caracterização próxima à nascente.
- 9) Uso de animais – Evidência de uso por animais.
- 10) Uso antrópico – Evidência da utilização da nascente por humanos (trilhas ao redor, bombas de sucção, encanamentos e irrigação).
- 11) Proteção – Existência de algum tipo de proteção ao redor da nascente, por barreiras naturais ou artificiais.

12) Residências – Quantificação aproximada da distância das nascentes até residências ou outros estabelecimentos.

A identificação do grau de preservação das nascentes foi in loco utilizando os indicadores propostos. Em cada ponto da nascente foi atribuído um valor de acordo com a situação observada variando de 1 a 3 (Tabela 1). Se um dos pontos da nascente apresentou cor da água escura, logo, pela metodologia utilizada, recebeu 1 ponto.

Após a coleta de dados e estudos dos impactos nas nascentes os parâmetros foram enquadrados em padrões para a quantificação. Realizou-se a somatória dos pontos obtidos em cada ponto da nascente e posteriormente, foram distribuídos em uma tabela de classificação (Tabela 2) que indicou o grau de preservação e a classe que cada ponto da nascente.

Por fim, foi realizada a média total de todos os pontos para classificar a nascente de um modo geral.

**Tabela 1** - Quantificação da Análise dos indicadores macroscópicos

<b>Indicadores</b>	<b>1 Ponto</b>	<b>2 Pontos</b>	<b>3 pontos</b>
Cor da água	Escura	Clara	Transparente
Odor	Cheiro forte	Cheiro fraco	Sem cheiro
Lixo ao redor	Muito	Pouco	Sem lixo
Materiais flutuantes	Muito	Pouco	Sem materiais flutuantes
Espumas	Muita	Pouca	Sem espuma
Óleo	Muito	Pouco	Sem óleo
Esgoto	Esgoto doméstico	Fluxo superficial	Sem esgoto
Vegetação (preservação)	Alta degradação	Baixa degradação	Preservada
Uso por animais	Presença	Apenas marcas	Não detectado
Uso por humanos	Presença	Apenas marcas	Não detectado
Proteção do local	Sem proteção	Com proteção (mas com acesso)	Com proteção (sem acesso)
Proximidade com residências ou estabelecimentos	Menos de 50	Entre 50m e 100m	Mais de 100m
Tipo da área de inserção	Ausente	Propriedade privada	Parques ou áreas protegidas

**FONTE:** (GOMES, MELO e VALE (2005))

**Tabela 2** - Classificação das nascentes quanto ao grau de preservação

<b>Classe</b>	<b>Pontuação Final</b>	<b>Grau de Preservação</b>
A	Entre 37 a 39 pontos	Ótima
B	34 a 36	Boa
C	31 a 33	Razoável
D	28 a 30	Ruim
E	Abaixo de 28	Péssimo

**FONTE:** Gomes; Melo e Vale (2005)

#### **4.4. Coleta e amostragem dos parâmetros da qualidade da água.**

A metodologia utilizada para a identificação dos pontos de amostragem dos parâmetros de qualidade de água foram os mesmos utilizados na coleta dos MB.

A tabulação dos parâmetros físicos e químicos foram realizados por pontos. A sonda multiparâmetro Hanna HI98194 foi posicionada dentro do local escolhido e com o tempo de 1 minuto aproximadamente de espera foi necessário para gerar os dados necessários. Para cada ponto fazia a limpeza da mesma com água destilada.

Os parâmetros da água analisados foram: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, Sólidos Totais medidos por meio da sonda multiparâmetro.

Foram realizadas as médias por cada ponto e média total dos parâmetros físicos e químicos das nascentes

#### **4.5. Análise da Correlação dos parâmetros estudados**

Os parâmetros da água e os macroinvertebrados bentônicos foram correlacionados ao Coeficiente de Pearson ( $p$ ), (CHAGAS, 2017). A metodologia para correlacionar os parâmetros ambientais e dos MB foi adaptada de Oliveira (2009) e descrita em Mukaka (2012). Este coeficiente mede o grau da associação entre duas variáveis e assume valores entre -1 e 1. Quando  $p = 1$  a correlação é perfeita entre as duas variáveis;  $p = -1$  a correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, ou seja, são inversamente proporcionais. Quando o  $p = 0$ , as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra, porém, pode existir uma dependência não linear.

De um outro modo, quando  $p$  se aproxima de 0,9, indica uma correlação muito forte; 0,7 a 0,9 a correlação é forte; 0,5 a 0,7, correlação moderada; 0,3 a 0,5 a correlação é fraca; 0 a 0,3 a correlação é desprezível (MUKAKA, 2012).

O Coeficiente de correlação de Pearson é dada pela seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

Onde  $x_1, x_2, \dots, x_n$  e  $y_1, y_2, \dots, y_n$  são os valores medidos de ambas as variáveis.

Sendo que:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{e} \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i,$$

são as medidas das variáveis de interesse. As variáveis foram atribuídas ao valor padrão na literatura com significância de 5%.

## 5. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 5.1. Nascente do Samuel

A nascente do Samuel (Figura 1) está localizada dentro de uma propriedade privada com um raio de 50 metros de distância das residências. Foi constatado a presença de animais (bovinos e equinos), a presença de lixo e o local apresentou acesso humano.

**Figura 1** – Vista geral da nascente na área amostral da propriedade do Samuel.



**FONTE:** Do autor

Nota-se que o espaço em volta da nascente é cercado por pastagem e não condiz com a Lei nº 12.651/2012 do Novo Código Florestal que estabeleceu a Área de Preservação Permanente com proteção com mata ciliar (BRASIL, 2012). A nascente de um modo geral apresentou uma pequena proteção, árvores de pequeno/médio porte e vegetação rasteira do tipo gramínea em sua volta.

Dentre os pontos marcados (Figura 2) para o estudo neste local, o ponto 01 (A) ocorreu ausência de água em algumas coletas, são os pontos efêmeros. Apresentaram água durante a chuva ou após, marcado assim pela sua sazonalidade (IKEMATSU, 2016). No ponto 02 (B) foi observado a presença de bebedouro para o abastecimento de água dos animais e em algumas coletas houve o corte da vegetação neste ponto dificultando a coleta. No ponto 03 (C) ocorreu a presença de água durante toda a pesquisa devido a formação de um poço.

**Figura 2** – Pontos de amostragens da nascente localizada na propriedade do Samuel.

(A) Ponto 01; (B) Ponto 02; (C) Ponto 03

**FONTE:** Do autor

Foi atribuído o método de IIAN proposto pelo estudo de Gomes; Melo e Vale (2005) em cada ponto da nascente do Samuel. Este método indica o impacto na nascente através da utilização dos indicadores macroscópicos.

**Tabela 3** – Nível de qualidade relativo aos aspectos macroscópicos e grau de preservação da nascente do Samuel.

<b>Indicadores</b>	<b>1 Ponto</b>	<b>2 Ponto</b>	<b>3 Ponto</b>	<b>P.1</b>	<b>P.2</b>	<b>P.3</b>
Cor da água	Escura	Clara	Transparente	3	3	3
Odor	Cheiro forte	Cheiro fraco	Sem cheiro	3	3	3
Lixo ao redor	Muito	Pouco	Sem lixo	3	3	3
Materiais flutuantes	Muito	Pouco	Sem materiais flutuantes	3	3	3
Espumas	Muita	Pouca	Sem espuma	3	3	3
Óleo	Muito	Pouco	Sem óleo	3	3	3
Esgoto	Esgoto doméstico	Fluxo superficial	Sem esgoto	3	3	3
Vegetação (preservação)	Alta degradação	Baixa degradação	Preservada	1	1	1
Uso por animais	Presença	Apenas marcas	Não detectado	1	1	1
Uso por humanos	Presença	Apenas marcas	Não detectado	1	1	1
Proteção local	Sem proteção	Com proteção (mas com acesso)	Com proteção (sem acesso)	2	2	2

Proximidade com residência ou estabelecimento	Menos de 50 m	de	Entre 50m e 100m	Mais de 100 m	1	1	1
Tipo de área de inserção	Ausente		Propriedade privada	Parque ou área protegidas	2	2	2
<b>TOTAL</b>					<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
<b>CLASSE</b>					<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>
<b>MEDIA TOTAL</b>						<b>29</b>	
<b>CLASSE GERAL</b>							<b>Ruim</b>

**FONTE:** Gomes; Melo e Vale (2005)

Foi observado que todos os locais analisados na nascente do Samuel obtiveram o total de 29 pontos referidos à análise dos indicadores macroscópicos e a classificação quanto ao grau de preservação se enquadrou na classe D, condizente ao estado “ruim” no índice de preservação.

A média total apresentou 29 pontos e se enquadrou na classe D, ou seja, a nascente do Ponto do Samuel está em um estado “ruim”, bem degradado.

## 5.2. Nascente da Piteira

A nascente da Piteira (Figura 3) se difere da nascente do Samuel em alguns aspectos que foram observados e a sua descrição se deu por cada ponto. O espaço amostral, que é a nascente como um todo, é de propriedade particular e muito próximo das residências, menos de 50 metros.

**Figura 3** – Vista geral da nascente na área amostral localizada no bairro da Piteira.



**FONTE:** Do autor

No ponto 01 da nascente da Piteira (Figura 4, D) foi notada a presença antrópica. O local apresentava lixo, animais e cercas de separação de lotes. Neste ponto não foi observado lançamento de esgoto, mas a área apresentou plantações de bananeiras e verduras.

No ponto 02 (Figura 4, E), quando comparado aos demais, ocorreu maior presença da vegetação, com sombreamento praticamente em todo o período do dia. O local apresenta uma variedade de folhas sobre o solo e na água, pedras e troncos de árvores, marcas de animais (gados e equinos) e ausência de lixo. Neste ponto, nota-se menor presença antrópica, sendo considerado o ponto mais preservado.

Já o ponto 03 (Figura 4, F) é marcado visivelmente pela ação antrópica, o local está totalmente descampado e serve de atalho entre bairros por pessoas. Foi observado a presença de lixo próximo ao ponto, queimadas e o uso contínuo de animais (gados e equinos) com pisoteio na água e descarte de fezes e de urina no local. O local é marcado por pastagem (gramíneas) e a água é escura e apresenta um leve cheiro.

**Figura 4** – Pontos de amostragens da nascente localizada no bairro da Piteira. (D) Ponto 01; (E) Ponto 02; (F) Ponto 03



**FONTE:** Do autor

Assim como na nascente do Samuel, o método de IIAN (Índice de Impacto Ambiental em Nascentes) proposto pelo estudo de Gomes; Melo e Vale (2005) foi aplicado em cada ponto da nascente do Piteira utilizando os indicadores macroscópicos que relacionou ao grau de preservação e a sua classe tanto em cada ponto quanto de modo geral.

**Tabela 4** – Nível de qualidade relativo aos aspectos macroscópicos e grau de preservação da nascente da Piteira.

<b>Indicadores</b>	<b>1 Ponto</b>	<b>2 Ponto</b>	<b>3 Ponto</b>	<b>P.1</b>	<b>P.2</b>	<b>P.3</b>
Cor da água	Escura	Clara	Transparente	3	3	1
Odor	Cheiro forte	Cheiro fraco	Sem cheiro	3	3	2
Lixo ao redor	Muito	Pouco	Sem lixo	2	3	2
Materiais flutuantes	Muito	Pouco	Sem materiais flutuantes	3	3	3
Espumas	Muita	Pouca	Sem espuma	3	3	3
Óleo	Muito	Pouco	Sem óleo	3	3	3
Esgoto	Esgoto doméstico	Fluxo superficial	Sem esgoto	3	3	3
Vegetação (preservação)	Alta degradação	Baixa degradação	Preservada	2	2	1
Uso por animais	Presença	Apenas marcas	Não detectado	1	2	1
Uso por humanos	Presença	Apenas marcas	Não detectado	1	3	1
Proteção local	Sem proteção	Com proteção (mas com acesso)	Com proteção (sem acesso)	2	1	1
Proximidade com residência ou estabelecimento	Menos de 50 m	Entre 50m e 100m	Mais de 100 m	1	2	2
Tipo de área de Inserção	Ausente	Propriedade privada	Parque ou área protegidas	2	2	2
<b>TOTAL</b>				<b>29</b>	<b>33</b>	<b>25</b>
<b>CLASSE</b>				<b>D</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
<b>MEDIA TOTAL</b>					<b>29</b>	
<b>CLASSE GERAL</b>					<b>Ruim</b>	

**FONTE:** Gomes, Melo e Vale (2005)

O ponto 01 da Piteira apresentou 29 pontos e se enquadrou na classe D. Este dado diz que a nascente indicou um grau de preservação “ruim”. Já o ponto 2 obteve 33 pontos e se enquadrou na classe C, ou seja, o local apresentou um grau “razoável” de preservação. O ponto 03 foi o que apresentou um estado “péssimo” de preservação. É o ponto mais degradado da nascente.

A média dos pontos amostrados indica que a nascente da Piteira se enquadra, de forma geral, na classe D, nível “ruim” no grau de preservação.

### 5.3. Análise geral das nascentes do Samuel e da Piteira

Todas as duas nascentes apresentaram fatores antrópicos que contribuíram para tornar esses ambientes impactados, assim como outros estudos vêm relatando problemas relacionados às nascentes decorrentes do processo de urbanização, os interesses privados e o desconhecimento ambiental prevalecem (SAKATA e KIMURA, 2018).

A qualidade de água das nascentes está relacionada diretamente a sua preservação. A utilização de instrumentos de estudos foi capaz de analisar o grau de preservação das nascentes como um todo. Vale ressaltar que ambas as nascentes apresentaram um grau de preservação “ruim” de um modo geral. Gomes; Melo e Vale (2005), retrata que qualquer atividade humana provoca modificações nos processos naturais e conseqüentemente altera seus rumos porque rompe o equilíbrio em maior ou menor grau.

### 5.4. Quantificação dos macroinvertebrados bentônicos e análise faunística

Todos os táxons identificados foram organizados e agrupados em planilhas por pontos especificamente nas tabelas das nascentes do Samuel (Tabela 5) e Piteira (Tabela 6).

**Tabela 5** – Quantificação dos macroinvertebrados bentônicos da nascente do Samuel

Táxons	Soma				Média			
	P.1	P.2	P.3	Soma total	P.1	P.2	P.3	Média Total
Plecoptera	2	0	0	2	0,18	0	0	0,06
Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	1	1	1	3	0,09	0,08	0,08	0,08
Megaloptera	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipoda	0	0	4	4	0	0	0,31	0,10
Isopoda	0	0	0	0	0	0	0	0
Anisoptera	1	1	0	2	0,09	0,08	0	0,06
Zigoptera	27	29	66	122	2,45	2,23	5,08	3,25
Bivalvia	4	11	25	40	0,36	1,69	1,92	1,33
Gastropoda	16	123	34	173	1,45	9,08	2,62	4,38
Coleoptera	19	63	51	133	1,73	4,38	3,92	3,34
Tricladida	1	1	2	4	0,09	0,08	0,15	0,11
Hemiptera	10	5	25	40	0,91	0,38	1,92	1,07

Hirudinea	2	2	1	5	0,18	0,15	0,08	0,14
Diptera	3	7	9	19	0,27	0,54	0,69	0,50
Culicidae	8	2	3	13	0,73	0,15	0,23	0,37
Chironomidae	64	51	10	125	5,82	4,15	0,77	3,58
Oligochaeta	35	42	78	155	3,18	3,00	6,00	4,06
Polychaeta	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	0	0	5	5	0	0	0,38	0,13

FONTE: Do autor

**Tabela 6** – Quantificação dos macroinvertebrados bentônicos da nascente da Piteira

Táxons	Soma			Soma total	Média			Média total
	P.1	P.2	P.3		P.1	P.2	P.3	
Plecoptera	1	0	0	1	0,08	0	0	0,03
Ephemeroptera	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	6	56	1	63	0,46	4,31	0,08	1,62
Megaloptera	0	2	1	3	0	0,15	0,08	0,08
Decapoda	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipoda	2	0	0	2	0,15	0	0	0,05
Isopoda	0	0	0	0	0	0	0	0
Anisoptera	8	3	8	19	0,62	0,23	0,62	0,49
Zigoptera	30	44	3	77	2,31	3,38	0,23	1,97
Bivalvia	56	21	29	106	4,31	1,62	2,23	2,72
Gastropoda	144	46	86	276	11,08	3,54	6,62	7,08
Coleoptera	57	114	32	203	4,38	8,77	2,46	5,21
Tricladida	14	19	2	35	1,08	1,46	0,15	0,90
Hemiptera	1	1	3	5	0,08	0,08	0,23	0,13
Hirudinea	8	6	14	28	0,62	0,46	1,08	0,72
Diptera	7	18	18	43	0,54	1,38	1,38	1,10
Culicidae	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	43	227	44	314	3,31	17,46	3,38	8,05
Oligochaeta	26	35	73	134	2,00	2,69	5,62	3,44
Polychaeta	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	10	3	7	20	0,77	0,23	0,54	0,51

FONTE: Do autor

A quantificação dos macroinvertebrados bentônicos em cada ponto apresentou uma resposta comparativa com o grau de conservação das nascentes, uma vez que alguns táxons não toleram em ambientes degradados e vale ressaltar que as duas nascentes (Samuel e Piteira) não estão preservadas. A resposta dos macroinvertebrados bentônicos é um fator indicativo para tirar tais conclusões.

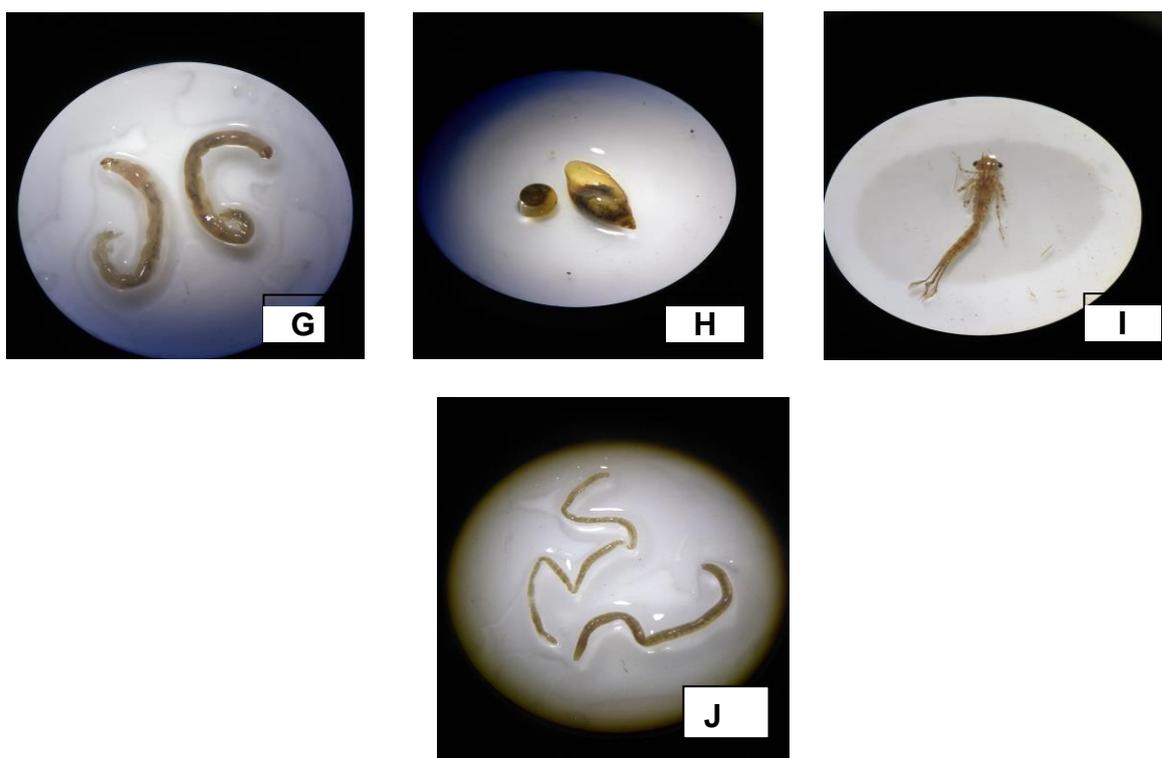
Os táxons com maiores números de indivíduos em destaque na nascente do Samuel (Figura 3) foram os dípteros da família Chironomidae (G) totalizando 64 indivíduos no Ponto 01. Podem viver na lama e na água com baixos níveis de oxigênio

e são muito tolerantes à poluição pois apresentam hemoglobina permitindo capturar oxigênio com facilidade (BIS e KOSMALA, 2005).

Os Gastropoda (H) é a que mais se destacou no ponto 02 da nascente do Samuel, totalizando 123 indivíduos. Conhecido como Caracóis de água doce apresenta uma concha para proteger o seu corpo, são tolerantes à poluição, mas sensíveis a poluição tóxica e alguns vêm à superfície para captar o oxigênio (BIS e KOSMALA, 2005).

No ponto 3 da nascente do Samuel os táxons apresentaram maiores números de indivíduos de Zygoptera (I) totalizando 66 indivíduos e as Oligochaeta (J) que apresentaram 78 indivíduos. As Zigópteras, chamada de larvas de libelinhas, tem o seu habitat plantas, pedras e folhas no fundo das águas de fluxo lento e são tolerantes à poluição, mas as suas larvas são sensíveis às perturbações (BIS e KOSMALA, 2005). As Oligoquetas (J), chamadas de minhocas aquáticas são extremamente tolerantes à poluição e conseguem sobreviver em ambientes com baixa concentração de oxigênio e se alimentam de algas e bactérias e estão presentes nos fragmentos de rochas e lama (ARAÚJO e TEIXEIRA, 2018).

**Figura 5** – Táxons encontrados por pontos na nascente do Samuel. (G) Ponto 01; (H) Ponto 02; (I) e (J) Ponto 03.

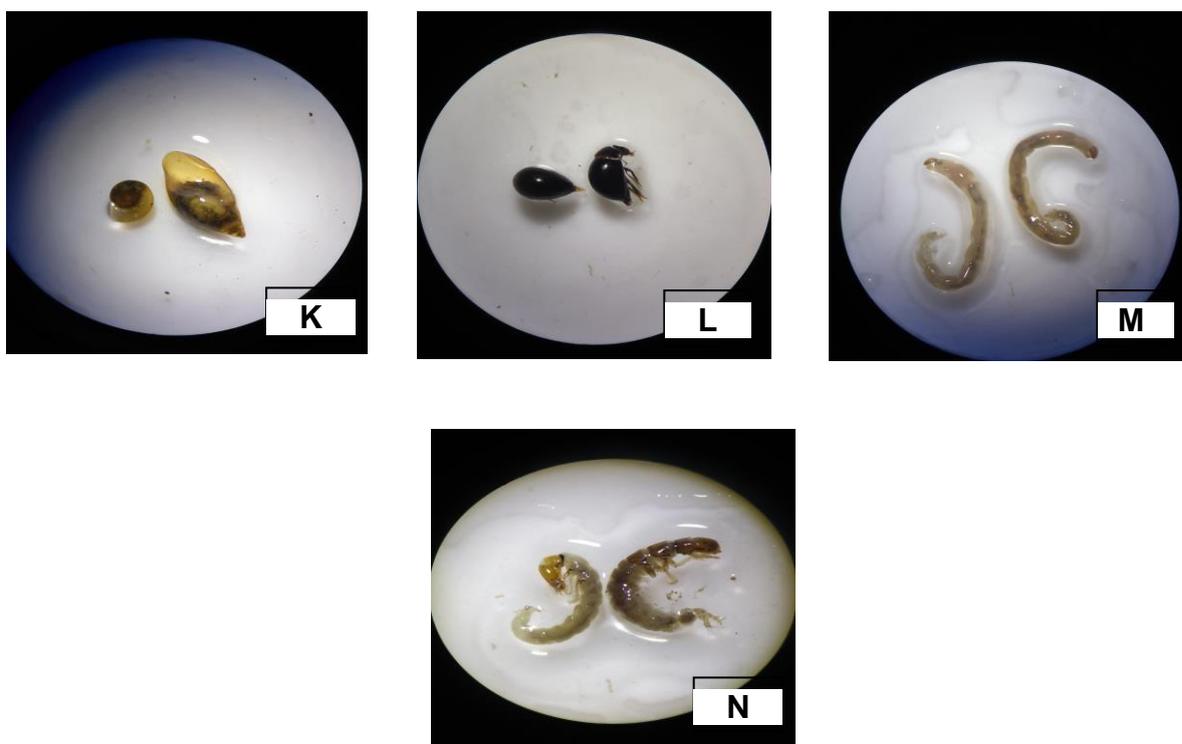


**FONTE:** Do autor

Na nascente da Piteira os táxons que mais apresentaram números de indivíduos (Figura 4) foram as Gastropoda (K) totalizando 144 indivíduos no ponto 01. No ponto 02 ocorreu a predominância de Coleoptera (L) com 114 indivíduos e Chironomidae (M) com 227 indivíduos. Enquanto os coleópteros apresentam tolerância à poluição, os quironomídeos são muito tolerantes (BIS e KOSMALA, 2005). Esta área foi classificada como "razoável" estado de conservação, então vale destacar o táxon Trichoptera (N) que apresentou 56 indivíduos.

No ponto 03 destacaram as Gastropoda, as Coleoptera e as Chironomidae, ambas tolerantes à poluição com exceção dos quironomídeos que são extremamente tolerantes. Este ponto foi classificado de "péssimo" grau de preservação.

**Figura 6** – Táxons encontrados por pontos na nascente da Piteira. (K) Ponto 01; (L) e (M) Ponto 02; (N) Ponto 03.



**FONTE:** Do autor

Por fim, as nascentes de modo geral, como alvo de estudo apresentaram um grau "ruim" de preservação e os macroinvertebrados bentônicos foram ferramentas importantes na detecção da qualidade ambiental nestes locais.

Os quironomídeos se destacaram como qualquer outro grupo taxonômico devido apresentarem adaptações que exigem viver em extremo pH porque são influenciados pelas condições físicas e químicas da água (SILVA, 2007).

Todas as táxons de destaque nas duas nascentes foram tolerantes à poluição e como já avaliado, ou seja, o estudo do macroinvertebrados bentônicos foi relevante para tal fim, salvo que algumas espécies que são sensíveis à poluição apresentaram pouquíssimos exemplares.

Diante de todos os grupos taxonômicos apresentados nas duas nascentes a utilização do Software para o estudo faunístico foi realizado para se obter um outro conhecimento da entomofauna nos ecossistemas escolhidos (SILVEIRA NETO *et al.* (1976; 1995). Sendo assim, os táxons tornaram-se indicativos ecológicos para a avaliação do impacto ocorrido nos pontos escolhidos, expressos na Tabela 7 (Nascente Samuel) e Tabela 8 (Nascente Piteira).

As comunidades tiveram seus perfis faunísticos através dos índices de constância, abundância, frequência e dominância, além das espécies predominantes na qual se destacaram por obter os maiores índices faunísticos.

**Tabela 7** – Análise faunística dos macroinvertebrados bentônicos da nascente do Samuel

Táxons	N.Indivíduos	N.Coletas	Domin	Abund	Freq	Const
Plecoptera	2	1	ND	R	PF	Z
Trichoptera	3	3	ND	R	PF	Z
Amphipoda	4	2	ND	R	PF	Z
Anisoptera	2	2	ND	R	PF	Z
*Zigoptera	122	29	D	Ma	MA	W
Bivalvia	40	12	D	C	F	W
*Gastropoda	173	27	D	Ma	MF	W
*Coleoptera	133	32	D	Ma	MF	W
Tricladida	4	4	ND	R	PF	Y
Hemiptera	40	12	D	C	F	W
Hirudinea	5	4	ND	R	PF	Y
Diptera	19	14	D	D	PF	W
Culicidae	13	8	D	D	PF	W
*Chironomidae	125	19	D	Ma	MF	W
*Oligochaeta	155	23	D	Ma	MF	W
Nematoda	5	1	ND	R	PF	Z

\*Espécie predominante.

Domin.= Dominância, Abund. =Abundância, Freq.= Frequência, Const. = Constância.

C= constante, D= dominante, R= rara, ND = não dominante, Ma= muito abundante, D = dispersa, MF= muito frequente, F = frequente, PF = pouco frequente, W = constante, Y = acessória, Z = acidental.

**FONTE:** ANAFU

A classe Gastropoda é um táxon predominante, muito abundante, muito constante e muito frequente na nascente do Samuel. Alimentam-se de algas e de plantas em decomposição (BIS e KOSMALA, 2005). O local como já analisado está degradado e a espécie é tolerante à poluição.

As outras espécies que também compõe a sua predominância são as de ordem Coleoptera, os Chironomidae e a classe de Oligochaeta.

**Tabela 8** – Análise faunística dos macroinvertebrados bentônicos da nascente da Piteira

Táxons	N.Indivíduos	N.Coletas	Domin	Abund	Freq	Const
Plecoptera	1	1	ND	R	PF	Z
Trichoptera	63	8	D	C	F	W
Megaloptera	3	2	ND	R	PF	Z
Amphipoda	2	2	ND	R	PF	Z
Anisoptera	19	11	D	D	PF	W
Zigoptera	77	22	D	C	F	W
Bivalvia	106	24	D	C	F	W
*Gastropoda	276	35	D	Ma	MF	W
*Coleoptera	203	30	D	Ma	MF	W
Tricladida	35	9	D	C	F	W
Hemiptera	5	5	ND	R	PF	Y
Hirudinea	28	15	D	D	PF	W
Diptera	43	13	D	C	F	W
*Chironomidae	314	24	D	Ma	MF	W
Oligochaeta	134	29	D	A	MF	W
Nematoda	20	11	D	D	PF	W

\*Espécie predominante.

Domin.= Dominância, Abund.= Abundância, Freq.= Frequência, Const. = Constância.

C= constante, D= dominante, R= rara, ND = não dominante, Ma= muito abundante, D = dispersa, MF= muito frequente, F = frequente, PF = pouco frequente, W = constante, Y = acessória, Z = acidental.

**FONTE:** ANAFU

Na nascente da Piteira o táxon que se destacou na análise de fauna foi Chironomidae. Em outros termos são dominantes, muito abundante, muito constante e muito frequente. É uma espécie muito tolerante à poluição, juntamente com as Oligochaetas.

As Oligochaetas vivem em ambientes com baixa concentração de oxigênio e onde mais concentrou a sua existência foi o ponto 03. O local apresenta plantas aquáticas marcadas pela sua eutrofização. É uma espécie dominante, muito abundante, muito constante e muito frequente. Outra espécie dominante na nascente é a classe Gastropoda.

No ponto 02 da nascente ocorreu a presença da ordem Trichoptera. É o ponto que apresentou um “razoável estado de preservação, como não é uma espécie predominante neste local, a sua presença se fez dominante, frequente e constante devido o que o ambiente lhe oferece porque utilizam o gancho na extremidade do seu corpo para se fixarem ao substrato e são sensíveis a um grau de poluição (BIS e KOSMALA, 2005) e são organismos importantes dentro de sistema lótico (OLIVEIRA e BISPO, 2001), e gostam de ambientes com alta diversidade (GOULART e CALLISTO, 2003).

### **5.5. Resultado dos parâmetros físicos e químicos das nascentes do Samuel e da Piteira e sua correlação com macroinvertebrados bentônicos**

A tabulação dos parâmetros físicos e químicos da nascente do Samuel foram realizados por pontos. A sonda multiparâmetro era posicionada dentro do local escolhido e com o tempo de 1 minuto aproximadamente de espera para gerar os dados necessários. Para cada ponto se fazia a limpeza da mesma com água destilada.

Nas tabelas foram realizadas as médias por cada ponto e média total dos parâmetros físicos e químicos das nascentes do Samuel (Tabela 9) e nascente da Piteira (Tabela 10). Os resultados classificados de acordo com o enquadramento dos corpos d'água proposto pela Resolução do CONAMA nº 357/2005.

**Tabela 9** – Análise dos resultados relacionados aos parâmetros da qualidade da água na nascente do Samuel.

<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>Média total dos pontos</b>
<b>pH</b>	6,59	6,21	6,83	6,55
<b>Oxigênio dissolvido (OD%)</b>	65,45	66,52	58,44	63,47

<b>Oxigênio dissolvido (ODml/L)</b>	5,43	5,40	4,54	5,13
<b>Condutividade (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	170,36	137,08	179,54	162,33
<b>Sólidos Totais (ST/ppm)</b>	102,82	94,54	114,77	104,04
<b>Temperatura</b>	20,50	21,09	20,61	20,74

**FONTE:** Do autor

Na nascente do Samuel a média total do pH foi de 6,55. Pela Resolução, o padrão tolerado é entre 6 a 9. Sendo assim, a qualidade da água de modo geral está dentro do exigido.

A média total de oxigênio dissolvido na área amostral da nascente do Samuel foi 63,47% e de 5,13 mg/l. O padrão tolerado para o oxigênio dissolvido (mg/L) é de S 6, ou seja, para este padrão a água não está boa. Vale ressaltar que todas as médias por cada ponto indicaram um padrão abaixo proposto pela resolução sobre qualidade de água. Alguns táxons conseguem sobreviver em águas com baixa presença de oxigênio dissolvido (BRASIL, 2014), no caso desta área amostral destacou-se as Chironomedeos, as Gastropodas e as Oligochaeta. A exigência para cada organismo é de 2 a 5 mg/l de oxigênio dissolvido. No ponto 03 da nascente do Samuel, a área estava fechada por vegetação, a presença de OD mg/L foi um pouco baixa, apresentou 4,54 mg/l em relação aos outros dois pontos 01 e 02 que apresentaram 5,43 e 5,40 mg/l respectivamente. Esta baixa concentração pode ter sido em decorrência da passagem de luz solar, sendo este o responsável pela alteração, segundo estudo de Cardoso e Novaes (2013).

A condutividade elétrica teve sua média total de 116,33  $\mu\text{S/cm}$ . Em ambientes naturais está em torno de 10 a 100  $\mu\text{S/cm}$ , em ambientes poluídos podem chegar a 1000  $\mu\text{S/cm}$  (BRASIL, 2014). No ponto 02 a condutividade foi baixa, 94,54  $\mu\text{S/cm}$ , em comparação aos outros dois pontos apresentaram condutividade elétrica 170,36  $\mu\text{S/cm}$  no ponto 01 e 179,54  $\mu\text{S/cm}$  no ponto 03.

A média total dos sólidos totais foi de 104,04 ST/ppm e a temperatura de 20,74 °C. A área amostral da nascente do Samuel apresentou a presença de vegetação em todos os pontos. O aumento da temperatura pode ocorrer a redução ou extinção de alguns táxons porque interfere em alguns outros parâmetros da água, principalmente no oxigênio dissolvido de Cardoso e Novaes (2013).

**Tabela 10** – Análise dos resultados relacionados aos parâmetros da qualidade da água na nascente da Piteira.

<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>Média total dos pontos</b>
<b>pH</b>	6,90	6,95	7,08	6,98
<b>Oxigênio dissolvido (OD%)</b>	82,09	84,40	81,72	82,74
<b>Oxigênio dissolvido (ODml/L)</b>	6,22	6,55	6,40	6,38
<b>Condutividade</b>	206,77	196,23	208,92	203,97
<b>Sólidos Totais (ST/ppm)</b>	122,00	117,54	128,54	122,69
<b>Temperatura</b>	21,82	21,73	21,89	21,82

**FONTE:** Do autor

Nascente da Piteira, a média total do pH foi de 6,98, ou seja, está dentro do padrão tolerado indicando que para este parâmetro a água está boa. Todas as médias de pH em cada um dos pontos também assumiram valores dentro do padrão.

O oxigênio dissolvido na nascente da Piteira assume valores maiores em relação a nascente do Samuel. A média total de oxigênio dissolvido foi de 82,74 % e de 6,38 mg/l, isto referindo a média de todos os pontos. Sendo assim, o oxigênio dissolvido em mg/l na área amostral está dentro do padrão exigido por lei e a água para este parâmetro está boa. Em destaque, o ponto 02 da nascente da Piteira, apresentou 84,40% e de 6,55 mg/l de oxigênio dissolvido. O ambiente é propício para alguns táxons, é o caso das Trichoptera, é o ponto que apresentou um estado razoável de conservação.

A média total da condutividade elétrica na área amostral da Piteira foi de 203, 97  $\mu$ S/cm, maior que a da nascente do Samuel. Em alguns pontos da Piteira ocorreu a presença humana e animal, logo o resultado teve relação com ambientes poluídos, ultrapassando dos 100  $\mu$ S/cm. Assim como a média geral dos sólidos totais, 122,69 ST/ppm.

A temperatura na nascente da Piteira esteve na média total de 21,82 °C, destaque do ponto 03 que não apresentou uma cobertura florestal.

### 5.6. Correlação entre os parâmetros físicos e químicos com macroinvertebrados bentônicos das nascentes do Samuel e da Piteira através do Coeficiente de Pearson

A correlação entre os parâmetros da água e dos macroinvertebrados bentônicos, em ambas as nascentes, estão relacionados ao conceito de significância estatística. Quanto mais observações têm as amostras, menores são os efeitos de aleatoriedade. O p-valor é uma medida útil para avaliarmos se o efeito observado pode ou não ser apenas efeito de fenômeno aleatório. Um p baixo significa que a chance de estarmos medindo um efeito puramente aleatório é pequeno.

**Tabela 11** - Análise da correlação de Pearson entre as variáveis macroinvertebrados bentônicos e parâmetros da água da nascente do Samuel.

Total MB	pH	OD	Od mg/L	Cond.	ST	Temperatura
18	6,86	55,9	4,41	214	107	21,9
0	6,53	48,4	3,81	212	106	22,05
3	6,26	34,2	2,74	196	98	20,99
40	6,43	53,6	4,34	198	99	20,37
17	6,3	42	3,37	199	99	20,74
49	6,74	35	2,84	182	91	20,11
10	7,14	32,2	2,69	198	99	19,24
12	6,52	54,6	4,34	109	54	21,19
15	6,99	59,6	4,59	202	101	20,81
11	7,32	46,6	3,7	201	100	19,03
20	5,94	43,5	3,42	97	195	19,5
12	6	67,7	5,48	130	208	20,24
4	6,67	65,1	6,87	105	53	19,98
21	6,55	60,2	8,09	110	51	21,19
22	6,85	50	3,94	202	101	19,08
9	5,64	92,6	7,79	198	95	18,76
43	4,99	44,2	3,21	205	103	19,87
27	7,7	66,8	5,45	205	102	18,11
15	6,91	81,8	5,73	109	54	20,67
32	6,92	87,4	7,09	95	45	20,4
29	6,82	46,6	3,85	198	99	19,42
19	6,7	77,9	6,4	103	52	18,94
27	5,57	104,7	8,82	54	24	18,5
11	6,56	59,4	4,81	193	96	19,03
43	6,68	68,5	6,88	108	54	21,94
26	7,22	90,4	6,75	95	47	20,8

17	7,32	83,3	6,43	194	97	20,84
67	6,04	103,5	7,71	111	104	21,85
40	7,44	97,7	6,54	104	98	22,18
47	6,11	44,6	3,5	161	80	22,45
11	6,79	58,9	4,6	224	112	22,57
15	6,66	77,5	5,67	249	237	22,59
1	5,69	49,9	3,83	170	162	22,51
32	6,72	55	4,28	205	195	22,34
9	5,51	68,2	5,28	191	181	22,13
25	6,44	91,4	6,32	164	159	23,38
46	6,66	45,5	3,5	99	94	22,23
Correlação	-0,02	0,09	-0,09	0,12	0,29	0,41
Estatística t	-0,12	0,53	-0,52	0,69	1,78	2,67
p-valor	0,91	0,60	0,61	0,50	0,08	0,01
Significativo a 5%?	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM

FONTE: Do autor

Na nascente do Samuel (Tabela 11), no caso das amostras apresentadas, para um parâmetro observamos p-valor baixo, 0,01, representado pela temperatura, sugerindo um padrão sazonal bem definido. Isso significa que a correlação não é estatisticamente diferente de 0, ou seja, a resposta evidencia uma correlação a significância a 5%. Foi atribuído a estatística t para auxiliar no cálculo do p-valor para evidenciar a significância na correlação.

Calculou-se ainda a correlação dos macroinvertebrados bentônicos aos parâmetros de qualidade de água, pH, OD (%), OD (mg/l), condutividade e sólidos totais. As respostas de significância a 5% indicaram que não houve evidências de que existiu correlação entre as variáveis.

**Tabela 12** - Análise da correlação de Pearson entre as variáveis macroinvertebrados bentônicos e parâmetros da água da nascente da Piteira.

Total MB	pH	OD	Od mg/L	Cond.	ST	Temperatura
80	6,65	67,6	5,29	295	148	22,49
30	7,03	85,6	6,68	271	135	22,3
12	7,21	68	5,35	269	135	22,59
45	6,51	57,8	4,55	373	187	21,89
51	6,69	69,7	5,5	285	143	21,78
33	6,95	73,5	5,85	274	137	21,33
48	7,25	67	5,29	293	146	21,81
20	7,15	69,5	5,46	282	141	22,1
18	7,15	68,8	5,44	265	133	21,83

21	6,62	52,2	4,25	291	145	21,42
29	7,18	64,8	4,79	145	141	21,55
26	7,07	62,5	5,03	138	69	20,95
14	6,98	90,4	6,04	151	75	21,3
14	6,88	86	6,64	146	74	21,55
15	6,94	81,9	6,39	141	71	21,06
11	7,14	77,1	6,29	142	71	20,49
22	7,25	81,73	6,59	140	73	19,7
25	7,38	80,6	6,47	145	77	20,6
44	7,37	83,9	6,75	165	72	21,09
21	7,13	69,5	5,42	137	64	20,69
18	7,09	74,3	5,91	142	71	21,27
4	6,87	78,2	6,1	142	71	21,21
16	7,1	89,7	7,22	276	138	20,62
13	7,04	85,4	6,94	275	138	20,58
18	6,91	102,6	5,98	146	73	21,89
48	6,81	90,8	6,82	280	140	21,57
19	7,4	96,9	7,59	148	71	22,04
14	7,07	89,1	7,17	153	145	22,4
149	6,72	79,2	6,19	143	135	21,98
70	6,91	88	6,78	282	271	22,8
28	6,81	97	7,6	133	67	22,51
149	6,4	108,4	8,39	179	89	23,49
32	6,61	88,8	6,81	251	126	23,66
28	6,95	111	8,34	255	243	22,46
21	7,01	101,3	7,7	135	129	22,61
20	7,29	97,4	7,4	254	244	28,83
59	6,55	93,3	7,15	149	143	22,69
25	7,02	100,8	7,75	132	126	22,6
20	7,05	96,2	6,85	132	128	23,07
Correlação	-0,53	0,09	0,13	0,10	0,19	0,36
Estatística t	-3,84	0,57	0,77	0,69	1,15	2,38
p-valor	0,00	0,57	0,45	0,55	0,26	0,02
Significativo a 5%?	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM

**FONTE:** Do autor

No caso da nascente da Piteira (Tabela 12), para os dois parâmetros, pH e temperatura em relação aos macroinvertebrados bentônicos existiu evidências de correlação entre as variáveis. Para os demais parâmetros, OD (%), OD (mg/l), condutividade e sólidos totais não houve evidências de correlação.

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através das variáveis, macroinvertebrados bentônicos e indicadores macroscópicos, mostraram que tanto a nascente do Samuel quanto a nascente da Piteira, ambas localizadas na área urbana da cidade de Bom Sucesso – MG, tiveram a sua classificação geral um estado ruim de preservação. As duas nascentes apresentaram em suas áreas amostrais a presença antrópica.

Condizente com as situações das nascentes, o estudo dos macroinvertebrados bentônicos apontou em seus táxons a presença de organismos extremamente tolerantes à poluição nas duas áreas de estudo. Logo, para estes fins, podemos afirmar que o trabalho dos bioindicadores em relação a preservação das nascentes fomentou o qual impactado estão essas áreas.

Quanto aos parâmetros de qualidade de água das duas nascentes, destacamos o pH que para ambas áreas de estudo apresentaram os seus resultados dentro do padrão de por lei e o oxigênio dissolvido (mg/L) na nascente do Piteira que apresentou valor acima de 6 mg/l de oxigênio dissolvido da média geral, enquanto a nascente do Samuel apresentou valor menor.

Estatisticamente, a variável temperatura na nascente Samuel apresentou correlação com os macroinvertebrados bentônicos. O mesmo aplicou-se para a nascente da Piteira aos parâmetros pH e temperatura. Para as demais variáveis, através do teste de significância não houve evidências que existiu correlação entre os parâmetros físicos e químicos.

Por fim, o estudo mostrou uma relação forte entre as variáveis de estudos (macroinvertebrados bentônicos, parâmetros de qualidade de água e indicadores macroscópicos). Ocorreu uma relação de dependência das mesmas. Para trabalhos futuros, se faz necessário um amplo estudo com outras nascentes urbanas localizadas dentro do município para se discutir qualidade de água e a biota associada.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Panorama das águas: quantidade de água. Brasília, DF. [2020]. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em 30 set. 2020.
- ANELLI, R. L. S. Uma nova cidade para as áreas urbanas. Instituto de arquitetura e urbanismo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 69-84. ago. 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142015000200069&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200069&lng=en&nrm=iso) <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200005>. Acesso em: 22 de out. 2018.
- ARAÚJO, S. W de; TEIXEIRA, F. T. V. Bioindicadores de qualidade de água (Macroinvertebrados bentônicos) como subsídio para atividades de educação ambiental. **Revista Vozes dos Vales**, Vale do Jequitinhonha e Mucuri, n. 14, ano VII. 2018. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2018/10/Tavares1008.pdf>. Acesso em: 04 out. 2020.
- ARIAS, A. R. L. *et al.* Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141381232007000100011&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141381232007000100011&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 13 out. 2020.
- BALBINOT, R. *et al.* O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, [S.l.], v. 4; n. 1 Jan./Abr. 2008. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/294/1892>. Acesso em: 30 de set. 2020.
- BIS, B.; KOSMOLA, G. **Chave de identificação de macroinvertebrados bentônicos de água doce**: Education and Culture, Project CO. Polónia, 2005. Disponível em: [https://voluntariadoambientalagua.apambiente.pt/FileControl/Site/Doc/136cards\\_chave\\_mib.pdf](https://voluntariadoambientalagua.apambiente.pt/FileControl/Site/Doc/136cards_chave_mib.pdf). Acesso em: 03 mar. 2019.
- BRAGA, B. P. F. *et al.* Pacto federativo e gestão de águas. **Estudos avançados**, São Paulo. v. 22, n. 63, p. 17-42. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a03.pdf>. Acesso em: 02 out. 2020.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 04 out. 2020.
- BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 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 n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 11 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade de água para técnicos que trabalham nas ETAS/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde.** – Brasília: Funasa, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdcbc-8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em: 05 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade de água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf). Acesso em: 12 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm). Acesso em 10 nov. 2020.

CALLISTO, M; GONÇALVS JÚNIOR, J. F.; MORENO, P. **Invertebrados aquáticos como bioindicadores.** Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2018/08/invertaquaticos.pdf>. Acesso em: 13 ut. 2020.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; M. GOULART. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 6, n.1, p.71-82; jan./mar. 2001. Disponível em: [http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/callisto.et.al.2001.RBRH.pdf](http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/callisto.et.al.2001.RBRH.pdf). Acesso em: 15 jun. 2019.

CARDOSO, R. S.; NOVAES, C. P. Variáveis limnológicas e macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Presidente Prudente, SP, v. 1, n. 5, p. 16-35, 2013. Disponível em: [http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/510/536](http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/510/536). Acesso em 05 out. 2020.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma Técnica L 5.309:** Determinação de bentos de água doce - macroinvertebrados: métodos qualitativo e quantitativo. São Paulo, 16 p.

CHAGAS, F. B. *et al.* Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade da água em rios no sul do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 3, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambigua/v12n3/1980-993X-ambigua-12-03-00416.pdf>. Acesso em: 01 de nov. 2018.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições de limites de Área de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em: 20 set. 2020.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 357, de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:

[http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round9/sismica\\_R9/Legisla%C3%A7%C3%A3o/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%20357-05.pdf](http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round9/sismica_R9/Legisla%C3%A7%C3%A3o/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%20357-05.pdf). Acesso em: 05 dez. 2020.

FERREIRA, M. I. P.; SILVA, J. F. da.; M, R. de C.; Recursos hídricos: água no mundo, no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Lamago**, Campo dos Goytacazes, RJ, v.2 n. 2, jul /dez. 2008.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Ines\\_Ferreira/publication/272906230\\_Recursos\\_hidricos\\_agua\\_no\\_mundo\\_no\\_Brasil\\_e\\_no\\_Estado\\_do\\_Rio\\_de\\_Janeiro/links/564cab7908ae7ac727e208de.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Ines_Ferreira/publication/272906230_Recursos_hidricos_agua_no_mundo_no_Brasil_e_no_Estado_do_Rio_de_Janeiro/links/564cab7908ae7ac727e208de.pdf). Acesso em 29 de out. 2020.

FULAN, J. A.; DAVANSO, R. C. S.; HENRY, R. A variação nictemeral das variáveis físicas e químicas da água influencia a abundância dos macroinvertebrados aquáticos? **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 150-157, abr./jun. 2009. Disponível em:

<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1159/852>. Acesso em: 05 out. 2020.

GOMES, P. M.; MELO, C; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.17, n. 32, p. 102-120, jan. /2005. Disponível em

<http://tuxchi.redalyc.org/articulo.oa?id=321327186009>. ISSN 0103-1570. Acesso em: 27 de out. 2018.

GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, Belo Horizonte, ano 2, n. 1, p.153-164. 2003. Disponível em:

[http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/Goulart%20&%20Callisto-Fapam.pdf](http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Goulart%20&%20Callisto-Fapam.pdf). Acesso em: 13 out. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**: Bom Sucesso, população residente. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bomsucesso/pesquisa/23/25207?tipo=ranking&indicador=25199>. Acesso em: 11 de set. 2018.

IEKEMATSU, P. *et al.* Aspectos técnicos para priorização de recursos em recuperação e conservação de nascente. **Revista de Águas Subterrâneas**, São Paulo, 2016. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28740/18645>. Acesso em: 01 nov. 2020.

MARENCO, J. A.; Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a06.pdf>. Acesso em 01 out. 2020.

MUKAKA, M. M. Statistics corner: a guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, [s.l.]. v. 24, n. 3, p. 69-71, sep. 2012.

Disponível em: <file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/81576-Article%20Text-194640-1-10-20120926.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.

NASCENTES do Brasil: estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas. São Paulo: WWF: Imprensa Oficial, 2007. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/nascentes-do-brasil-estrategias-para-a-protecao-de-cabeceiras-em-bacias-hidrograficas.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

SOUZA NETO, W. M. de S. Avaliação da distribuição espacial de zona de armazenamento de água em nascente perene de microbacia instável barra de Guaratiba, RJ. 2010, Seropédica, RJ. Repositório. Disponível em: <http://repositorio.im.ufrj.br:8080/jspui/handle/1235813/2943>. Acesso em: 30 de set. 2020.

OLIVEIRA, L. G; BISPO, P. C. Ecologia de comunidade das larvas de Trichoptera Kirby (Insecta) em dois córregos de primeira ordem da serra dos Pirineus, Pirenópolis; Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Goiás, v. 18, n. 4, p. 1245-1252, 2001. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0073-47212011000200004&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0073-47212011000200004&script=sci_arttext). Acesso em: 12 de nov. 2020.

OLIVEIRA, P. C. R. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água e do sedimento das bacias hidrográficas dos rios Lavapés, Capivara, Araquá e Pardo, município de Botucatu (SP) e região. 2009. 184 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/99466>. Acesso em: 23 de out. 2018.

PIMENTA, S. M. BOAVENTURA, G. R.; PEÑA, A. P.; RIBEIRO, T. G. Estudo de qualidade de água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 1, Jan/Mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n1/1980-993X-ambiagua-11-01-00198.pdf>. Acesso em: 23 de out. 2018.

QUEIROZ, J. F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. C. Organismos bentônicos da qualidade das águas da bacia do médio São Francisco. Jaguariuna: Embrapa, 2000, 4 p. (**Comunicado técnico n. 3**). Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5839/1/organ\\_bentonicos.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5839/1/organ_bentonicos.pdf). Acesso em: 05 de out. 2018.

SAKATA, V. N.; KIMURA, I. Y. Nascentes urbanas de Goiorerê: diagnóstico ambiental. **Revista Geografia**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 185-205, 2018. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/32501/24128>. Acesso em: 02 nov. 2020.

SELEÇÃO NATURAL. Programa de Conservação da Biodiversidade da Barra do Tijuípe- BA. **Ecologia da paisagem e organismos aquáticos**, Tijuípe, BA, v.1, p.189. 2015. Disponível em: [https://www.dropbox.com/s/bpm1r7u95ndui4n/RT\\_Volume1\\_Org\\_Aquaticos.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/bpm1r7u95ndui4n/RT_Volume1_Org_Aquaticos.pdf?dl=0). Acesso em: 15 de set. 2018.

SILVA, A. E. S. *et al.* Influência da precipitação na qualidade de água do rio Purus. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4. 2008. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S004459672008000400017&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S004459672008000400017&script=sci_arttext). Acesso em: 06 out. 2020.

SILVA, F. L. da. *et al.* Avaliação da importância da unidade de conservação na preservação da diversidade de Chironomidae (Insecta: Diptera) no córrego Vargem Limpa. **Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal**, Bauru, v. 29, n. 4. 2007, p 401-405. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1871/187115754010.pdf>. Acesso em 05 nov. 2020.

SILVEIRA NETO, S.; MONTEIRO, R. C.; ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. Uso da análise faunística de insetos na avaliação do impacto ambiental. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, p. 9-15, 1995. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010390161995000100003&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010390161995000100003&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 26 ago. 2018.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C.; **Protocolo e coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. (Comunicado técnico n. 19). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/14553/protocolo-de-coleta-e-preparacao-de-amostras-de-macroinvertebrados-bentonicos-em-riachos>. Acesso em 30 out. 2018.

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A importância da qualidade de água e os seus múltiplos usos: casa rio Amada, sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014.

TAVEIRA, B. D. de A. Hidrogeografia e gestão de bacia. **Intersaberes**. Curitiba, 2018. *Ebook*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/158944/pdf/0?code=7q8KiP6E+nyQliStqa9ZIVFFUj251AncYCsqmBNST7V3UQNOYZYxfcXHSs1w02eOU7fto0/w9M0CX3kTKc6BgQ>. Acesso em 29 set. 2020.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciências e Cultura**, São Paulo, v. 55 n. 4. 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v55n4/a18v55n4.pdf>. Acesso: 29 set. 2020.