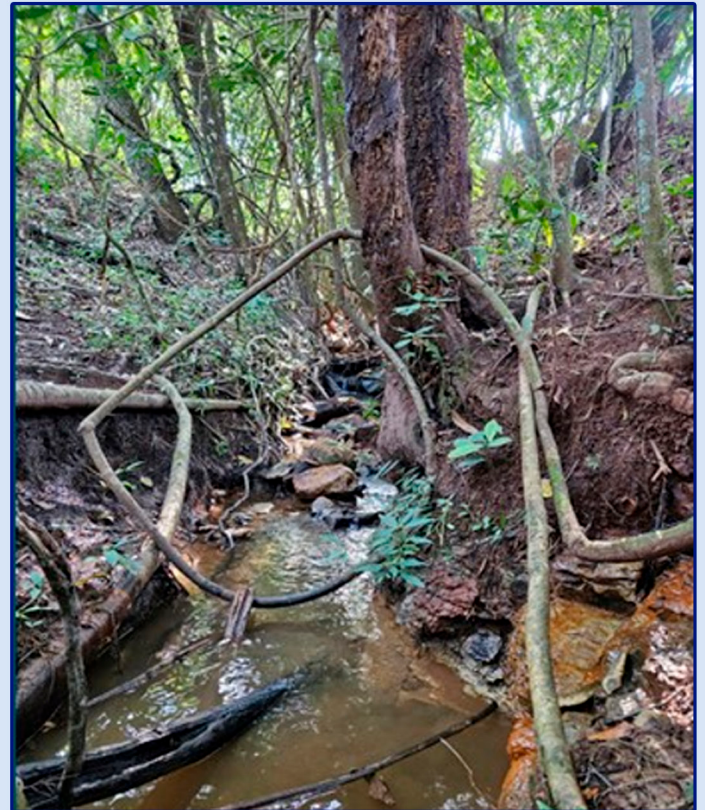
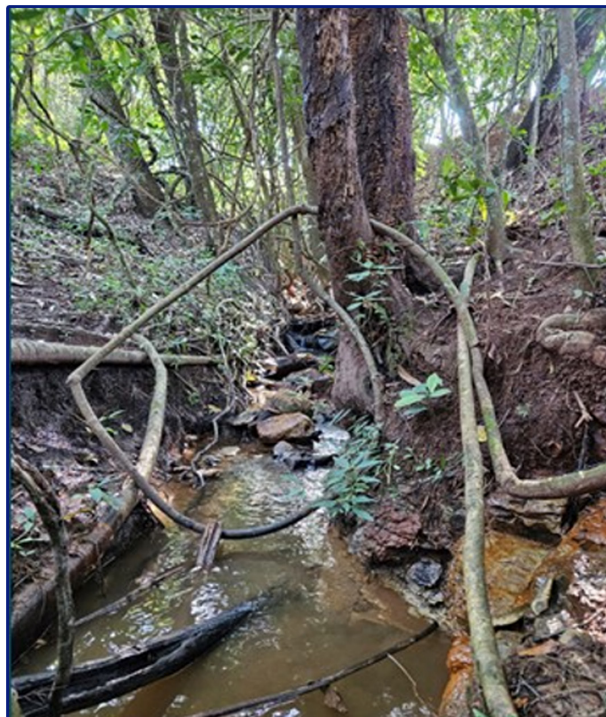




Nascentes da Serrinha



Nascentes da Serrinha



Organizadores:

Palmira Inocência Antônio
Eliana Aparecida Panarelli
Rodrigo Ney Millan
Daniela Fernanda da Silva Fuzzo
Eduardo da Silva Martins
Aline Nunes de Souza
Cynthia Priscila Zelioli Scholl
Vanesca Korasaki

RiMa

2025

Fotografia

Rodrigo Ney Millan; Eliana Aparecida Panarelli; Clara Mimura Asahide; Palmira Inocência Antônio

Ilustrações

Eliana Aparecida Panarelli

Organização de mapas

Daniela Fernanda da Silva Fuzzo

Equipe de Pesquisa

Adriana Duneya Díaz Carrillo; Clara Mimura Asahide; Daniela Fernanda da Silva Fuzzo; Eduardo da Silva Martins; Eliana Aparecida

Panarelli; Elisangela Aparecida Silva; Fernanda Cássia Guidastre; Gabriela de Sousa Barbosa; Guilherme Cesar Melozi; Jhansley Ferreira da Mata; Palmira Inocência Antônio; Rodrigo Ney Millan; Stephan Malfitano Carvalho; Vanesca Korasaki; Victor Bibiano Casé.

Apoio financeiro

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da Universidade do Estado de Minas Gerais (PROPPG-UEMG); CAPES / PROAP – Programa de Apoio à Pós-Graduação; Programa Bolsas Brasil PAEC OEA-GCUB (Organização de Estados Americanos – Grupo Coimbra).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nascentes da Serrinha / organizado por Palmira Inocência Antônio... [et al.] – São Carlos, SP : RiMa Editorial, 2025.
32 p.

Formato: e-Book
ISBN: 978-65-83933-02-7

Organizadores: Palmira Inocência Antônio, Eliana Aparecida Panarelli, Rodrigo Ney Millan, Daniela Fernanda da Silva Fuzzo, Eduardo da Silva Martins, Aline Nunes de Souza, Cynthia Priscila Zelioli Scholl e Vanesca Korasaki.

1. Nascentes. 2. Cerrado. 3. Rios de primeira ordem.
4. Preservação ambiental. 5. Educação Ambiental I. Título.

CDD 553.7

Elaborado por Natalia Gallo Cerrao – CRB 8/10169

Índice para catálogo sistemático:

1. Nascentes 553.7

COMISSÃO EDITORIAL

Dirlene Ribeiro Martins

Paulo de Tarso Martins

Carlos Eduardo M. Bicudo (Instituto de Botânica - SP)

Evaldo L. G. Espíndola (USP - SP)

João Batista Martins (UEL - PR)

Norma Valencio (UFSCar - SP)

Pedro Roberto Jacobi (USP - SP)

RiMa

Rua Virgílio Pozzi, 81 – Jardim Santa Paula

CEP 13564-040 – São Carlos-SP

Fone: (16) 991748888

Sumário

1. A QUEM SE DESTINA A CARTILHA?	5
2. A QUE SE DESTINA A CARTILHA?	5
3. COMO FOI ELABORADA A CARTILHA?	6
4. O QUE DE FATO JÁ SABEMOS SOBRE AS NASCENTES DA SERRINHA?	10
Ribeirão São Mateus	14
Ribeirão Marimbondo	15
Córrego São José do Bebedouro	16
Ribeirão Frutal	17
Rio São Francisco	18
Características do sedimento	18
Características da água	21
Como é possível reverter a degradação ambiental nas nascentes?	27
5. COMO A CARTILHA PODE SER ÚTIL?	28
Conteúdo voltado para educadores	28
Exemplos de interação entre o livro didático e o material paradidático aqui proposto	29
REFERÊNCIAS	31

1. A QUEM SE DESTINA A CARTILHA?

Esta cartilha foi construída para educadoras e educadores que trabalham com Educação Ambiental e buscam ferramentas para complementar os conhecimentos do livro didático sobre os recursos hídricos no Cerrado.

A partir de dados coletados em nascentes¹ da Serrinha – conjunto de montanhas que separa as bacias hidrográficas dos rios Paranaíba e Grande –, a cartilha apresenta conhecimentos sobre ecologia aquática, com informações obtidas em ambiente comum à população do campo da região do Triângulo Mineiro.

A cartilha também tem como público-alvo os agricultores e agricultoras que vivem – ou buscam prevenir – a escassez hídrica², sendo indicada para o uso por gestores que atuam na área ambiental de Frutal e região, além de demais interessados no tema de maneira geral.

2. A QUE SE DESTINA A CARTILHA?

Com esta cartilha, você terá acesso a informações sobre as nascentes, as atividades realizadas em seu entorno, os possíveis impactos dessas atividades e a importância da preservação dessas áreas. Além disso, ao final, são apresentadas sugestões de articulação entre o conteúdo desta cartilha e os materiais didáticos do ensino fundamental.

Este material caracteriza as nascentes da região da Serrinha, no município de Frutal, MG, localizada no Cerrado do Triângulo Mineiro. O conjunto de dados apresentados na cartilha evidencia a importância desses ambientes para a manutenção da quantidade e qualidade da água, em uma região onde a escassez hídrica tem se tornado uma questão cada vez mais preocupante. São apresentadas as condições que indicam ambientes mais preservados, em contraste com aquelas que revelam os impactos das atividades humanas sobre as paisagens de nascentes.

A presente cartilha tem como base um estudo de mestrado e busca compartilhar os dados científicos que fundamentaram a elaboração deste material paradidático. Trata-se de um recurso destinado à Educação Ambiental, com linguagem simples, voltada à população do campo, bem como a educadoras e educadores comprometidos com as questões ambientais.

1. **Nascente:** local de afloramento da água subterrânea, que na linguagem popular é sinônimo de “mina de água”, “olho d’água”, “fonte de água”.

2. **Escassez hídrica** refere-se à quantidade de água insuficiente para atender às necessidades dos seres vivos.

A cartilha apresenta conteúdo voltado para a compreensão das paisagens de nascentes, considerando a realidade existente no ambiente rural do Triângulo Mineiro. Traz exemplos próximos ao que é encontrado no campo, buscando estimular a leitura de mundo e o entendimento da dinâmica ambiental, a preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. Seu objetivo é apoiar a ação educadora no tema dos recursos hídricos, voltada à Educação Ambiental nas escolas, podendo também ser utilizada no ensino não formal, contribuindo para o processo de letramento científico³ que considera a realidade vivida no Cerrado mineiro.

3. COMO FOI ELABORADA A CARTILHA?

Os estudos científicos na área ambiental sempre têm início com uma ou mais perguntas que se pretende responder – afinal, ainda há muito a aprender sobre os recursos naturais e os impactos causados por sua utilização. Para essa cartilha, foram elaboradas as seguintes perguntas:

1. Como são as nascentes dos riachos na região da Serrinha?
2. Quais são as características de uma nascente preservada no Cerrado do município de Frutal?
3. Quais são os principais impactos sobre as nascentes no município de Frutal?

Para responder a essas questões é preciso buscar informações de forma organizada, em quantidade e qualidade que realmente representem o ambiente das nascentes.

Inicialmente, se não conhecemos o lugar onde está a nascente, é preciso descobrir sua localização. Para isso, podemos utilizar imagens de satélite. O programa *Google Earth* pode ser usado gratuitamente, oferece boa resolução e também fornece informações sobre a altitude do terreno e as coordenadas geográficas.

As nascentes deste estudo foram localizadas com o auxílio do *Google Earth*, seguindo os caminhos dos rios no sentido contrário ao da correnteza, sempre do local de menor altitude para os de maior altitude, até chegar a uma região onde não há encontro (confluência) entre rios. Assim, identificamos um rio de primeira ordem⁴, onde se encontra a nascente.

Veja, na Figura 1, o traçado dos rios que formam o Córrego São José do Bebedouro. Os rios de primeira ordem foram marcados em cor-de-rosa, e cada extremidade do

3. **Letramento científico** é a capacidade de entender, compreender, avaliar e usar conhecimentos científicos no cotidiano, no entendimento do mundo ao nosso redor e na tomada de decisões em caso de um problema, seja ele social, ambiental ou econômico (Branco *et al.*, 2018).

4. **Rio de primeira ordem**, de acordo com a representação de Strahler (1952), é o trecho de rio formado pela nascente até o ponto onde ele se encontra com outro rio.

traçado rosa indica uma nascente. Quando dois rios de primeira ordem se encontram, formam um rio de segunda ordem (amarelo); quando dois rios de segunda ordem se encontram, formam um rio de terceira ordem (laranja); quando dois rios de terceira ordem se encontram, formam um rio de quarta ordem (azul); e assim sucessivamente. O Córrego São José do Bebedouro é um rio de quarta ordem.

Após localizar a nascente na imagem de satélite, marcamos suas coordenadas (latitude e longitude). O *Google Earth* também permite traçar o caminho até chegar a cada nascente. Esse trajeto pode ser transferido para o GPS ou para um aplicativo de celular, facilitando a chegada até o ponto de coleta de dados.

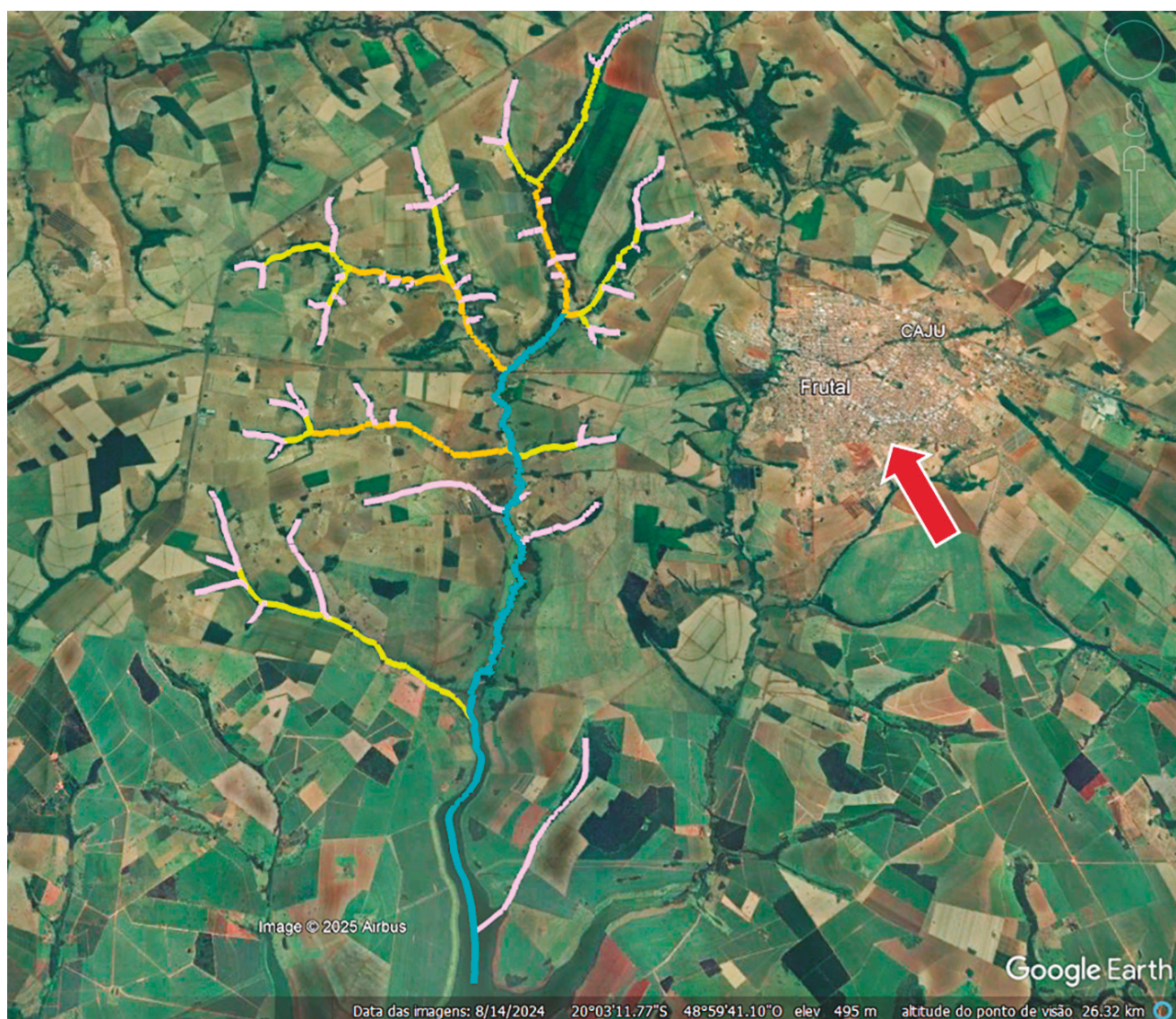


Figura 1 Imagem do *Google Earth* com o traçado dos cursos de água que formam o Córrego São José do Bebedouro. As cores representam rios de diferentes ordens: azul é de 4ª ordem; laranja, de 3ª ordem; amarelo, de 2ª ordem; e rosa, de 1ª ordem. As nascentes estão localizadas nas extremidades do traçado rosa. A seta indica a área urbana.

As imagens de satélite também são usadas para mapear o uso e ocupação do solo ao redor das nascentes. Nesse caso, o mapeamento é feito com base em bancos de dados especializados, como a plataforma MapBiomas (<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>), utilizando programas de computador e técnicas específicas para identificar quais atividades agrícolas, pecuárias ou de preservação são realizadas nas proximidades. Conhecer o que existe ao redor das nascentes é importante, porque cada tipo de atividade gera impactos distintos, como será discutido adiante.

Ao chegar à nascente, além de coletar água e sedimento⁵ do fundo (leito da nascente) para análises em laboratório, também é importante caracterizar o que há ao redor, nas proximidades e dentro da nascente. É preciso verificar se a mata ciliar⁶ está bem preservada, se há construções no leito ou próximas à nascente, se existe alguma estrutura para retirada de água (monjolo ou bomba), ponte ou encanamento, caminho de gado para beber água, se as margens estão sofrendo processo intenso de erosão, entre outras características que indiciam o grau de impacto no ambiente da nascente. Essas características são chamadas de variáveis qualitativas. Para realizar essa observação, existem roteiros conhecidos como Protocolo de Avaliação Rápida de Rios, que padronizam esse tipo de análise de forma científica.

Após essa primeira fase de entendimento sobre o ambiente das nascentes, que busca caracterizar descritivamente o que se observa, são coletadas informações de caráter *quantitativo*, ou seja, são feitas medições das características do ambiente. Por exemplo: temperatura, oxigênio dissolvido, pH e turbidez são algumas das variáveis que podem ser mensuradas com um único equipamento, conhecido como *sonda* multiparâmetros. Os valores obtidos são anotados para análises posteriores.

Alguns dados quantitativos são medidos em laboratório. Para isso, são coletadas amostras de água e sedimento. Algumas dessas amostras precisam ser armazenadas em recipientes esterilizados (Figura 2) e analisadas logo após a coleta – como é o caso das análises microbiológicas⁷ – para evitar contaminações. Outras podem ser congeladas e analisadas ao longo de meses, como é o caso da matéria orgânica e da granulometria de sedimento⁸ (a forma de coletar o sedimento pode ser vista na Figura 2). O significado dessas análises é apresentado no item 4.

5. **Sedimento:** fragmento de rocha, areia e demais partículas depositadas no fundo dos rios, lagos e reservatórios.

6. **Mata ciliar** é a vegetação nativa que se desenvolve nas margens dos cursos d'água. Trata-se de uma área de preservação permanente (APP), conforme estabelecido pelas leis ambientais brasileiras (Brasil, 2012).

7. **Análises microbiológicas** são análises realizadas em laboratório para verificar se a água contém organismos invisíveis a olho nu. Essas análises são feitas principalmente para identificar a presença de microrganismos que podem causar doenças.

8. **Granulometria do sedimento** é o processo utilizado para separar o sedimento em frações compostas por diferentes tamanhos de partículas, denominadas de cascalho, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte + argila.

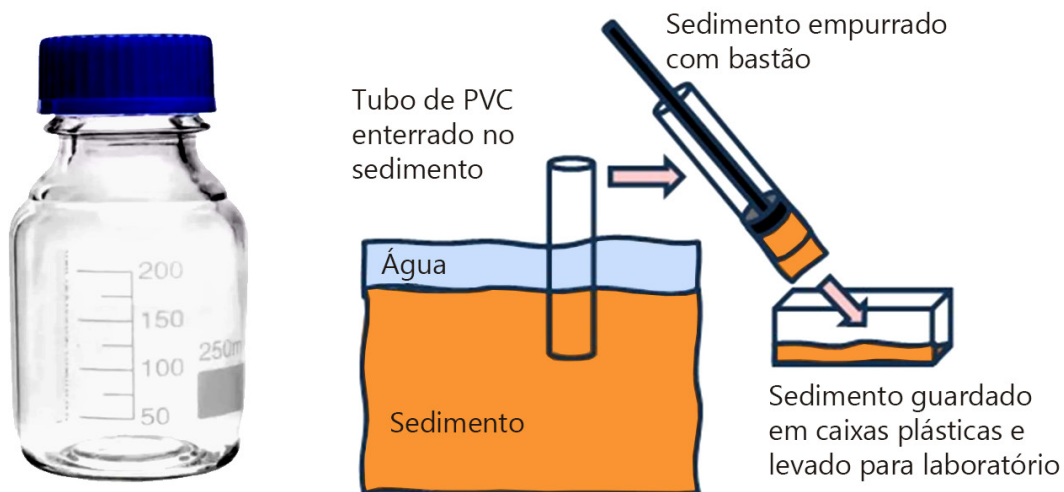
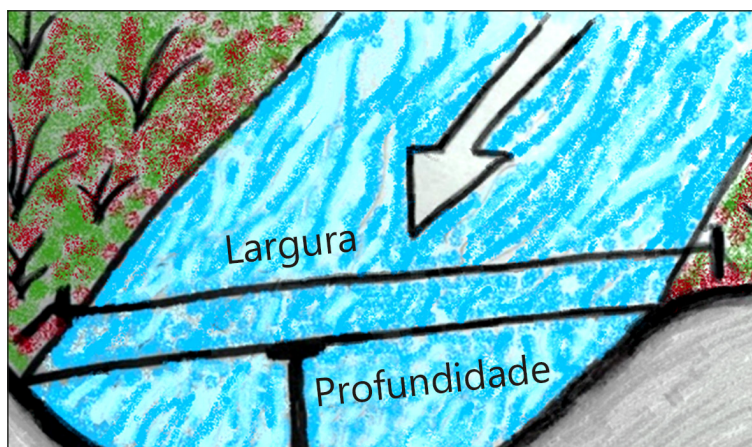


Figura 2 Garrafa utilizada para coleta de amostra microbiológica (à esquerda) e esquema de coleta de sedimento com tubo de PVC (à direita).

As análises realizadas em laboratório passam por vários processos que visam quantificar características (variáveis quantitativas), as quais, em conjunto, possibilitam descrever a saúde das nascentes.

Depois de coletar a amostra de água, é importante também medir a quantidade de água disponível nas nascentes. Essa quantidade de água é chamada de vazão. Para medir a vazão, é preciso escolher um trecho de água corrente e realizar a medição da largura e da maior profundidade desse trecho (Figura 3). Multiplicando a largura pela profundidade, obtém-se o valor da área da seção de passagem da água. Em seguida, é preciso medir a velocidade do fluxo da água com um equipamento específico. Multiplicamos a velocidade da correnteza pela área da seção do rio para encontrar o valor da vazão.



$$\begin{aligned} \text{Área} &= \text{Largura} \times \text{Profundidade} \\ \text{Vazão} &= \text{Área} \times \text{Velocidade} \end{aligned}$$

Figura 3 Representação das medições de largura e profundidade em um rio. A seta indica a direção e velocidade da correnteza.

4. O QUE DE FATO JÁ SABEMOS SOBRE AS NASCENTES DA SERRINHA?

No município de Frutal são encontradas nascentes típicas da região de Cerrado, que podem se apresentar de duas formas principais: nascentes em corredeira, em que a água, ao aflorar, já forma um riacho; e nascentes de acumulação, em que a água se acumula em um poço antes de formar o rio. Essas nascentes podem estar associadas a diferentes tipos de vegetação: veredas (com a presença de buritis); mata galeria, que sombreia o riacho; ou, ainda, áreas com predominância de gramíneas.

A vegetação no entorno dos rios é de extrema importância para a manutenção da qualidade e da quantidade de água nas nascentes. Conhecida como mata ciliar, no Cerrado essa vegetação pode ser campestre ou florestal (Figura 4).



Figura 4 Representação de vegetação campestre do Cerrado, com diversas gramíneas e algumas árvores de raízes profundas, capazes de absorver água do nível freático.

A mata ciliar, quando formada por gramíneas (gramas ou capins) nativas do Cerrado, apresenta grande diversidade de espécies. As raízes dessas gramíneas formam uma rede na camada subsuperficial do solo, e essa rede favorece a infiltração da água e contribui para a formação de corpos d'água subterrâneos que alimentam as nascentes. Já as árvores de raízes profundas captam a água do nível freático, favorecendo a evapotranspiração (Pilon *et al.*, 2024), que minimiza a secura do ar no Cerrado.

A vegetação ciliar florestal das nascentes do Cerrado é conhecida como mata de galeria. Essas matas filtram a entrada de luz para as nascentes em corredeiras, assim o riacho formado pela nascente fica com as águas sombreadas, como ilustrado na Figura 5A.

Quando a vegetação ciliar possui buritis próximos às corredeiras das nascentes (Figura 5B), podemos chamar esses ambientes de veredas em corredeira. O nome científico do buriti é *Mauritia flexuosa*, uma palmeira bastante comum em várias nascentes do Cerrado.

Em muitos locais, a água nas veredas deixa o solo encharcado. Nas áreas mais centrais, onde o fluxo é muito lento, forma-se um espelho d'água com fundo avermelhado, indicando deposição de ferro, como mostra a Figura 5C. Os diferentes tipos de nascentes encontrados na região da Serrinha podem ser vistos na Figura 5.

Grande parte das nascentes de Frutal está localizada ao norte do município, próxima à Serrinha. A Serrinha é a região mais elevada (com maior altitude) e separa os municípios de Frutal e Comendador Gomes. Na Figura 6, a Serrinha aparece destacada em vermelho, indicando terreno com altitude superior a 660 metros. A legenda da figura mostra o nome dos principais rios do município, identificando suas respectivas bacias hidrográficas⁹. Em cada bacia foram avaliadas três nascentes, identificadas pelas letras a, b e c. Dessa forma, todas as informações apresentadas neste trabalho referem-se às 15 nascentes onde foram amostrados os diferentes dados (conforme explicado no item 2. *Como foi elaborada a cartilha*).

9. **Bacia hidrográfica:** área onde a água de chuva cai e é direcionada para os rios de determinada região. Na legislação brasileira, é a unidade de área utilizada para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).



Nascentes em corredeira com fundo rochoso dentro de mata de galeria

Veredas formando corredeiras com vegetação campestre de gramíneas



Veredas com acumulação de água e baixo fluxo

Figura 5 Tipos de nascentes em condições próximas ao natural: A) nascente em corredeira com fundo rochoso; B) vereda formando corredeira com vegetação campestre; C) vereda com acumulação de água e baixo fluxo (Fotos: R. N. Millan).

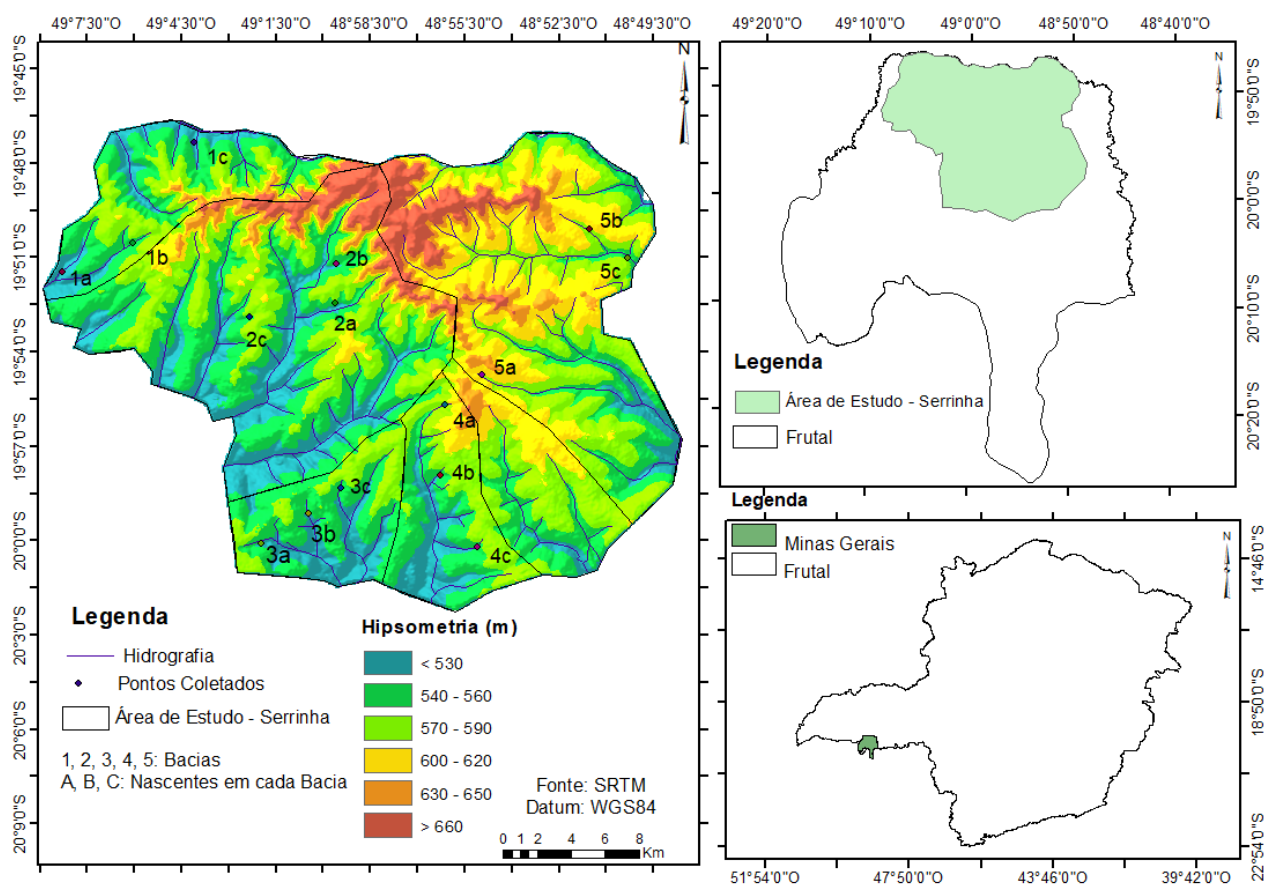


Figura 6 Localização da área de estudo nas bacias dos principais rios do município de Frutal (MG): 1. Ribeirão São Mateus; 2. Ribeirão Marimbondo; 3. Córrego São José do Bebedouro; 4. Ribeirão Frutal; 5. Córrego São Francisco (Organização: D. F. S. Fuzzo).

As bacias hidrográficas são delimitadas por regiões mais elevadas do terreno e abrangem todo o terreno em volta dos rios. Quando a chuva cai, a água escorre pela superfície ou por baixo do solo, movendo-se em direção aos vales, onde formam os rios. A bacia hidrográfica corresponde a toda a área do terreno que direciona água para um determinado rio. Assim, tudo o que se faz na bacia hidrográfica pode influenciar a qualidade e a quantidade da água do rio. As atividades desenvolvidas em uma região são avaliadas por meio de um mapeamento conhecido como uso e cobertura da terra.

No presente estudo, o uso e cobertura da terra em um raio de 2 quilômetros no entorno de cada nascente foi mapeado com o objetivo de compreender como as atividades humanas estão impactando as nascentes da Serrinha. A descrição do entorno de cada nascente é apresentada na sequência.

Ribeirão São Mateus

Na bacia do Ribeirão São Mateus (bacia 1 – Figura 7), a pastagem é predominante no entorno de todas as nascentes (área em amarelo), indicadas pelos pontos 1a, 1b e 1c. No entanto, a nascente 1a, além da pastagem, apresenta importante área ocupada por monocultura (diferentes tons entre roxo e rosa), representada principalmente pelo cultivo de cana-de-açúcar (roxo mais escuro).

Ao longo dos rios, é possível observar a presença de mata ciliar (formação florestal), representada em verde-escuro. Já as áreas de formação savânica (típica do Cerrado), estão indicadas em verde-claro. Essas áreas, no entanto, ocupam pequena extensão quando comparadas às pastagens e à cana-de-açúcar. As margens do rio estão sem vegetação ciliar apenas em parte da nascente 1b.

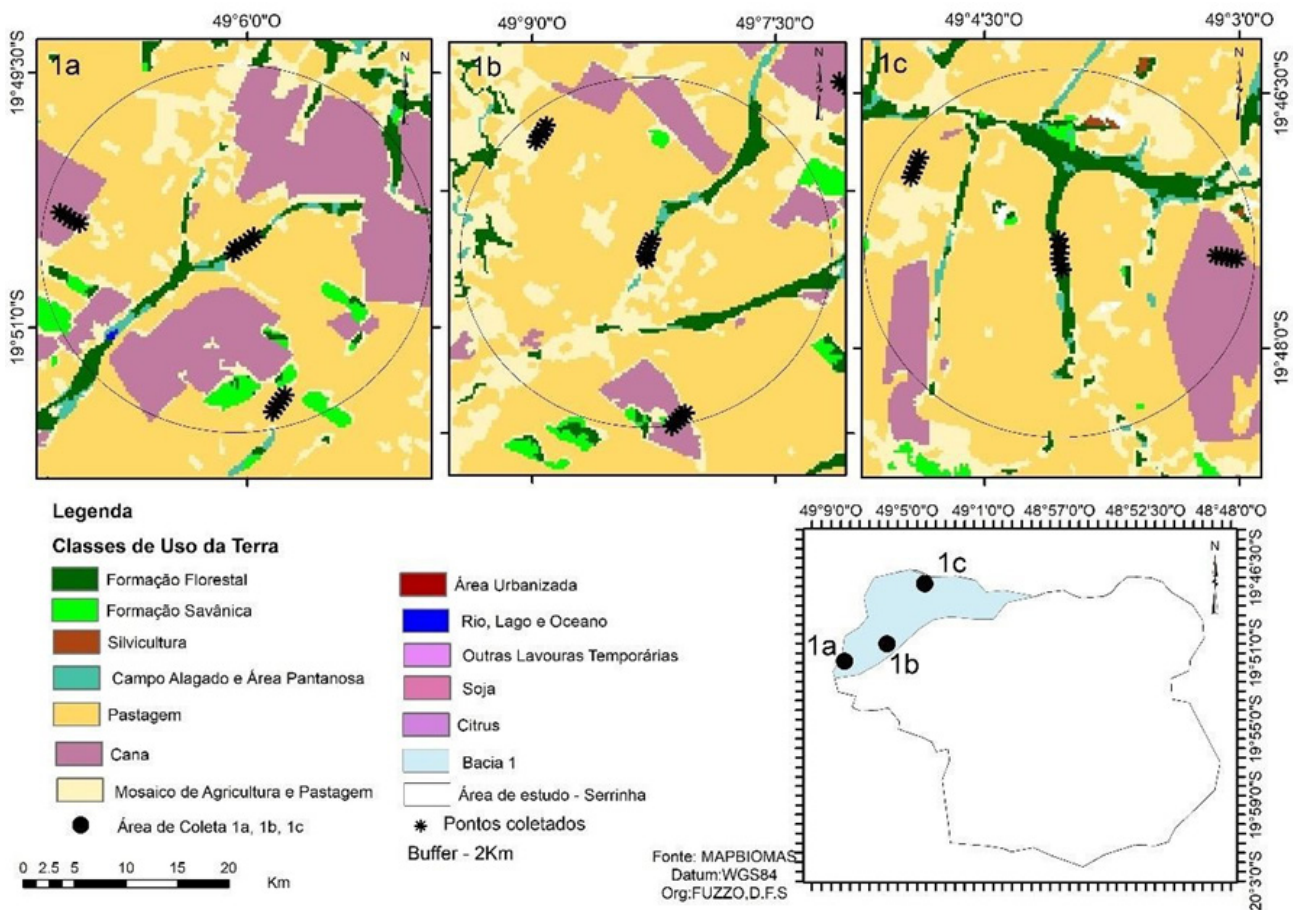


Figura 7 Uso e ocupação de terra da bacia do Ribeirão São Mateus (Organização: D. F. S. Fuzzo, 2023).

Ribeirão Marimbondo

Na bacia do Ribeirão Marimbondo (bacia 2 – Figura 8), podemos observar as seguintes características nas nascentes:

- ♦ 2a e 2b apresentam grande área ocupada por cana-de-açúcar;
- ♦ 2c possui maior área ocupada por pastagem;
- ♦ 2b e 2c apresentam trechos de rios sem vegetação ciliar.

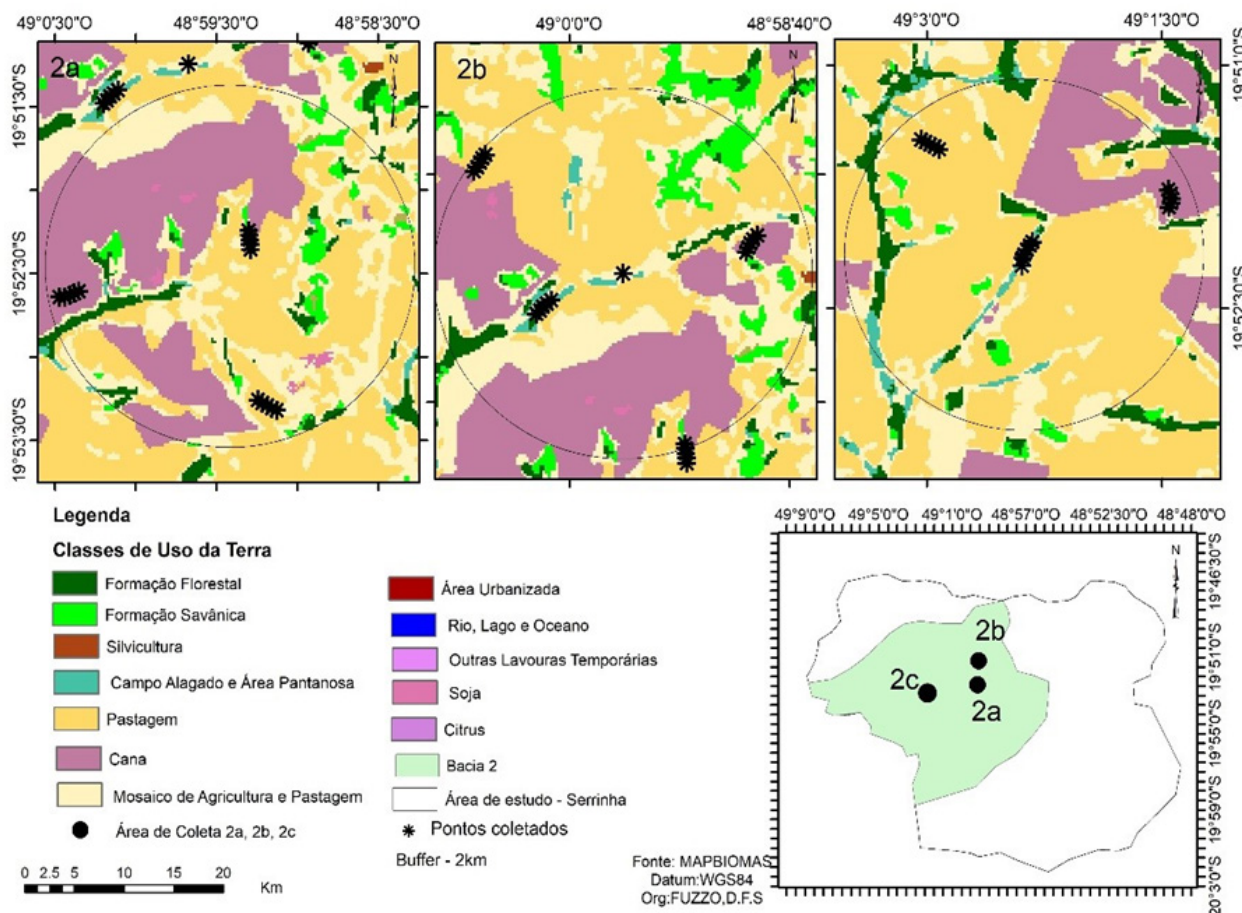


Figura 8 Uso e ocupação de terra da bacia do Ribeirão Marimbondo (Organização: D. F. S. Fuzzo, 2023).

Córrego São José do Bebedouro

Na bacia do Córrego São José do Bebedouro (bacia 3 – Figura 9), o entorno das nascentes apresenta predominância de área ocupada por monocultura, principalmente cana-de-açúcar. A pastagem também ocupa uma porção significativa da paisagem. Na nascente 3c, a formação florestal é visualmente representativa.

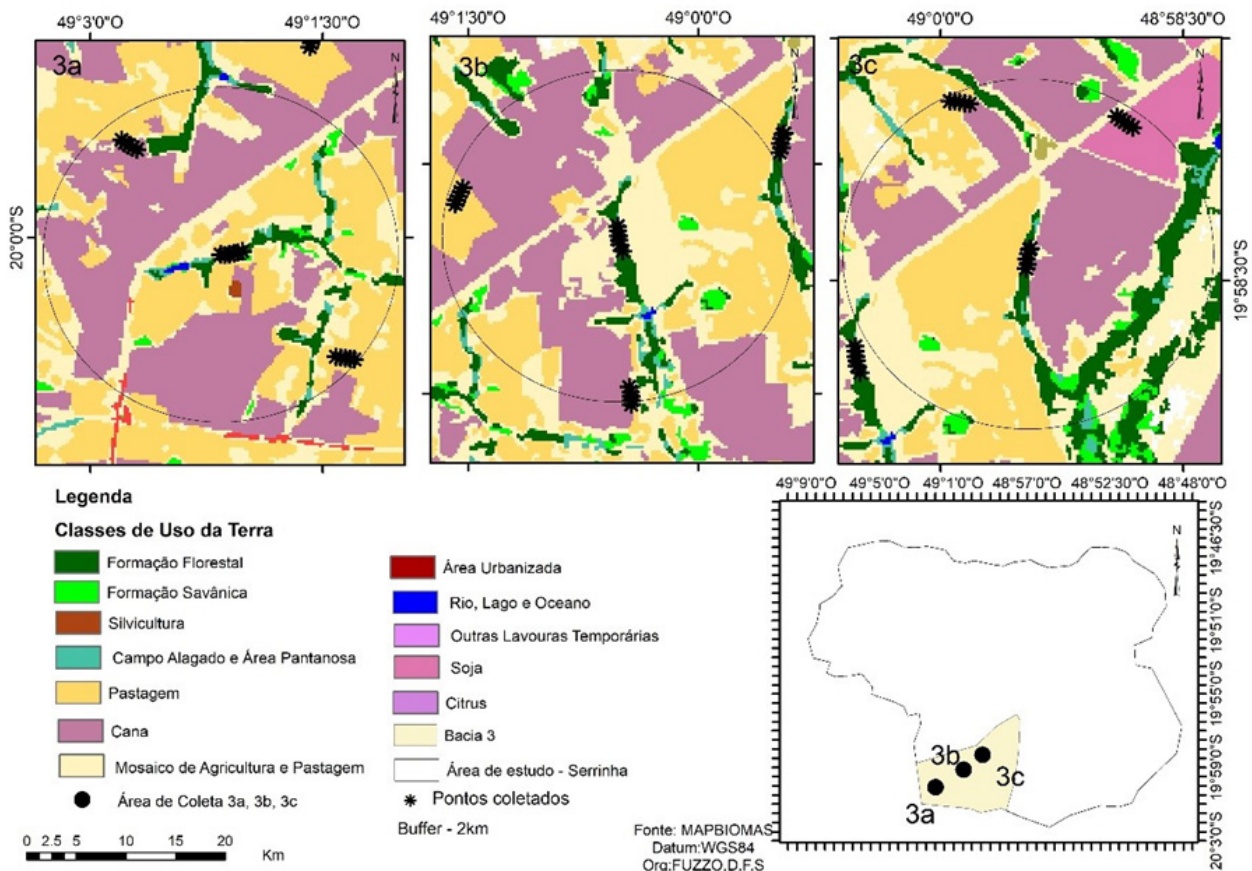


Figura 9 Uso e ocupação de terra da bacia do Córrego São José do Bebedouro (Organização: D. F. S. Fuzzo, 2023).

Ribeirão Frutal

Na bacia do Ribeirão Frutal (bacia 4 – Figura 10), as nascentes 4a e 4b apresentam predominância de área de pastagem como uso da terra, com manchas de cana-de-açúcar, soja e vegetação savânica. Na nascente 4b, a vegetação natural (formações florestais e savânicas) encontra-se mais próxima do curso dos rios. A nascente 4c se destaca por apresentar ampla área urbanizada (área vermelha ocupada pela cidade), além de extensa ocupação por cana-de-açúcar e áreas bem menores de pastagem e vegetação natural.

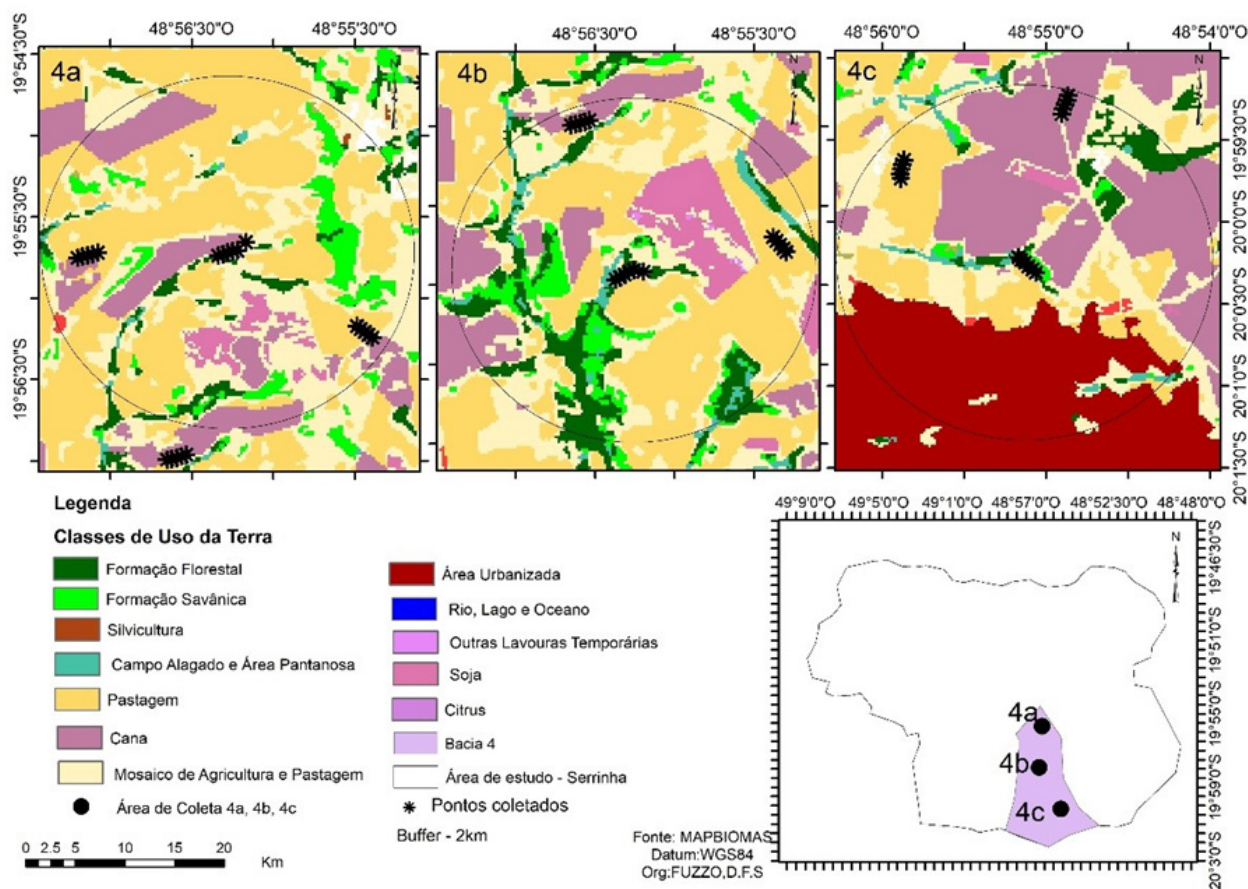


Figura 10 Uso e ocupação de terra da bacia do Ribeirão Frutal (Organização: D. F. S. Fuzzo, 2023).

Rio São Francisco

Na bacia do rio São Francisco (bacia 5 – Figura 11), o uso da terra na nascente 5a é caracterizada por um mosaico de ocupações, incluindo pastagem, cana-de-açúcar e vegetação natural. A nascente 5b tem seu entorno amplamente ocupado por monoculturas de cana e soja, além de uma pequena área de silvicultura (seringueira). Na nascente 5c, o uso da terra é dividido entre monocultura e pastagens. Nas duas últimas, a vegetação nativa encontra-se restrita às margens dos rios.

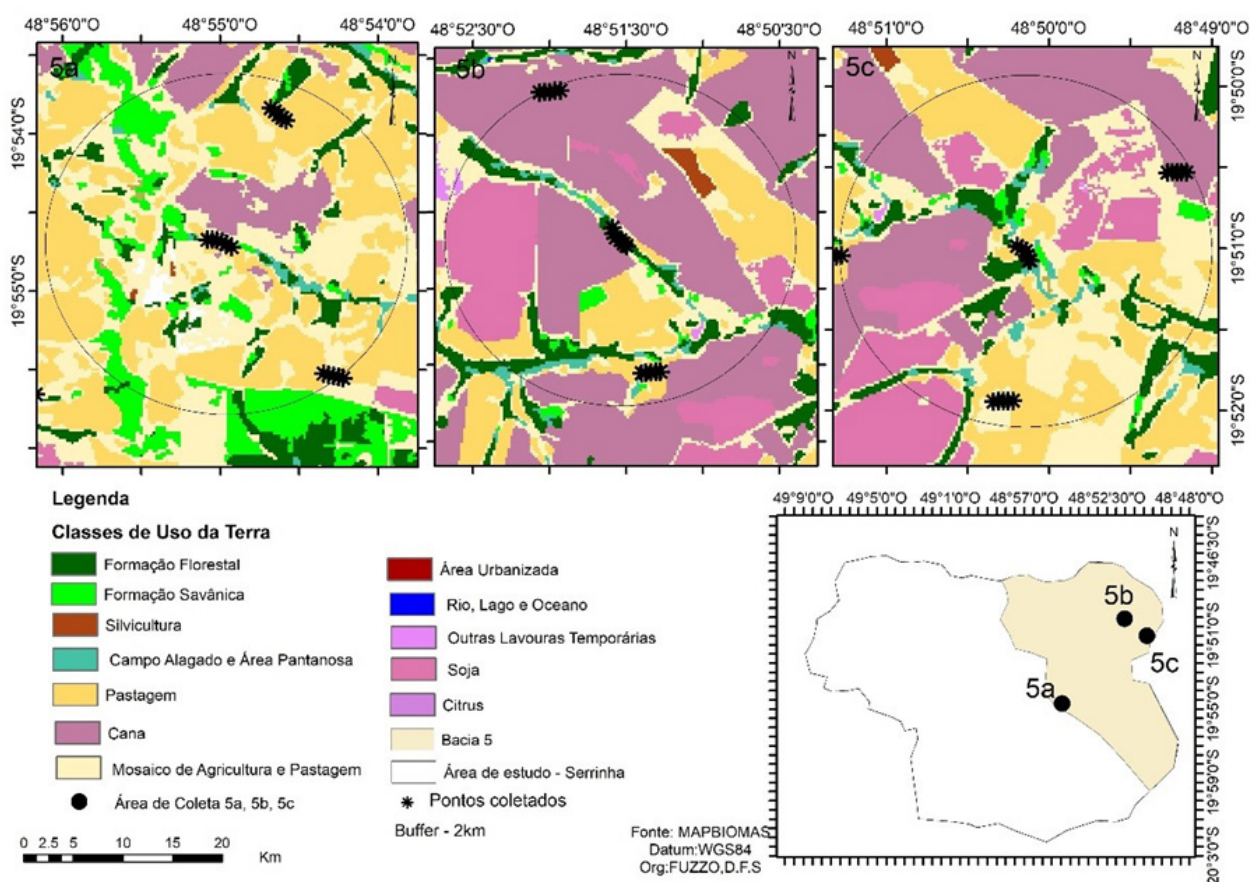


Figura 11 Uso e ocupação de terra da bacia do Rio São Francisco (Organização: D. F. S. Fuzzo, 2023).

Características do sedimento

A vegetação natural protege as margens dos rios e impede a entrada de sedimentos oriundos das atividades humanas na bacia hidrográfica. As margens dos rios e nascentes precisam ser cercadas para evitar o pisoteio do gado, que entra para beber

água. Quando o gado acessa diretamente as nascentes, formam-se caminhos sem vegetação; quando chove, o solo desses caminhos é carregado pelas águas, causando o assoreamento¹⁰. Se a vegetação natural for retirada da margem das nascentes ou se a cana-de-açúcar ou outras culturas agrícolas forem plantadas muito próximas da nascente, também será maior o risco de assoreamento.

Assoreamento é o processo em que o fundo do córrego fica coberto por sedimentos e a nascente vai sendo soterrada (Figura 12A). Nesses casos, durante o período da seca, a nascente pode se tornar intermitente¹¹, ou seja, só voltará a verter água no período chuvoso. Com o tempo, se as condições naturais do ambiente não forem restauradas, a nascente pode secar totalmente.

Essas são algumas das principais causas do desaparecimento das nascentes do Cerrado, o que compromete a disponibilidade de água para a produção agrícola, pecuária e outras atividades humanas. Portanto, se as Áreas de Preservação Permanente (APPs) não forem respeitadas, o assoreamento poderá ocorrer em todos os tipos de nascentes e área de brejos (Figura 12A). As APPs são faixas de vegetação nativa obrigatória, com largura de 50 metros no entorno das nascentes e 30 metros nas margens dos riachos (Figura 12B).



Figura 12 A) Nascente assoreada na bacia do Ribeirão Frutal; B) medidas da APP em mata ciliar da bacia do Ribeirão do Marimbondo (Foto: R. N. Millan; imagem do *Google Earth*).

O sedimento do fundo das nascentes pode indicar quando uma nascente está sendo degradada. O sedimento é composto por partículas de solo e por matéria orgânica. A matéria orgânica natural das nascentes é formada, principalmente, por pedaços

10. **Assoreamento** é o acúmulo de sedimentos provenientes do ambiente terrestre, que entram nas nascentes e rios, tornando esses ambientes cada vez mais rasos, podendo até soterrar totalmente o ambiente aquático.

11. **Nascente intermitente:** nascente que seca em determinada época do ano.

de plantas que caem da vegetação ciliar diretamente na água da nascente. Veja um sedimento rico em matéria orgânica na Figura 13A. Quando a vegetação está degradada, entram mais partículas de solo do que matéria orgânica. Esse tipo de sedimento com predominância de areia fina e média e pouca ou nenhuma matéria orgânica pode ser observado na Figura 13B.

As fotografias à esquerda na Figura 13 mostram o sedimento retirado das nascentes (nascentes estão representadas na coluna à direita). Após a coleta, o sedimento é seco ao ar livre e, em seguida, passado por peneiras que separam as partículas de acordo com suas frações granulométricas (tamanhos diferentes). As fotografias do meio mostram o sedimento já separado pelas peneiras. A granulometria é uma técnica que permite determinar a porcentagem de sedimento de cada tamanho de partícula: 1) cascalho, 2) areia muito grossa, 3) areia grossa, 4) areia média, 5) areia fina, 6) areia muito fina, 7) silte + argila.

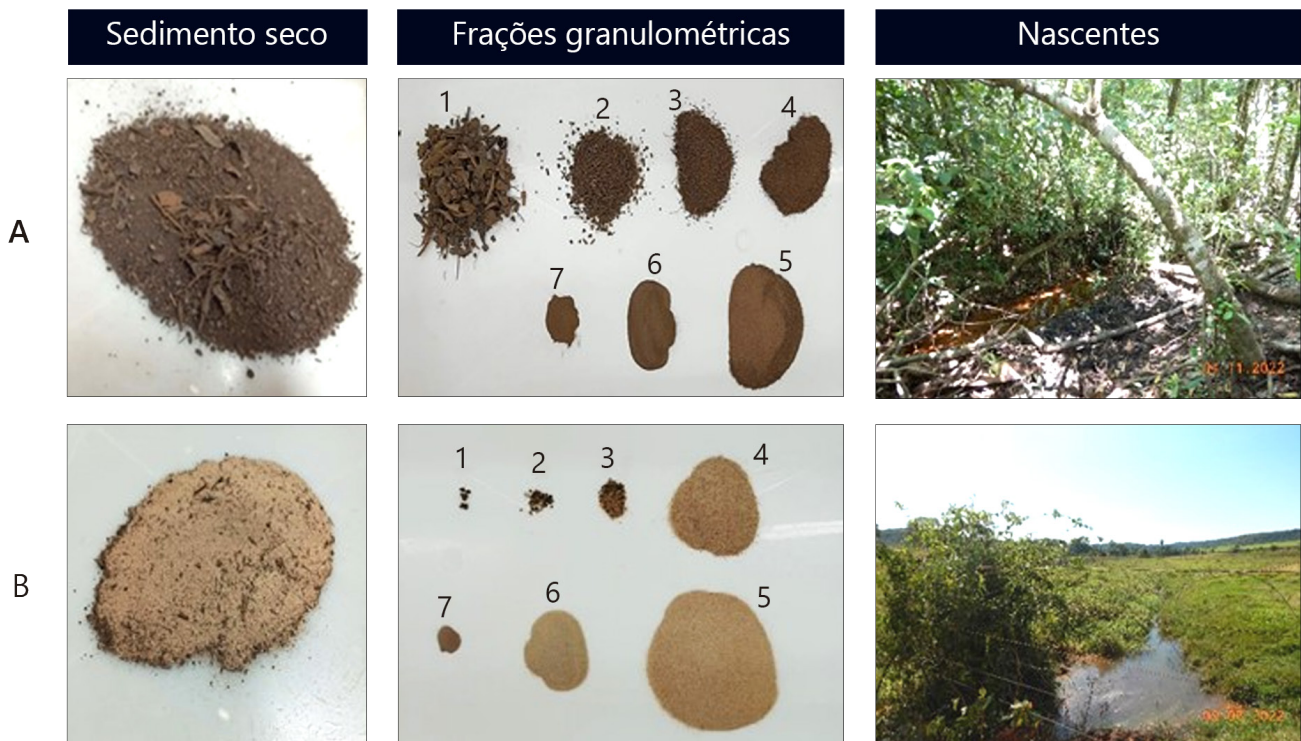


Figura 13 A) Sedimento de nascente com vegetação ciliar bem preservada na bacia do Rio São Francisco; B) sedimento de nascente sem mata ciliar na bacia do Ribeirão do Marimbondo, em que: 1) cascalho, 2) areia muito grossa, 3) areia grossa, 4) areia média, 5) areia fina, 6) areia muito fina, 7) silte + argila (Fotos: P. I. Antônio; E. A. Panarelli e R. N. Millan).

A Figura 14 apresenta as porcentagens dos tamanhos de partículas em um gráfico de pizza, no qual cada "fatia" representa as frações granulométricas mostradas anteriormente na Figura 13.

As partículas médias e finas tendem a ser predominantes em ambientes mais impactados pela agricultura. Com base nesses dados, é possível observar que a nascente do Ribeirão Marimbondo está mais impactada que a nascente do Rio São Francisco. Note, na fotografia da Figura 13, que a nascente do Ribeirão Marimbondo tem apenas pastagens em suas margens.

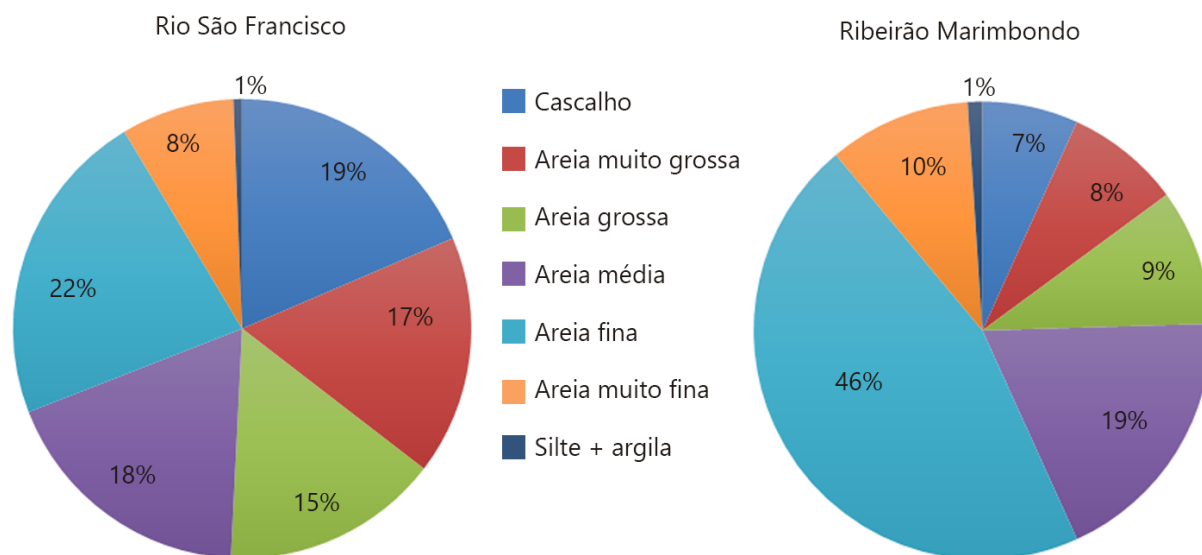


Figura 14 Frações granulométricas (%) em sedimento de duas nascentes.

Características da água

Quando as nascentes estão desprotegidas, ou seja, sem a vegetação ciliar em suas margens, sedimentos e outras substâncias podem ser arrastados para o curso d'água. Esse processo ocorre por meio do chamado escoamento superficial, que acontece quando a água da chuva carrega sedimentos diretamente para a nascente. As substâncias contaminantes também podem ser transportadas por um processo chamado lixiviação: quando a água se infiltra no solo e carrega substâncias dissolvidas, como fertilizantes e agrotóxicos, que são aplicados na lavoura e dissolvidos pela água da chuva ou da irrigação. Essas substâncias podem atingir o lençol freático e contaminar as nascentes.

Outra fonte de contaminação são as fezes de animais, que na área rural tem como fonte principal a criação de gado bovino, suínos e outras espécies. As fezes são responsáveis pelo transporte de organismos que podem causar doenças em seres humanos. Uma forma muito usada para verificar a contaminação fecal da água é por meio da quantificação da bactéria *Escherichia coli*. Essa bactéria é exclusiva do intestino de animais homeotérmicos – aqueles que controlam a temperatura do corpo, como ma-

míferos e aves, incluindo o ser humano. De acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, para que a água seja considerada potável, não pode haver presença de *Escherichia coli* nas amostras analisadas.

Para quantificar a *Escherichia coli*, são realizadas análises laboratoriais nas quais as amostras de água são colocadas em contato com substâncias que reagem à bactéria durante 24 horas, à temperatura de 35°C. Na presença da bactéria, ocorre uma reação que produz luminescência¹² sob luz ultravioleta, como pode ser visto na Figura 15, em que os quadrados de cor amarelo-claro estão luminescentes.

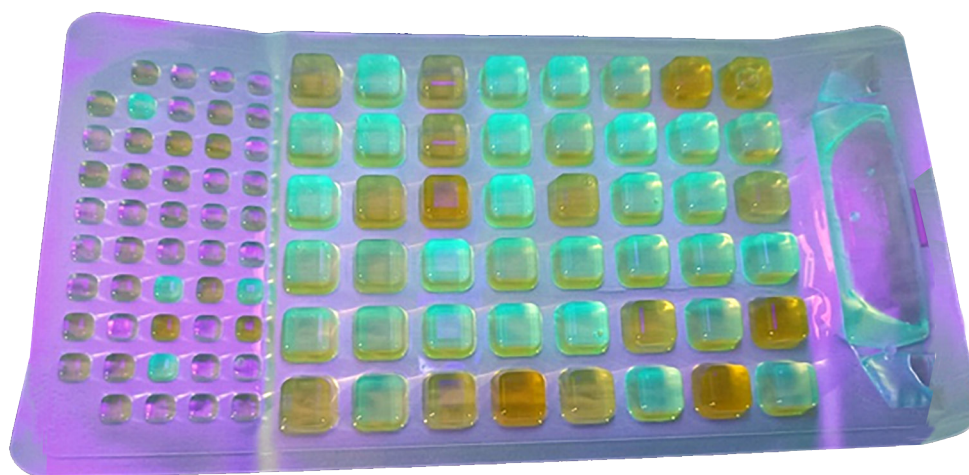


Figura 15 Exemplo de leitura de amostras com bactéria *Escherichia coli* (Foto: Eduardo da Silva Martins).

Nas 15 nascentes analisadas, localizadas nas bacias do Ribeirão São Mateus, Ribeirão Marimbondo, Córrego Bebedouro, Ribeirão Frutal e São Francisco, foi registrada a presença da bactéria *Escherichia coli*. Em grande parte dessas nascentes, o valor encontrado foi superior a 200 NMP/100 mL (número mais provável em 100 mililitros), que é o limite máximo para águas de classe 1, destinadas ao consumo humano com tratamento simplificado, conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), que classifica os corpos d'água no país.

Quase todas as nascentes analisadas apresentaram contaminação durante o período chuvoso, algumas com número muito elevado de bactérias. A **amplitude de variação** – ou seja, os menores valores (representados por "<") e os maiores (representados por ">") – pode ser observada nos **dois períodos de estudo** na **Tabela 1**. Considerando que parte das nascentes analisadas também estava contaminada no período seco, podemos concluir que a contaminação não está relacionada apenas

12. **Luminescência** é a luz emitida por um objeto, conforme podemos observar na Figura 15.

ao escoamento superficial causado pela chuva. Esses dados indicam que o acesso do gado às nascentes é uma importante fonte de contaminação. Dessa forma, além de recuperar a vegetação ciliar, evitando que a contaminação seja levada para os rios pela água da chuva, também é urgente garantir o cercamento das margens das nascentes, para impedir o acesso dos animais.

Tabela 1 – Valores de *Escherichia coli* (NMP/100 mL) nas nascentes das bacias dos rios de Frutal.

Bacias	Amplitude*	São Mateus	Marimbondo	Bebedouro	Frutal	São Francisco
Período chuvoso	<	171	39	98	31	<1
	>	8664	269	1250	14136	1421
Período seco	<	3	<1	2	83	30
	>	2282	496	172	393	2310

* < menor valor e > maior valor encontrados nas análises de cada bacia, por período de amostragem.

Além da qualidade da água, a quantidade também é importante para a manutenção das nascentes. A vazão é a medida utilizada para saber quanto de água passa em um rio ou aflora em uma nascente. A forma de medição da vazão foi explicada no item 2. A vazão de uma nascente depende da quantidade de água da chuva e da água do aquífero¹³. Quando a água da chuva não infiltra no solo, ela escoar pela superfície, chegando rapidamente à nascente, mas também deixando-a rapidamente. Isso provoca grandes variações nos valores de vazão das nascentes.

Por outro lado, quando a água infiltra no solo, com a ajuda das raízes das plantas e da permeabilidade do solo, ela percorre lentamente o nível freático, alimentando a nascente ao longo de todo o ano. O nível freático é a camada subterrânea onde a água se acumula – a mesma profundidade onde se encontra água ao cavar uma cisterna (poço). Esse nível é variável, podendo subir ou descer conforme a quantidade de água de chuva e a retirada de água por poços.

Algumas nascentes da região da Serrinha apresentam grandes variações de vazão entre o período seco e o chuvoso (Figura 16), indicando que a infiltração da água no solo não é suficiente para garantir a perenidade dessas nascentes. Esse fator, somado ao assoreamento discutido anteriormente, pode explicar o desaparecimento de nascentes na região do Cerrado.

13. **Aquífero** é a camada do solo ou da rocha que armazena água. Também pode ser chamado de água subterrânea.

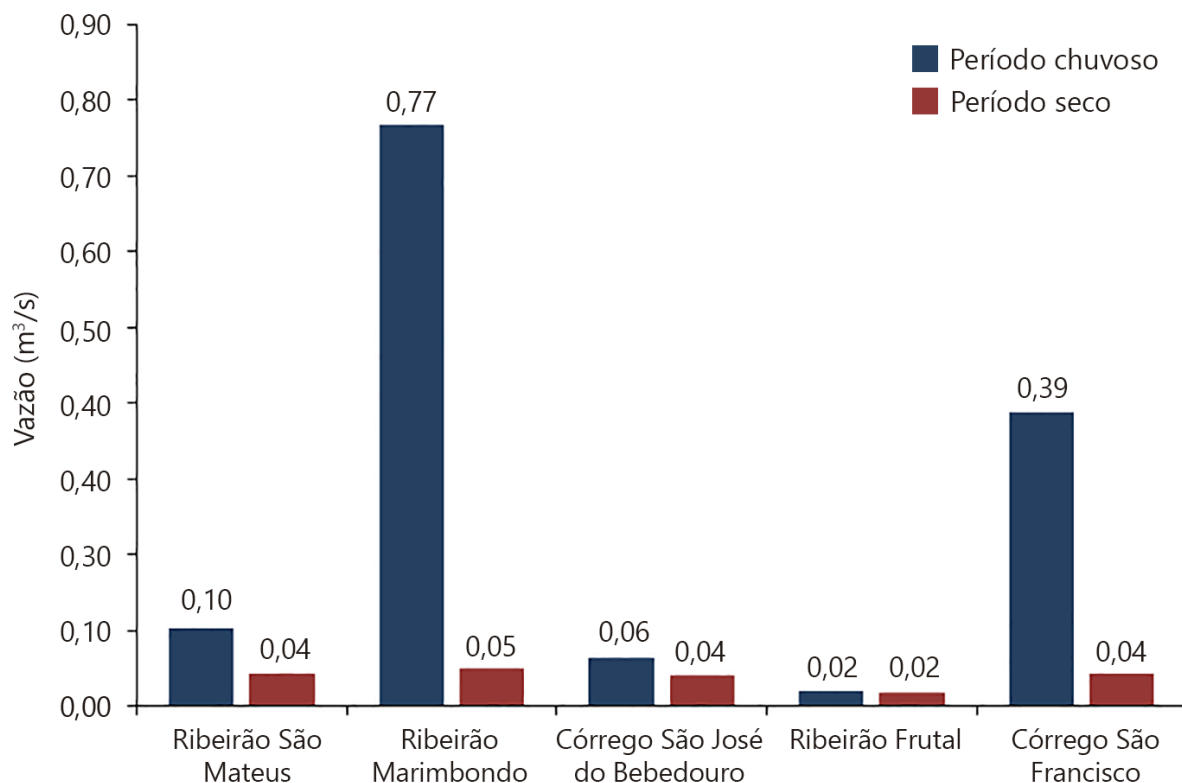


Figura 16 Vazão (m³/s) em nascentes de cinco bacias hidrográficas de riachos que nascem na Serrinha.

Quando a água não está cristalina, dizemos que está turva ou turbida. A turbidez é uma medida – feita com o uso de uma sonda no local de amostragem – que indica o grau de turbidez da água. Valores altos de turbidez, em períodos sem chuva, podem ser um sinal de poluição. A Figura 17 mostra que, em quase todas as nascentes, a turbidez é maior durante o período chuvoso, o que é considerado normal. No entanto, as nascentes da bacia do Ribeirão São Mateus (bacia 1) apresentam situação oposta: maior turbidez no período seco. Nessa bacia, as nascentes estão cercadas por pastagens e, predominantemente, contam com vegetação ciliar pouco preservada.

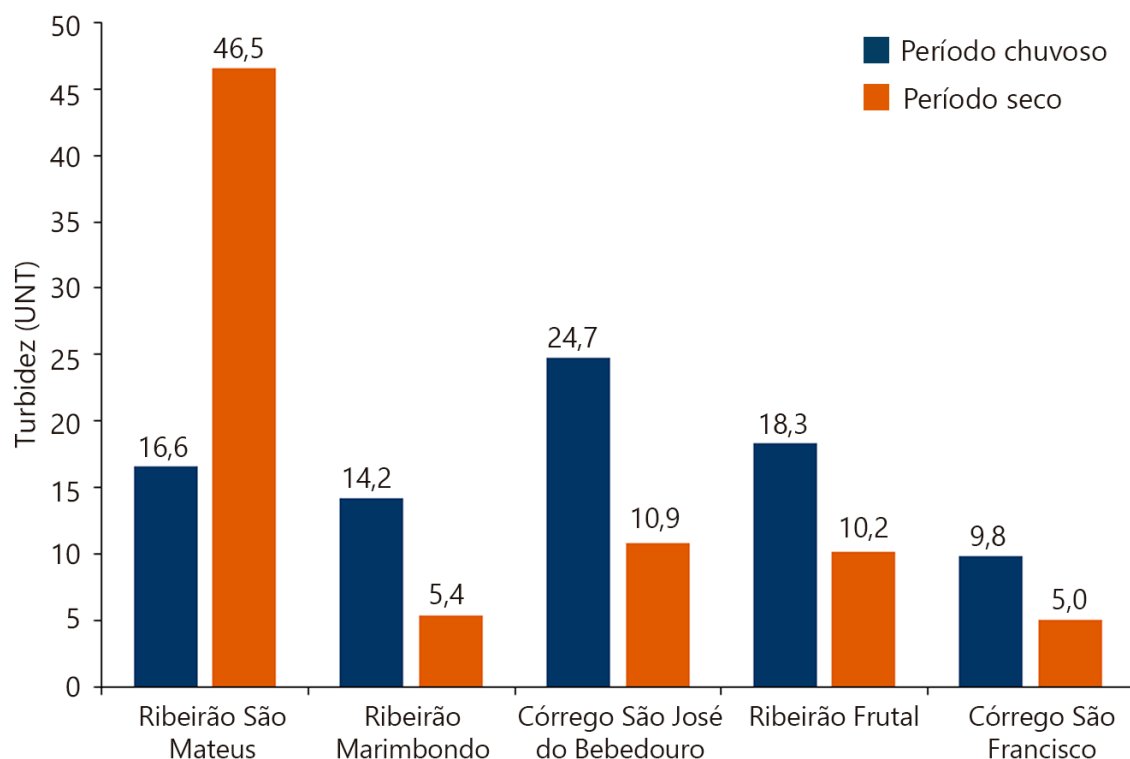


Figura 17 Turbidez nos períodos chuvoso e seco em nascentes da Serrinha.

Uma variável muito importante para a manutenção da vida aquática é o oxigênio dissolvido na água, medido com sonda no local da amostragem. Assim como no ambiente terrestre, animais, plantas e diversos microrganismos precisam de oxigênio para sobreviver. Alguns organismos necessitam de altas concentrações de oxigênio dissolvido, enquanto outros estão adaptados a valores mais baixos.

Em rios com condições naturais e sem poluição orgânica – ou seja, sem lançamento de esgoto, fezes de gado, vinhaça, entre outros resíduos –, o oxigênio na água tende a permanecer elevado. No entanto, quando há poluição orgânica, o processo de decomposição consome o oxigênio, comprometendo a qualidade da água.

O valor considerado adequado de oxigênio para o tipo de ambiente das nascentes é acima de 6 mg/L, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005). Na bacia do Ribeirão São Mateus, foi observado valor abaixo do recomendado durante o período chuvoso. Esse mesmo comprometimento foi registrado nos dois períodos climáticos no Ribeirão Marimbondo, evidenciando problemas de qualidade da água (Figura 18).

Nas nascentes em vereda, a baixa velocidade da correnteza e o acúmulo de folhas da mata ciliar sobre o sedimento – como observado nas nascentes 2C, 3B e 5B – poderiam explicar concentrações menores de oxigênio dissolvido em condições

naturais. No entanto, essa tendência não foi observada em todas as nascentes com essas características.

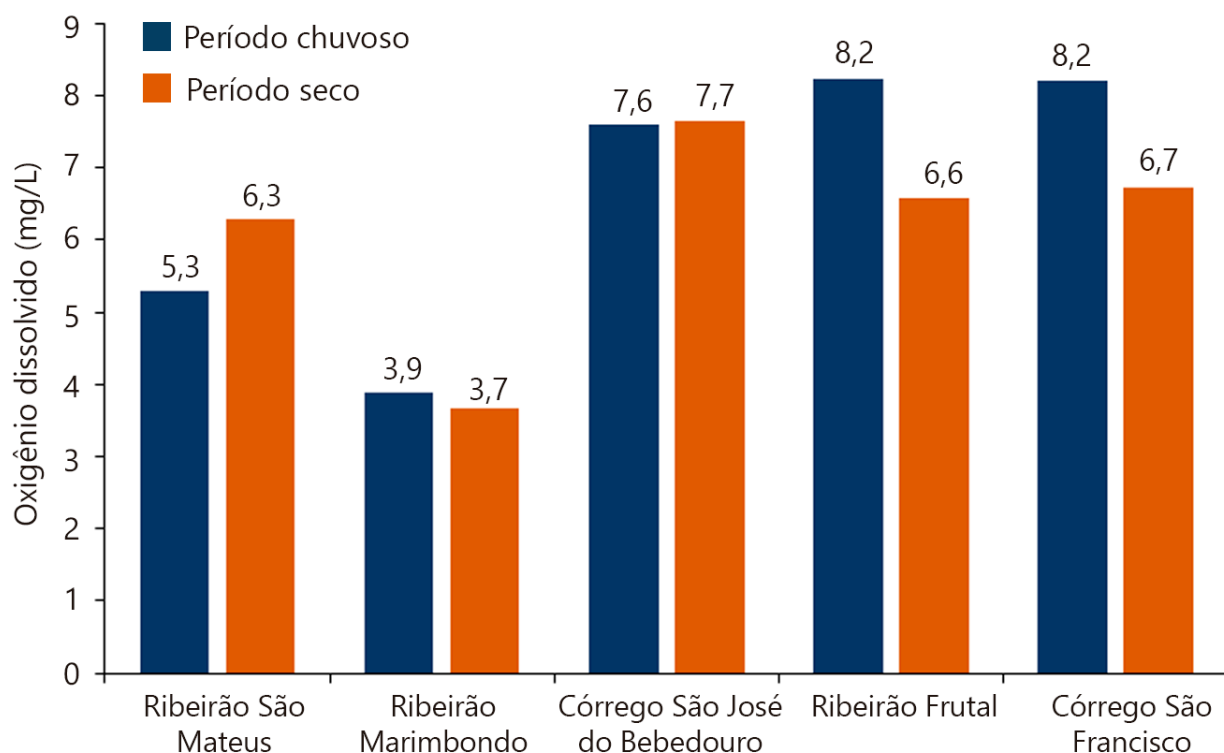


Figura 18 Oxigênio dissolvido presente na água nos períodos chuvoso e seco em nascentes da Serrinha.

Quando as concentrações de oxigênio dissolvido estão baixas, a turbidez está elevada, a contaminação microbiológica (exemplificada neste estudo pela *Escherichia coli*) está presente, a vazão apresenta variações extremas entre seca e enchentes (formando enxurradas), a vegetação ciliar encontra-se degradada e a nascente está asso- reada por partículas de areia fina, podemos compreender que estamos, aos poucos, matando nossas nascentes.

Como é possível reverter a degradação ambiental nas nascentes?

Nesta cartilha são apresentados ambientes bastante impactados e ambientes menos impactados. Não foram encontradas nascentes do Cerrado totalmente preservadas na região da Serrinha. Os ambientes menos impactados, no entanto, podem nos indicar caminhos para a recuperação daqueles mais degradados – sempre respeitando os diferentes tipos de nascentes.

Em toda bacia hidrográfica, é fundamental conservar os solos permeáveis¹⁴ para garantir que as nascentes não sequem. A formação da vegetação original precisa estar bem preservada nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) – seja de origem florestal ou campestre – para facilitar a infiltração da água na região subterrânea e reter os sedimentos antes que eles cheguem às nascentes, evitando o assoreamento.

Nas nascentes que não se encontram em bom estado de conservação, é necessário recompor a vegetação original. Em muitos casos, a APP é formada por vegetação florestal, o que exige o plantio de árvores nativas nas margens das nascentes. No entanto, no Cerrado, existem muitos campos nativos que foram substituídos por pastagens, inclusive em áreas de brejo. As gramíneas nativas desses campos são essenciais para a infiltração da água no solo. Por isso, esses ambientes naturais também precisam ser recuperados, evitando o pastoreio do gado nas APPs, mesmo quando essas áreas não apresentam vegetação florestal.

As cercas que protegem as APPs precisam ser mantidas em boas condições para evitar a entrada do gado nesses locais, pois grande parte das nascentes estudadas está contaminada com coliformes fecais e diversas nascentes se encontram em processo de assoreamento. Também, as nascentes muitas vezes são ambientes brejosos que propiciam o atolamento do gado. Além da perda do recurso hídrico da nascente, o proprietário rural também pode ter prejuízos financeiros quando o gado morre atolado nas margens desses ambientes.

Outra medida importante é evitar o plantio de cultivos que exigem o uso de agrotóxicos nas proximidades das matas ciliares, para que não ocorra a morte de vegetais e animais silvestres.

As práticas de conservação e recuperação de nascentes contribuem para a preservação da flora, da fauna silvestre e dos recursos hídricos, todos de extrema importância para a produção rural.

14. **Solos permeáveis** são solos em que a água infiltra com facilidade.

5. COMO A CARTILHA PODE SER ÚTIL?

A cartilha pode ser utilizada para promover a educação ambiental, tanto no ensino formal quanto no não formal, contribuindo para o entendimento das condições e da importância das nascentes em áreas rurais da região da Serrinha. Seu objetivo é incentivar uma compreensão ecossistêmica e orientar ações voltadas à recuperação das nascentes, garantindo a disponibilidade de recursos hídricos em quantidade e qualidade no ambiente rural.

Conteúdo voltado para educadores

O conteúdo desta cartilha foi elaborado com o objetivo de divulgar conhecimentos, por meio de um material paradidático, sobre as nascentes da região da Serrinha, proporcionando informações que subsidiem propostas de recuperação ambiental e promovam o letramento científico. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), as Ciências Naturais “têm um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências” (Brasil, 2018, p. 321).

A BNCC contempla temas relacionados à água e aos recursos hídricos nos componentes curriculares de Ciências Naturais e Geografia, em diferentes anos do ensino fundamental. Entretanto, o ambiente das nascentes não é especificado nesse material. Diante disso, torna-se necessário regionalizar as propostas nacionais, trazendo os temas para o contexto concreto dos estudantes.

Com o intuito de avaliar e aprimorar o conteúdo da cartilha, buscamos exemplificar a relação entre o conteúdo regional (Cerrado/Triângulo Mineiro/Frutas) e o material didático utilizado no curso de Educação de Jovens e Adultos da Escola Municipal Vicente de Paulo. Compreende-se, no entanto, que tais relações também podem ser feitas com outros materiais didáticos, a critério dos educadores.

Ao mesmo tempo em que se propõe o trabalho com o conhecimento sobre os ecossistemas de nascentes dentro da temática dos recursos hídricos, busca-se também capacitar os educandos para a compreensão de dados oriundos da ciência. O acesso a informações científicas permite realizar ações que busquem restabelecer condições prévias ao impacto antrópico.

A intenção não é vincular rigidamente o conteúdo da cartilha ao livro didático, mas sim apresentar exemplos de como essas duas ferramentas podem dialogar – sem

a pretensão de esgotar as possibilidades, mas com o desejo de que educadores encontrem novos caminhos pedagógicos para abordar um tema tão necessário ao envolvimento em prol da sustentabilidade no campo.

Como método pedagógico norteador, sugere-se o entendimento freiriano de leitura e problematização do mundo (Freire, 1992), por meio da análise da paisagem agrária, onde as nascentes estão inseridas, e da necessidade de acesso a recursos hídricos de qualidade para a produção agrícola e demais usos. A partir da leitura desses aspectos da paisagem, pode-se iniciar a problematização das escolhas feitas por homens e mulheres do campo, na sua identificação como camponeses ou como agentes das atividades agropecuárias em busca de maior sustentabilidade. Por meio desses direcionamentos, torna-se possível discutir escolhas e ações transformadoras, voltadas à valorização das pequenas e médias propriedades rurais, buscando formas de produção mais saudáveis e duradouras.

O uso deste material é viável mesmo que os educadores adotem outros caminhos metodológicos. Após a leitura da cartilha, cada educador poderá selecionar os conteúdos que considerar mais adequados para trabalhar em sala de aula, em atividades de campo ou em laboratório.

Exemplos de interação entre o livro didático e o material paradidático aqui proposto

Tomamos como referência o livro didático utilizado no curso de Educação de Jovens e Adultos da Escola Municipal Vicente de Paulo, Frutal (MG):

Educação Fundamental: Educação de Jovens e Adultos,
de autoria de Virginia Aoki (6º, 7º, 8º e 9º anos)

Livro didático do 6º ano

Disciplina: Geografia – Capítulo 5:

– A produção de alimentos e os impactos ambientais

Tópicos da cartilha relacionados:

- ✓ Esses temas podem ser relacionados com o mapeamento do uso e cobertura da terra no entorno das nascentes da Serrinha. Além disso, caso haja computador disponível, recomenda-se a utilização de aplicativos livres para visualização e interpretação de imagens de satélites que podem ser usadas para diversos fins, tais como: identificação de nascentes próximas a escola, reconhecimento de di-

ferentes usos do solo e análise do estado de conservação de Áreas de Proteção Permanente;

- ✓ Outro conteúdo da cartilha relacionado é o processo de erosão de solo, que contribui para a entrada de sedimentos nos rios e nascentes, causando o assoreamento e reduzindo a disponibilidade de água nas propriedades rurais, principalmente em rios de baixa ordem e nascentes.

Livro do 7º ano

Disciplina: Ciências – Capítulo 1

– Água, saúde e saneamento básico.

Tópicos da cartilha relacionados:

- ✓ Os conteúdos sobre qualidade da água podem ser trabalhados aqui, especialmente os itens referentes ao oxigênio dissolvido e à turbidez.
- ✓ Um tema diretamente relacionado é a contaminação microbiológica, causada pelo acesso do gado aos cursos d'água, tema de grande relevância para a realidade da nossa região.
- ✓ Essa discussão pode ser enriquecida com a intertextualidade, abordando a ocupação histórica da pecuária no Cerrado.

Livro do 9º ano

Disciplina: Geografia – Capítulo 4

– A escassez da água potável no “planeta azul”.

- ✓ Este tema está fortemente relacionado com as ações no campo. Todos os conteúdos da cartilha que abordam assoreamento, uso e ocupação do solo podem ser associados com a escassez hídricas, juntamente com temas correlatos ligados a mudanças climáticas e queimadas recentes no Cerrado.

Referências

- AOKI, V. **Educação Fundamental**: Educação de Jovens e Adultos. 1.ed. São Paulo, SP: Moderna, 2013.
- BRANCO, A. B. G.; BRANCO, E. P.; IWASSE, L. F. A.; NAGASHIMA, L. A. Alfabetização e letramento científico e os desafios para uma educação científica e tecnológica. **Revista Valore**, Volta Redonda, 3 (Edição Especial), p. 702-713, 2018.
- 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**. Brasília: DOU de 9/1/1997.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 357**, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente**. Resolução do CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. BRASIL, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Perfil do Produtor Rural- Série Estudos e Pesquisas 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.
- FREIRE, P. **Pedagogia da esperança**: um reencontro com a Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades**: Frutal. 2016.
- PILON, N.; DURIGAN, G.; OLIVEIRA, R.; PEIXOTO, F. P. **Manual para identificação e conservação das fisionomias abertas do Cerrado** [livro eletrônico]. — Goiânia, GO: Forest Criações, 2024, 94p.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

