

JOÃO CARLOS DE FREITAS ALVES

**HIDROMORFISMO COMO PARÂMETRO PARA DELIMITAÇÃO DA ZONA
RIPÁRIA DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA, MG.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

A474h
2016

Alves, João Carlos de Freitas, 1986-

Hidromorfismo como parâmetro para delimitação da zona
ripária de nascentes no município de Viçosa, MG / João Carlos
de Freitas Alves. – Viçosa, MG, 2016.

v, 59f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.51-59.

1. Hidrologia florestal. 2. Matas ripárias. 3. Áreas de
conservação de recursos naturais. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDD 22. ed. 634.116

JOÃO CARLOS DE FREITAS ALVES

**HIDROMORFISMO COMO PARÂMETRO PARA DELIMITAÇÃO DA ZONA
RIPÁRIA DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA, MG.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de julho de 2010.


João Batista Lúcio Correa


Kelly Cristina Tonello


Herly Carlos Feixeira Dias
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, saúde e força a mim concedidos e que me capacitam para o enfrentamento das batalhas do dia-a-dia em busca do crescimento pessoal e espiritual.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal por ter me concedido a oportunidade de realização deste mestrado.

Ao grande mestre, e hoje, amigo professor Herly Carlos Teixeira Dias por ter aceitado o desafio de orientar um até então desconhecido, por ter desenvolvido seu trabalho com maestria através de conselhos importantíssimos que me fizeram chegar a este título.

Ao amigo de longa data, Gustavo Eduardo Marcatti, por ter feito minha indicação ao professor Herly e também pela paciência e ensinamentos nas horas difíceis ao longo do curso.

Aos amigos da Republica Velho Rancho, pelo companheirismo e amizade a mim dedicados, sobretudo agradeço a pessoa da nossa ajudante, Margarete, que com sua presença e suas peculiaridades fizeram desses dois anos tempos de alegria.

Aos amigos do Laboratório de Hidrologia Florestal, pelo apoio dado nesses dois anos, sobretudo as pessoas da Edna e Machado, em especial à Thamires pela grande colaboração nas etapas de campo.

RESUMO

ALVES, João Carlos de Freitas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Hidromorfismo como parâmetro para delimitação da zona ripária de nascentes no município de Viçosa, MG.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o hidromorfismo como parâmetro prático de campo para delimitação das zonas ripárias em APPs de nascentes no município de Viçosa MG, contribuindo desta forma para os programas de produção de água, recuperação de áreas ciliares, conservação ambiental e atendimento à legislação em vigor. Foram avaliadas 19 nascentes, sendo 10 difusas e 9 pontuais. O método de delimitação da extensão da zona ripária em nascentes foi o visual, executando-se tradagens para avaliar ocorrência de hidromorfismo no solo até a profundidade 50 centímetros de profundidade, desse modo foi considerado que a zona ripária se estenderia até o fim da ocorrência desta presença do hidromorfismo. A metodologia desenvolvida se mostrou bastante eficiente e as zonas ripárias em nascentes pontuais e difusas foram encontradas até 2,83 e 9,36 metros respectivamente. De um modo geral, as nascentes estudadas encontram-se bastante degradadas e 7 (36%) delas apresentaram intermitência quanto ao fluxo. Ao longo da pesquisa verificou-se que as nascentes difusas possuem características hidrogeológicas que se aproximam muito às veredas. Neste sentido, propõe-se o que o início cômputo da APP em nascentes seja iniciado, após o termino da zona ripária, ou seja, logo após o termino da ocorrência de solos hidromórficos encontrados a 50 centímetros de profundidade, sendo assim a APP seria uma faixa de 50 metros de largura após o termino da zona ripária, e não um raio de 50 metros contados a partir do inicio do curso d'água como previsto na Lei Federal 12651/2012.

ABSTRACT

ALVES, João Carlos de Freitas, M.Sc., Federal University of Viçosa, July, 2016. **Hydromorphism as a parameter for delimitation of the riparian zone of the springs in Viçosa, MG.** Advisor: Herly Carlos Dias Teixeira.

The objective of this study was to evaluate the hydromorphism as a practical parameter field for delimitation of riparian areas in APPs springs in Viçosa MG, thus contributing to the water production programs, recovery of riparian areas, environmental conservation and compliance with the law into force. We evaluated 19 springs, 10 diffuse and point 9. The method of delimiting the extent of the riparian zone in springs was the visual, performing up tradagens to evaluate occurrence of hydromorphism the soil to a depth 50cm depth, thus it was considered that the riparian zone would extend until the end of the occurrence of this presence of hydromorphism. The methodology developed was very efficient and riparian zones in point and diffuse sources were found to 2.83 and 9.36 meters respectively. In general, the studied springs are severely degraded and 7 (36%) showed intermittently as the flux. During the research it was found that the diffuse sources have hydrogeological characteristics that are very close to the paths. In this sense, it is proposed that the beginning of APP calculation in springs is started after the completion of the riparian zone, that is, soon after the end of the occurrence of hydromorphic soils found 50 centimeters deep, so the APP would be a range of 50 meters wide after the end of the riparian zone, not a radius of 50 meters starting from the beginning of the watercourse as provided in the Federal Law 12651/2012.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. ESTADO DA ARTE	2
2.1. VISÃO GERAL SOBRE AS NASCENTES.....	2
2.2. ZONA RIPÁRIA.....	7
2.3. HIDROMORFISMO.....	11
2.4. VEGETAÇÃO RIPÁRIA.....	13
2.5. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS NASCENTES.....	29
4.2. HIDROMORFISMO E DELIMITAÇÃO HORIZONTAL DA ZONA RIPÁRIA.....	38
4.3. LACUNAS NA LEGISLAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE MUDANÇAS NO TEXTO LEGAL.....	44
5. CONCLUSÕES	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

Embora cobrindo três terços da superfície do planeta Terra, a água nunca esteve em tanta evidência para os brasileiros como nos últimos anos. Triste fato é que infelizmente o motivo da discussão do tema não é a abundância e sim a escassez desse recurso tão necessário à vida.

A comunidade científica e os estudiosos da Hidrologia Florestal e do Manejo de Bacias Hidrográficas, destacam a importância da manutenção das coberturas vegetais, sobretudo a florestal, nas bacias hidrográficas para que se tenha uma boa produção de água nas nascentes e cursos d'água (Dias, Silva, *et al.*, 2006). Em virtude disso é latente a necessidade de se tomar ações concretas para que sejam protegidas as florestas e os recursos hídricos.

Neste sentido, destaca-se a importância da legislação florestal. Uma ação não estrutural que visa à proteção da vegetação nativa. Amparadas sob este arcabouço legal, encontram-se as chamadas Áreas de Preservação Permanente (APPs) que possuem a função ambiental, dentre outras, de preservação dos recursos hídricos.

Nas áreas onde se materializam as APPs hídricas encontram-se a Zona Ripária, ambiente que desempenha importante papel na quantidade e qualidade dos recursos hídricos, pois possui estreita ligação com o curso d'água e o lençol freático.

Em virtude dessa estreita relação com o lençol freático, o gradiente de umidade na zona ripária faz com estes locais apresentem ambientes totalmente distintos em termos de solo, vegetação, fauna, topografia local, dentre outros, que por sua vez pode dificultar a identificação destas áreas, evidenciando a necessidade de determinação de métodos e parâmetros práticos e exequíveis em campo para demarcação destas zonas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o hidromorfismo como parâmetro prático de campo para delimitação das zonas ripárias em APPs de nascentes no município de Viçosa MG, contribuindo desta forma para os programas de produção de água, recuperação de áreas ciliares, conservação ambiental e atendimento à legislação em vigor.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. VISÃO GERAL SOBRE AS NASCENTES

Os primeiros conglomerados urbanos da humanidade foram gerados em torno de nascentes, rios e lagos onde a água jorrava e havia condições de se viver, até mesmo nos desertos as populações se formavam ao redor dos oásis. As nascentes, portanto, testemunharam a alvorada das civilizações (BARRETO, RIBEIRO e BORBA, 2010).

Vem de muitos séculos a preocupação humana em explicar a origem e formação das nascentes. Há relatos desta preocupação desde a Antiguidade. Os postulados de filósofos gregos afirmavam que as nascentes eram formadas e abastecidas por canais subterrâneos que se desenvolviam por debaixo das montanhas, levando água do mar (VALENTE e GOMES, 2015).

Desde então as nascentes são fontes para diversos estudos, sob óticas multidisciplinares, segundo Felipe e Magalhães Júnior (2013) essas pesquisas são lideradas pela hidrologia e pela geologia (visando compreender a dinâmica do fluxo, a composição hidrogeoquímica, das águas em diversas surgências) citando os estudos de Perrault (1967), Clarke (1924), Meinzer (1927) e Stiny (1933). Ainda para Felipe e Magalhães Júnior (2013), do ponto de vista das ciências biológicas as nascentes são estudadas enquanto ecossistemas raros e particulares, já para as engenharias florestal e ambiental os estudos realizados em nascentes visam denotar a importância desses sistemas como mananciais de água para a população, citando os estudos de Van der Kamp (1995) e Ward, Ferris, *et al.* (1998).

O termo nascente foi incorporado ao linguajar popular brasileiro. Em pesquisa objetivando a transversalidade de um conceito que melhor representasse o termo nascente, Felipe e Magalhães Junior (2013) desenvolveram um estudo por meio de questionário destinado a renomados pesquisadores brasileiros especialistas no tema. Os autores concluíram que nascentes são sistemas complexos que vêm sendo tratadas na literatura nacional e internacional com critérios conceituais pouco consensuais. Alguns dos conceitos de nascente discutidos na pesquisa de Felipe e Magalhães Júnior (2013) são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Alguns dos conceitos de nascentes discutidos no estudo de Felipe e Magalhães Júnior (2013).

Autores	Conceitos de nascentes
Allaby e Allaby, 1991	<i>Um fluxo de água acima do nível do solo que ocorre em lençol freático e intercepta a superfície do solo.</i>
Gomes <i>et al.</i> , 2005	<i>A nascente do rio ou riacho é a fonte situada no limite do afloramento do aquífero.</i>
Tood e Mays, 2005	<i>A nascente é uma descarga concentrada de águas subterrâneas que aparecem na superfície do chão, como uma corrente de fluxo de água.</i>
De Blij <i>et al.</i> , 2004	<i>Um fluxo superficial da água que emerge a partir do solo que flui.</i>
Davis, 1996	<i>Qualquer descarga de superfície natural de água grande o suficiente para fluir em um pequeno riacho pode ser chamado de uma nascente.</i>
Pinto <i>et al.</i> , 2004	<i>Cada início dos tributários.</i>
Brasil, 2002	<i>Local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente água subterrânea.</i>
Felippe e Magalhães Jr, 2009	<i>Nascente é um sistema ambiental marcado por uma feição geomorfológica ou estrutura geológica em que ocorre uma exfiltração da água de modo temporário ou perene, formando canais de drenagem a jusante.</i>
Valente e Gomes, 2005	<i>Nascentes são manifestações superficiais de lençóis subterrâneos.</i>
Guerra, 1993	<i>O mesmo que cabeceira de um rio, geralmente não é um ponto e sim uma zona considerável da superfície terrestre.</i>
Priberam, 2008	<i>Ponto onde começa uma corrente de água.</i>
Goudie, 2004	<i>Nascentes são o ponto onde as águas subterrâneas, recarregadas em altitudes mais elevadas, emerge à superfície. .</i>

Adaptado de Felipe e Magalhães Jr (2013). Fontes: Allaby um e Allaby (1991); Gomes, Melo e Vale (2005); Tood e Mays (2005); De Blij, Muller e Willians, (2004); Davis (1966); Pinto, Botelho, *et al.* (2004); Brasil (2002); Felipe e Magalhães Jr (2009); Valente e Gomes (2005); Guerra (1993); Priberam (2008); Goudie (2004).

No Brasil a definição de nascentes, amplamente aplicada no meio técnico, é a encontrada na Lei Federal 12.651/2012, artigo 3º, inciso XVII, que diz que nascente é [...] *o afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água* (BRASIL, 2012).

As nascentes fazem parte do ciclo hidrológico. Através deste ciclo, a água percorre vários caminhos, em vários estados físicos, desde a evaporação no mar, passando pelo continente e fechando o ciclo voltando ao mar (Castro e Lopes, 2001). A etapa continental do ciclo acontece nas bacias hidrográficas, onde a água precipitada é fracionada da seguinte forma (LOUREIRO, 1983; NEVES, SOUZA-

LEAL, *et al.*, 2014; CALHEIROS, TABAI, *et al.*, 2009; VALENTE e GOMES, 2015; BELLO, TORRES, *et al.*, 2014):

- i) Parte é interceptada pela cobertura vegetal voltando à atmosfera;
- ii) Parte escoando deixando a bacia hidrográfica;
- iii) Parte se infiltra no solo, da qual uma porção fica retida temporariamente nos espaços porosos, outra é consumida pelas plantas ou evapora para atmosfera; e
- iv) Parte percola no perfil do solo alimentando os aquíferos, constituindo a camada saturada.

A camada saturada pode estar próxima à superfície ou em grandes profundidades, em que a água nela contida, pode estar ou não sobre pressão (NEVES, SOUZA-LEAL, *et al.*, 2014; CALHEIROS, TABAI, *et al.*, 2009, BELLO *et al.*, 2014).

Calheiros, Tabai, *et al.* (2004) explicam que:

*quando a região saturada se localiza sobre uma camada impermeável e possui uma superfície livre sem pressão, a não ser a atmosférica, tem-se o chamado lençol freático ou lençol não-confinado. Quando se localiza entre camadas impermeáveis e condições especiais que façam a água movimentar-se sob pressão, tem-se o lençol artesianos ou lençol confinado (figura 1) (CALHEIROS, TABAI, *et al.*, 2004, p. 14).*



Figura 1: Tipos de aquíferos existentes. Fonte: Hidrogeológicos (2016).

Quando a água do aquífero livre ou confinado aflora à superfície do solo tem-se assim o surgimento do que chamamos de nascentes (Dias, Silva, *et al.*, 2006), segundo Felipe e Magalhães Júnior (2013), esse processo de passagem da água dos lençóis freáticos para a superfície do solo pode ser denominado “exfiltração”.

Para Valente e Gomes (2015) as nascentes, podem ser formadas tanto pelo lençol freático (não confinado), quanto pelo lençol artesiano (confinado entre duas camadas de rocha). Ainda segundo Valente e Gomes (2015) quanto ao afloramento as nascentes podem surgir por contato das camadas impermeáveis com a superfície, por afloramento dos lençóis sobre depressões do terreno, por falhas geológicas ou por canais cárlicos.

Segundo Dias, Silva, *et al.* (2006) as nascentes em que o lençol artesiano manifesta-se à superfície, em virtude das falhas geológicas nas ondulações convexas, são chamadas nascentes de contato ou anticlinal. Valente e Gomes (2015) citam que este tipo de nascente ocorre em regiões montanhosas, com forte declives.

De acordo com Valente e Gomes (2015), as nascentes que normalmente surgem no sopé dos morros, são conhecidas como nascentes de encosta. Os referidos autores afirmam ainda que, a maior parte dos córregos brasileiros possui origem em nascentes de encosta e de depressão.

As nascentes de depressão podem se manifestar em pontos de borbulhamento bem definidos, chamados olhos d’água, ou então por pequenos vazamentos superficiais espalhados por uma área que se apresenta encharcada (brejo) e vai acumulando água em poças até dar origem a fluxos contínuos, sendo conhecidas como nascentes difusas (VALENTE e GOMES, 2015; CALHEIROS, TABAI, *et al.*, 2009).

Calheiros, Tabai, *et al.* (2009) destacam que as veredas são também um tipo de nascente, formada pelo afloramento difuso do lençol freático ou artesiano, que interceptam o solo em uma superfície do terreno onde o escoamento for espraçado.

De acordo com o tipo de recarga, concentrada ou dispersa, a que surgem as nascentes, elas podem ser classificadas como pontuais e difusas (FELIPPE, 2009; VALENTE e GOMES, 2015).

Quanto à persistência do fluxo, diversos autores classificam as nascentes como perenes, intermitentes, temporárias ou efêmeras, destacando-se os trabalhos de Dias, Silva, *et al.* (2006) e Valente e Gomes (2015).

Os diversos tipos de nascentes descritos em Valente e Gomes (2015) podem ser identificados na Figura 2.

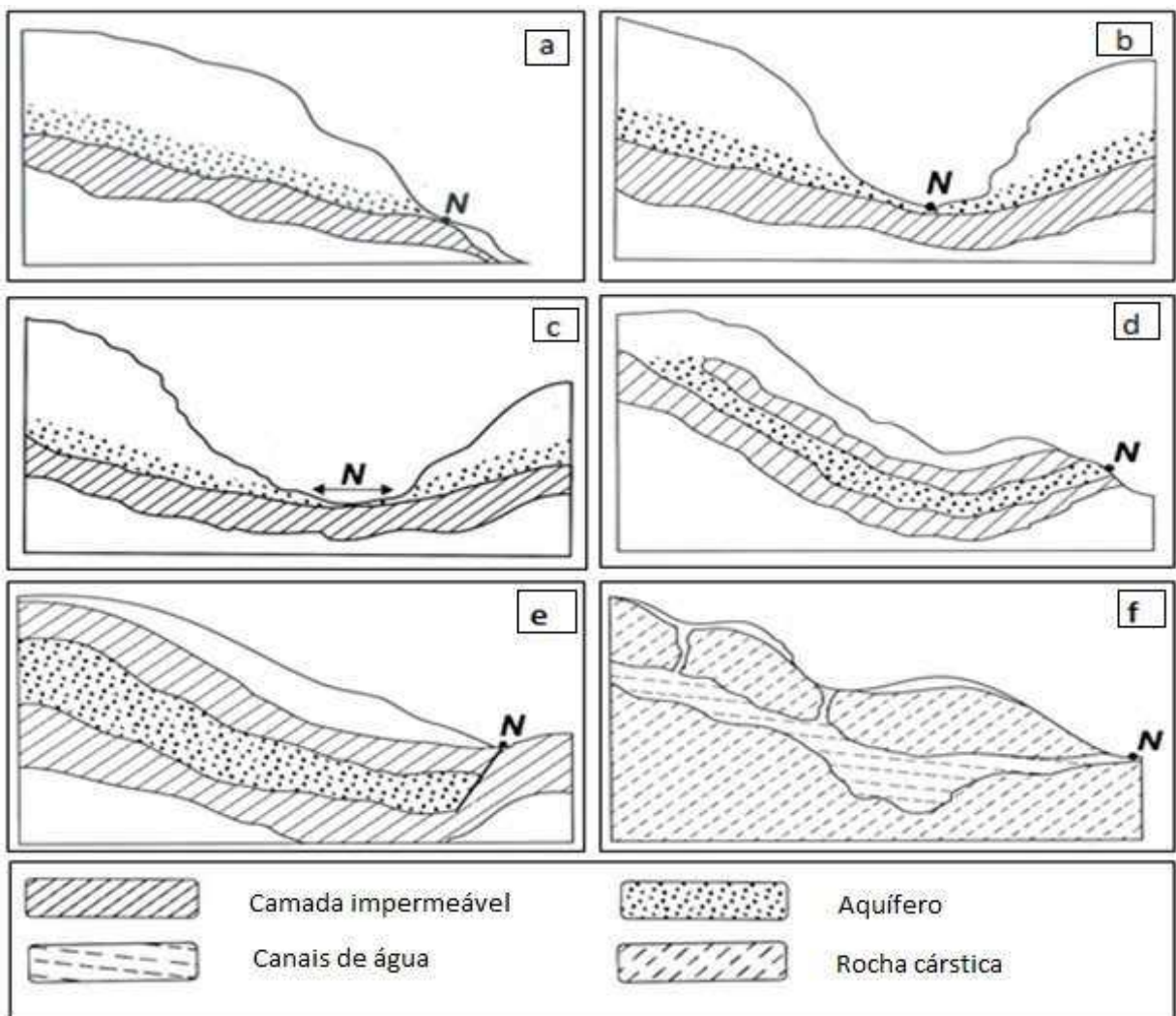


Figura 2: Tipos de nascentes segundo Valente e Gomes (2015). Fonte: Adaptado de Valente e Gomes (2015). Legenda: N = ponto da nascente; a: nascente de encosta; b: nascente de depressão tipo olho d'água; c: nascente de depressão tipo difusa; d: nascente de contato de lençol artesiano; e: nascente artesianas de falha geológica; f: nascentes artesianas de rochas cársticas.

As nascentes perenes apresentam fluxo durante todo o ano, com variações sazonais (Dias, Silva, *et al.*, 2006). Embora a água superficial não seja visível nos anos de extrema seca, proporcionando menores vazões, caso o fundo do leito consista de material permeável, o seu ponto de afloramento em alguns casos pode ficar muito difuso (VALENTE e GOMES, 2015).

As nascentes intermitentes fluem durante a estação chuvosa, mas secam durante parte do ano. As nascentes temporárias ou efêmeras ocorrem somente em resposta direta à precipitação, sendo sua ocorrência mais frequente em regiões áridas e semiáridas (DIAS, SILVA, *et al.*, 2006).

2.2. ZONA RIPÁRIA

No ambiente fluvial em que estão inseridas as nascentes, se encontra também a zona ripária, que pode ser entendida resumidamente, segundo Zakia, Ferraz, *et al.*, (2009) como, as zonas saturadas que margeiam os cursos d'água e suas cabeceiras (figura 3). São áreas dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, podendo se expandir durante chuvas prolongadas (Zakia *et al.*, 2009), como em termos ecológicos e geomorfológicos (LIMA e ZAKIA, 2000).

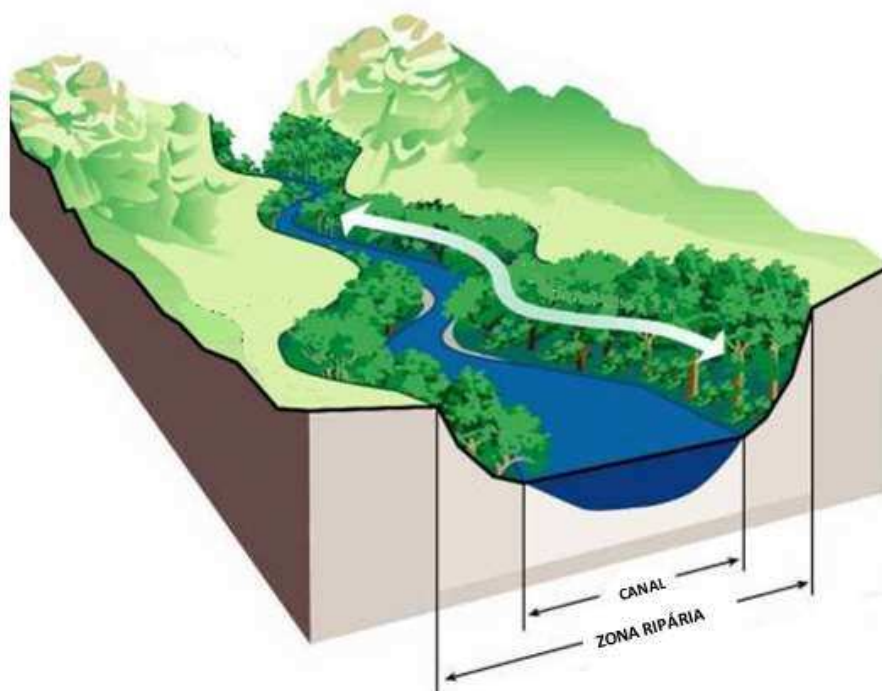


Figura 3: Esquema demonstrativo da zona ripária. Fonte: Adaptado de Arizona (2016).

A zona ripária desempenha importante função hidrológica através da geração do escoamento direto em microbacias, aumento da capacidade de armazenamento e produção de água, manutenção da qualidade da água, ciclagem de nutrientes e, interação direta com o ecossistema aquático (Holanda, 2005; Pinheiro, Bertoldi, *et al.*, 2011; Lima e Zakia, 2000, citando os estudos de Steinblums, Froehlich e Lyons, 1984; Platis, 1987; Elmore e Beschata, 1987; Lima, 1989; Gregory, Swanson, *et al.*, 1992; Bren, 1993).

A dinâmica hidrológica da zona ripária está intimamente relacionada aos processos de geração de escoamento na bacia hidrográfica. Os estudos sobre escoamento direto realizados por Horton publicados a partir de 1933 trouxeram novos conhecimentos para a hidrologia moderna sobre a dinâmica da água na bacia hidrográfica e a teoria da infiltração-escoamento no início do século XX (Lima e Zakia, 2000; Siefert e Santos, 2015). Já na década de 1960, surgia o conceito de “área de variável afluência” (AVA) (Hewlett e Hibbert, 1967; Lima e Zakia, 2000), processo frequentemente observado em áreas onde o escoamento superficial por saturação é dominante, considera as áreas saturadas como fontes de escoamento superficial (Siefert e Santos, 2012). Estas áreas de variável afluência, segundo Lima e Zakia (2000), sofrem processos de expansão e contração em função de períodos de chuvas prolongadas, em que vários fatores começam a participar da geração de fluxo direto na micro bacia.

A variabilidade de localização da zona ripária, segundo Attanasio, Gandolfi, *et al.*, (2012) se dá em função da topografia da bacia hidrográfica e das condições de transmissividade do solo. De acordo com Lima e Zakia (2000) citando Gregory, Swanson, *et al.* (1992), em tese o limite da zona riparia a montante seria a nascente do curso d'água, todavia os seus limites não são tão facilmente determinados. Ainda para Attanasio, Gandolfi, *et al.* (2012), os limites laterais da zona ripária, também em tese, se estenderiam até o limite da planície de inundação, contudo, devem-se considerar os padrões de enchentes que implantam um padrão de variação ripária.

Para se indicar áreas do terreno com maior probabilidade de saturação hídrica, pode-se utilizar índice topográfico de umidade , que requer como parâmetro

de entrada apenas os dados obtidos em um mapa de altimetria (CAI e WANG, 2006; GRABS, SEIBERT, *et al.*, 2009).

Diversas são as metodologias de demarcação da zona ripária. Dentre estas, pode-se destacar a modelagem computacional como realizada em Zakia, Ferraz *et al.* (2009), Attanasio, Lima, *et al.* (2006), Siefert e Santos (2010), dentre outros, e também a interpretação visual de imagens de satélite como nos trabalhos de Pereira e Moro (2012).

Os estudos desenvolvidos por Zakia, Ferraz, *et al.* (2009), e Attanasio, Gandolfi, *et al.* (2012), utilizaram para modelagem computacional o modelo TOPMODEL, que em sua concepção aplica o conceito de área de variável afluência para delimitação da zona ripária em bacias hidrográficas. Para Walter (2002) o modelo empírico TOPMODEL teve popularização de uso entre os hidrólogos devido sua simplicidade e vasta aplicação. Este modelo apresenta alta sensibilidade ao fator topográfico, levando em consideração também a transmissividade do solo constante para toda área da bacia (SILVA, 2012).

Siefert e Santos (2015) em estudos de delimitação de zona ripária realizados na bacia do Rio Pequeno (PR), também utilizaram o TOPMODEL. No intuito de fazer um refinamento dos resultados, os autores utilizaram também os solos hidromórficos e a vegetação (hidrófila e higrófila) como parâmetros em seus estudos, permitindo assim, estabelecer uma forma mais confiável de delimitação das zonas ripárias.

Outros modelos computacionais também são utilizados para determinação da zona de variável afluência como, Soil Moisture Routing (SMR), software que segundo Gorsevski, Boll, *et al.* (2008) pode até modelar um projeto de largura de faixas de proteção ciliar, o Gridded Surface Hydrologic Analysis (GSSHA) (SILVA, 2012). Os modelos hidrológicos aliados aos Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, produzem bons resultados e podem ser utilizados no planejamento do uso do solo, contudo eles requerem dados de entrada compatíveis ao produto a que se destinam (ATTANASIO, GANDOLFI, *et al.*, 2012).

Pereira e Moro (2012) delimitaram a zona ripária através da interpretação da vegetação ripária em ortofotos, distinguindo a vegetação hidrófila e higrófila das demais formações florestais e não florestais da bacia. O critério adotado para

delineamento dos segmentos da paisagem fluvial foi a amplitude visível da zona inundável ocupada por vegetação ripária.

Os trabalhos de Zakia, Ferraz, *et al.* (2009), Agnew, Lyon, *et al.* (2006), Curie, Gaillard, *et al.* (2007), Silva (2012), Pereira e Moro (2012), Siefert e Santos (2015), Siefert e Santos (2010), Gorsevski, Boll, *et al.* (2008), citados na Tabela 1, demonstram que a aplicação de modelagem computacional aliada aos softwares de SIG podem ser aplicados no planejamento de bacias hidrográficas. No entanto sua eficácia está intimamente relacionada aos dados de entrada, sobretudo aos dados altimétricos, que devem possuir escalas que permitam riqueza de detalhes, além da necessidade de, em alguns casos, emprego de vários outros parâmetros de entrada.

Tabela 1: Alguns estudos de demarcação de zona ripária utilizando modelagem computacional encontrados na literatura.

Autor	Método	Dados de entrada	Softwares utilizados	Escala	Área bacia	Local
ZAKIA, FERRAZ, <i>et al.</i> , 2009	Modelo TOPMODEL	Curvas de nível	IDRISI; ArcView 3.0, AVA.exe	1/10000	0,62 km ²	SP
AGNEW, LYON, <i>et al.</i> , 2006	Índice topográfico de umidade	MDE	GRASS, ArcGis 8.2	---	1, 67 a 37 km ²	EUA
ATTANASIO, LIMA, <i>et al.</i> , 2006	Modelo TOPMODEL	Folhas topográficas	ArcView 3.0, Autocad 2000	1/10000	36,56 km ²	SP
CURIE, GAILLARD, <i>et al.</i> , 2007	Índice topográfico de umidade	Curvas de nível	---	1/25000	76,76 km ²	FR
SILVA (2012)	GSSHA	MDE, Evapotranspiração, interseptação, retenção, infiltração, escoamento superficial	GSSHA, Qualisolo 2009, Excel, Rosetta	1/10000	9,36 km ²	SP
PEREIREA e MORO (2012)	Interpretação de ortofotos	Ortofotos	ArcGis	1/10000	37,40 km ²	PR
SIEFERT e SANTOS (2015)	Modelo TOPMODEL	MDE, série histórica de vazão, precipitação e evapotranspiração	---	1/10000	104,8 km ²	PR
SIEFERT E SANTOS (2010)	Modelo TOPMODEL	MDE, série histórica de vazão, precipitação e evapotranspiração	ArcView 3.2	1/10000	58,50 km ²	PR
GORSEVSK, BOLL, <i>et al.</i> , 2008	Modelo SMR	MDE, tipos e profundidade do solo	SMR	---	72 km ²	EUA

2.3. HIDROMORFISMO

As zonas ripárias apresentam diversos tipos de solos, possuindo em comum o hidromorfismo. De acordo com Ponnampertuma (1972) hidromorfismo [...] se dá em condições ambientais associadas a áreas de baixadas ou de depressões localizadas, que aumentam a má drenagem, decorrente da presença de um lençol freático oscilante, levando a um déficit de oxigênio, permitindo redução química de uma série de elementos ou compostos químicos, também relacionando-se com a dinâmica da matéria orgânica do solo (Nascimento *et al.*, 2013; Silva Neto, 2010; Teixeira, 2005). De modo geral, os solos hidromórficos apresentam baixa declividade associada a sua ocorrência, normalmente inferiores a 3% localizadas a posições mais baixas do ambiente (SIRTOLI, SILVEIRA, *et al.*, 2008).

Para Jacomine (2000), na região do Planalto Central do Brasil, em áreas com encharcamento permanente do solo, pode-se encontrar normalmente Organossolos (solos orgânicos), e em menor proporção os Gleissolos e Neossolos Quartzarêncos; os Neossolos Flúvicos e os Cambissolos, são encontrados em várzeas altas, como boa a moderada drenagem e não sujeita a encharcamento, numa situação intermediária a esta podem ser encontrados Plintossolos. Na região semiárida do Brasil sobre áreas de matas ciliares, são encontrados na zona ripária também as classes Planossolos, Solonete-Solodizados e os solos aluviais (JACOMINE, 2000).

No Planalto Viçosa, Teixeira (2005) afirma que os solos considerados como hidromórficos, em tal região, representam apenas duas classes, os Gleissolos e os Neossolos Flúvicos, ambos de ocorrência em áreas de fundo de vale e em várzeas. Ainda para a referida autora, o Gleissolo apresenta cor mais cinzenta, pois passa por um período de alagamento maior que o Neossolo Flúvico, sendo estes facilmente identificáveis devido a presença de taboa (*Thypha domingensis*) e, ou, pela mariazinha (*Hedychium coronarium*).

Os Neossolos Flúvicos são relacionados a áreas com presença de matas de galeria, menos úmidas, sendo solos bastante heterogêneos em função da sua gênese. A coloração predominante deste tipo de solo são bruno-escuro a bruno-amarelado-escuro. Os Gleissolos são solos minerais hidromórficos mal a muito mal drenados, com horizonte glei dentro de 50 cm da superfície ou imediatamente

abaixo do horizonte A ou H (Jacomine, 2000), apresentam cores desde cinzentas até pretas (EMBRAPA, 2016).

Ainda de acordo com Embrapa (2016) os Gleissolos se desenvolvem nas proximidades dos cursos d'água e em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres, ou em áreas côncavas de depressões. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrânea (surgentes).

Quanto à vegetação, o Gleissolos estão sob áreas de vegetação hidrófila (floresta paludosa - mata de brejo) ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea podendo ocorrer árvores grossas e de porte elevado (JACOMINE, 2000; EMBRAPA, 2016).

Silva, Gomes, *et al.* (2012) encontram nos topos de Tabuleiros Costeiros Brasileiros, presença de Espodosolos relacionados ao hidromorfismo, à medida que se aproxima das depressões, comuns nestas áreas, a textura dos solos é arenosa e o hidromorfismo mais acentuado, ocorrendo então os Espodosolos, que são solos que tendem a apresentar processos e feições associados ao excesso de água, com ou sem proximidade de lençóis freáticos, e horizontes acinzentados.

Em comum os solos hidromórficos possuem características específicas, em geral, relacionadas a ambientes de saturação hídrica permanente, ou na maior parte do tempo podendo também apresentar ocorrência de mosqueados (Jacomine, 2000; Nascimento, Lani, *et al.*, 2010; Silva Neto, 2010; Siefert, 2012). Esta condição ambiental resulta como processo pedogênico predominante, a gleização (FANNING & FANNING, 1989; COUTO e OLIVEIRA, 2010)

A gleização resulta em características marcantes como a coloração acinzentada no todo ou em algumas partes do perfil do solo (Couto e Oliveira 2010), resultante da ausência de compostos de ferro na forma oxidada, com a possível presença de feições de oxidação de ferro localizadas, expressas por coloração cromática vermelha ou amarelada, denominadas como "redoximorphic features".

Os óxidos de ferro constituem importantes indicadores pedoambientais, em virtude da sua grande distribuição pelo mundo e facilidade de caracterização. Em pedoambientes sob influência da umidade e matéria orgânica, em que prevalecem

os solos hidromórficos, favorecem a formação de óxidos de ferro menos cristalinos como a ferrihidrita ($\text{Fe}_2(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Em condições de alagamentos sazonais, é comum nesses solos a presença de mosqueados e plintitas, feições morfológicas que são reflexos de processos de dissolução e neoformação de óxidos de ferro (SILVA NETO, 2010).

Oficialmente no Brasil, para que um solo seja considerado hidromórfico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), é necessário que o seu desenvolvimento ocorra sob influência do aquífero raso, podendo ter sua origem associada a material mineral ou orgânico. A cor, para todos os matizes de quaisquer valores, os cromas podem ser menores ou iguais a 2, desde que ocorra presença de mosqueados de redução (EMBRAPA, 2006).

2.4. VEGETAÇÃO RIPÁRIA

No Brasil, as áreas ripárias são bastante extensas e recebem inúmeras denominações na literatura, dentre estas, destacam-se matas ciliares, matas de brejos, e várias outras associando a presença ou ausência de água ao termo (Ivanauskas, Rodrigues e Nave, 1997; Veloso e Goes Filho, 1982), banhado, brejo, pântano, pantanal, igapó, várzea, campo úmido, lameiros e pampas (Esteves 1998). Veloso & Goes Filho (1982) denominaram a formação florestal das margens de cursos d'água de, mata aluvional e, quando o solo aluvional fazia parte de várzeas, foram chamadas de matas aluvionais fluviais ou de florestas paludosas (Lindman e Ferri 1974, Fernandes & Bezerra 1990). Já Bertoni e Martins (1987) denominaram-nas floresta de várzea e, Troppmair e Machado (1974) mata de condensação, quando essas ocupavam fundos de vales, apresentando concentração maior de neblina em algum período do ano.

De acordo Ivanauskas, Rodrigues e Nave (1997) como essas formações estão distribuídas na forma de pestanas ao longo dos rios foram também chamadas de matas de anteparo e de matas ciliares (Santos, 1975). Para o estado de São Paulo a consagração do termo mata ciliar se deu com Leitão-Filho (1982), definindo-a como floresta latifoliada higrófila, com inundação temporária.

Sob a perspectiva de uma aplicação clara e informativa da definição da nomenclatura fitogeográfica dos tipos vegetacionais característicos ribeirinhos, Rodrigues (2000) propõe o estabelecimento de mais de um nível hierárquico na classificação dessas formações, definindo subformações ou subtipos desse tipo de vegetação, conforme descrição a seguir:

- i) *Formação ribeirinha com influência fluvial permanente – em função de estarem sobre solo permanentemente encharcado, com água superficial geralmente em movimento. Esse tipo vegetacional ocorre sobre grandes planícies de inundação ou sobre nascentes ou olhos d'água. Tem-se como nomenclatura formal destas áreas: florestal estacional semidecidual ribeirinha com influência fluvial permanente (florestas úmidas, paludosas, de várzea, de brejo e pindaíbas); floresta ombrófila densa ribeirinha com interferência fluvial permanente (floresta de igapó, floresta paludosa, ou palustre, veredas, e florestas de baixios); floresta ombrófila densa ribeirinha com influência fluviomarinha ou marinha permanente (floresta de restinga paludosa, caixetas, guanandizais, mangue), campinarama gramíneo lenhosa com influência fluvial permanente (campos húmidos do pantanal, campos limpos úmidos do Brasil Central, campinas abertas); campo com influência fluviomarinho permanente (campos salinos).*
- ii) *Formação ribeirinha com influência fluvial sazonal – aplicada a formações ribeirinhas diretamente influenciadas pela água, mas claramente sazonal, através da elevação do lençol freático ou elevação de um rio. Nesta situação teríamos: floresta estacional semidecidual ribeirinha com influência ribeirinha (florestas de galeria, florestas ripárias e ciliares, florestas de grotões, florestas pantaneiras); floresta estacional decidual ribeirinha com influência fluvial sazonal (florestas ciliares e algumas florestas pantaneiras sobre os solos litólicos); floresta ombrófila densa ribeirinha com influência fluvial sazonal (floresta de galeria com origem amazônica ou atlântica) típica do Brasil Central, floresta ombrófila densa com influência marinha sazonal (floresta de restinga alta ou não paludosa); floresta ombrófila mista ribeirinha com influência fluvial sazonal (florestas ciliares da região subtropical) savana parque com influência fluvial sazonal (campos de murunduns dos pantanais); savana gramíneo lenhosa com influência fluvial sazonal (campos úmidos sazonais do Brasil Central); savana estética parque com influência fluvial sazonal (chacos pantaneiros).*
- iii) *Formação ribeirinha sem influência fluvial – para designar formações ribeirinhas que apesar de estarem às margens de cursos d'água, atualmente não sofrem influência direta do rio ou do lençol freático, como em regiões de rios bem encaixados*

ou rios de corredeira. Neste caso tem-se: florestal estacional ribeirinha sem influência fluvial (florestas de galeria, florestas ripárias ou ciliares); floresta estacional decidual ribeirinha sem influência fluvial (florestas ciliares), floresta ombrófila densa ribeirinha sem influência fluvial (floresta de galeria ou ripária), savana florestada ribeirinha sem influência fluvial (cerradão ciliar) (RODRIGUES, 2000, p. 92).

Independente do nome a que se dê à formação da vegetação ribeirinha, para Klapproth e Jhonson (2000), e Kobiayama (2003) se esta vegetação está sob influência constante do lençol freático ela é uma vegetação ripária. Um ecossistema ripário, bem estruturado, de acordo Manolli (2011) pode servir como filtro ou agente tampão aos impactos das fontes pontuais e não pontuais de poluição, podendo remover até 97% destes, além disso, há neste ambiente diversidade de espécies florestais nativas, além da função filtro, a vegetação ripária passa a ser multifuncional, visto que além de proteger os recursos hídricos e o solo, ela passa a beneficiar também a fauna e a flora locais, desempenhando importante papel ambiental na função de corredor ecológico (LAURANCE, 2002).

Apesar dos vários benefícios da manutenção da vegetação riparia, para alguns autores, seu papel é bastante questionável quanto à de produção de água (Salemi, Groppo, *et al.*, 2012; Balbinoti, Oliveira, *et al.*, 2008). Os referidos autores fizeram extensos estudos de revisão bibliográfica sobre o papel da vegetação no rendimento de água e no ciclo hidrológico, respectivamente, e apesar de destacarem que a vegetação ripária possui efeito sobre o rendimento de água na bacia hidrográfica, demonstraram que alguns estudos relatam que os efeitos podem ser positivos e negativos, concluindo que são necessários mais esforços do meio acadêmico para que se tenham resultados mais esclarecedores sobre o tema.

2.5. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

É relativamente antiga a menção a restrição do uso das margens dos rios no Brasil, datando de 1867 (Medeiros, 2013), onde a lei nº 1.507, de 26 de setembro de 1867, trazia em seu artigo 39º o seguinte texto:

“Fica reservada para a servidão publica nas margens dos rios navegáveis e de que se fazem os navegáveis, fora do alcance das marés, salvas as concessões legítimas feitas até a data da publicação da presente lei, a zona de sete braças¹ contadas do ponto médio das enchentes ordinárias para o interior, e o Governo autorizado para concedê-la em lotes razoáveis na forma das disposições sobre os terrenos de marinha” (BRASIL, 1867).

O Decreto n° 23.793, de 23 de janeiro de 1934, que aprova o Código Florestal, definiu como florestas protetoras as que, por sua localização, servirem conjunta ou separadamente para: a) conservar o regime das águas; e, b) evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais (Art. 4°). Proibia inclusive aos “proprietários da terra”, a derrubada de árvores, mesmo em regiões de lenha escassa, nas matas ainda existentes às margens dos cursos d’água, lagos e estradas de qualquer natureza entregues á serventia publica (Art. 22°). Mas permitia, mediante a licença da autoridade florestal, que esses “proprietários de terra”, próximas de rios e lagos, explorarem a lenha para abastecimento de vapores e máquinas (Brasil, 1934; Medeiros, 2013). Borges, Rezende, *et al.* (2011), explicam que, sobretudo esse artigo 4° da referida lei, representa um primeiro esboço do que seriam hoje as chamadas APPs.

O termo Área de Preservação Permanente é expressamente criado, na instituição do segundo Código Florestal Brasileiro, intitulado inclusive como “Novo Código Florestal” (Brasil, 1965; Medeiros, 2013, Borges, Rezende, *et al.*, 2011; Ribeiro, 2011; Metzger, 2010). O segundo Código, ou seja, a lei federal n° 4.771 de 15 de setembro de 1965, traz em seu artigo 1°, inciso II a seguinte definição para Área de Preservação Permanente:

[...] área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2° e 3° desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1965).

¹ Segundo Medeiros (2013), uma braça equivale a 2,2 metros, logo o referido afastamento equivaleria a 15,4 metros para o interior.

Borges, Rezende, *et al.* (2011) em um artigo de revisão bibliográfica sobre Áreas de Preservação Permanente consideram que o Código Florestal de 1965 representou um importante instrumento disciplinador das atividades florestais no País, ao declarar as florestas existentes no território nacional como “bens de interesse comum a toda nação”, limitando inclusive o uso da propriedade rural por seus proprietários. Ainda de acordo com Borges, Rezende, *et al.* (2011) essa menção de “bens de interesse comum” pode ser considerada como uma precursora da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), devido ao fato de na Constituição de 1988, meio ambiente ser conceituado também como um bem de uso comum do povo brasileiro.

O texto que atualmente vigora e versa sobre a proteção das APPs no Brasil é encontrado na Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012 que não se intitulou, como as antecessoras, um “Código Florestal” (Brasil, 2012), não se limitando a apenas esta mudança, mas trouxe também significativas alterações ao texto em relação às suas precursoras (Monteiro, 2013; Faria, Adriano Júnior, *et al.*, 2014; Klein, Fragalli, *et al.*, 2015; Do Carmo, Felipe e Magalhães Júnior, 2014; Feistauer, 2014).

Atualmente no Brasil considera-se Área de Preservação Permanente (APP), segundo redação dada pela Lei Federal 12.651 de 25 de maio 2012, artigo 3º, inciso II, como:

[...] área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Percebe-se que o caráter preservacionista vem acompanhando as redações legais que norteiam o uso das terras marginais aos corpos d’água e, que a zona ripária se materializa exatamente nestas porções de terra consideradas como áreas de preservação permanente (Brasil, 1934; Brasil, 1965; Brasil, 2012). Dessa forma, cabe destacar as funções desempenhadas pela zona ripária, segundo Monteiro (2013), CRCJ (2003) e Silva (2003) citando (Mander, Huusemets, *et al.*, 1997; Reid e Hilton; 1998) e que são 1) Estabilização de taludes e encostas, 2) Manutenção da morfologia do rio e proteção a inundações, 3) Retenção de sedimentos e nutrientes, 4) Mitigação da temperatura da água e do solo, 5) Fornecimento de alimento e

habitat para organismos aquáticos, 6) Manutenção de corredores ecológicos, 7) Paisagem e recreação, 8) Fixação do gás carbônico, 9) Interceptação de escombros rochosos. Neste sentido, Metzger (2010) explica que independente do Bioma ou grupo taxionômico a se tratar, em toda paisagem fluvial deveria manter corredores ripários, dado seus benefícios para a conservação das espécies.

Diversos são os fatores que vão potencializar os benefícios promovidos pela vegetação ripária, como, largura e declividade da zona riparia, a extensão e qualidade dos corredores (Laureance e Laurance, 1999). Dentre estes, Metzger (2010) destaca que a largura é o fator mais importante, regulando a área impactada pelos efeitos de borda.

Castelle, Jhonson e Conolly (1994) e Silva (2003) relatam que o dimensionamento da largura das faixas de vegetação ripária deve ser definido em virtude da função a que esta vegetação deverá exercer sobre o corpo d'água, seja manutenção da temperatura da água (TA), remoção de sedimentos (RS), remoção de nutrientes (RN), diversidade de espécies (DE) (figura 4). As larguras apresentadas são referentes a apenas um lado do corpo d'água. Ainda para Silva (2003) a aplicação de uma ou mais funções da vegetação ripária depende do tipo de solo, topografia, uso do solo à montante, tipo de vegetação envolvida, a morfologia do rio, dentre outros fatores.

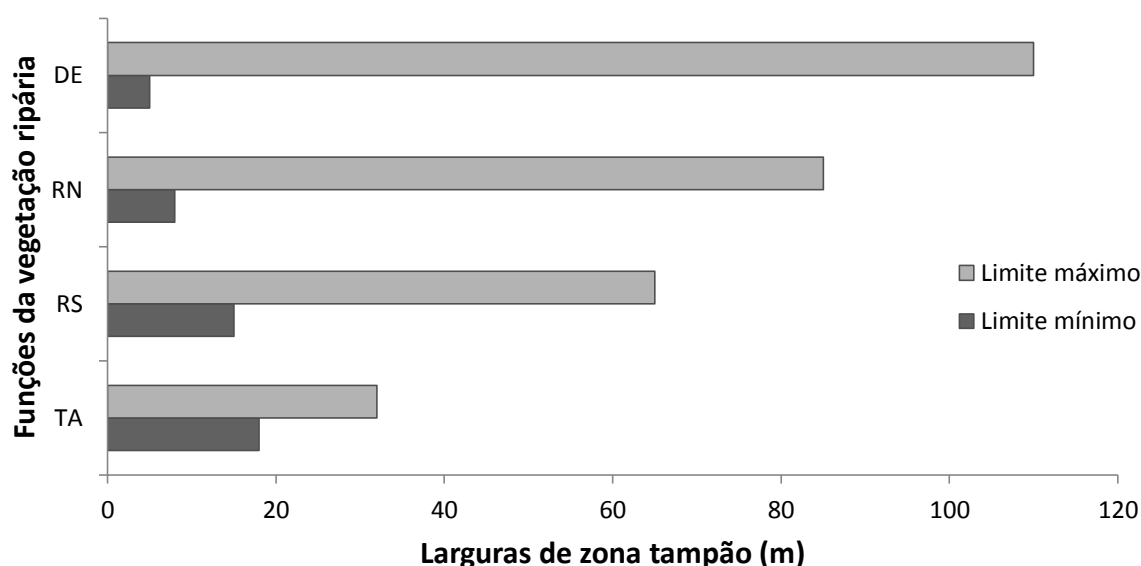


Figura 4: Faixas de larguras sugeridas para fornecer funções específicas. Fonte: Adaptado de Castelle, Jhonson e Conolly (1994).

Concluindo seu artigo Castelle, Jhonson e Conolly (1994), destacam que para que haja proteção dos recursos hídricos, faixas de proteção menores do que 5 a 10 metros desempenham pouca proteção aos recursos hídricos, e faixas de 15 a 30 metros são necessárias para proteção sob a maior parte das circunstâncias. Já para manutenção dos componentes biológicos das várzeas e rios a faixa mínima deveria ser de 30 metros, entretanto condições locais podem vir a alterar os valores recomendados para a faixa de proteção ripária.

Metzger (2010) com base em diversos estudos de cunho biológico realizados na Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado, enfatiza que os valores de larguras das faixas de áreas de preservação permanente exigidos pelo Código Florestal de 1965 (mantidos na Lei 12.651 de 2012), indicam na realidade uma necessidade de expansão destes valores para limiares mínimos de pelo menos 100 metros (50 m de cada lado do rio), independente do bioma, do grupo taxionômico, do solo ou do tipo de topografia.

Compilando os resultados de análise de 25 trabalhos científicos sobre determinação de largura ideal da faixa de proteção ripária, Silva (2003) encontrou valores que variam de 10 a 208 metros, comparando graficamente (figura 5) estes valores com os recomendados pelo CRCJ (2003), Silva (2003) encontrou significativas discrepâncias entre valores comparados, atribuindo esta variação comparativa em função das diferentes metodologias adotadas em cada trabalho.

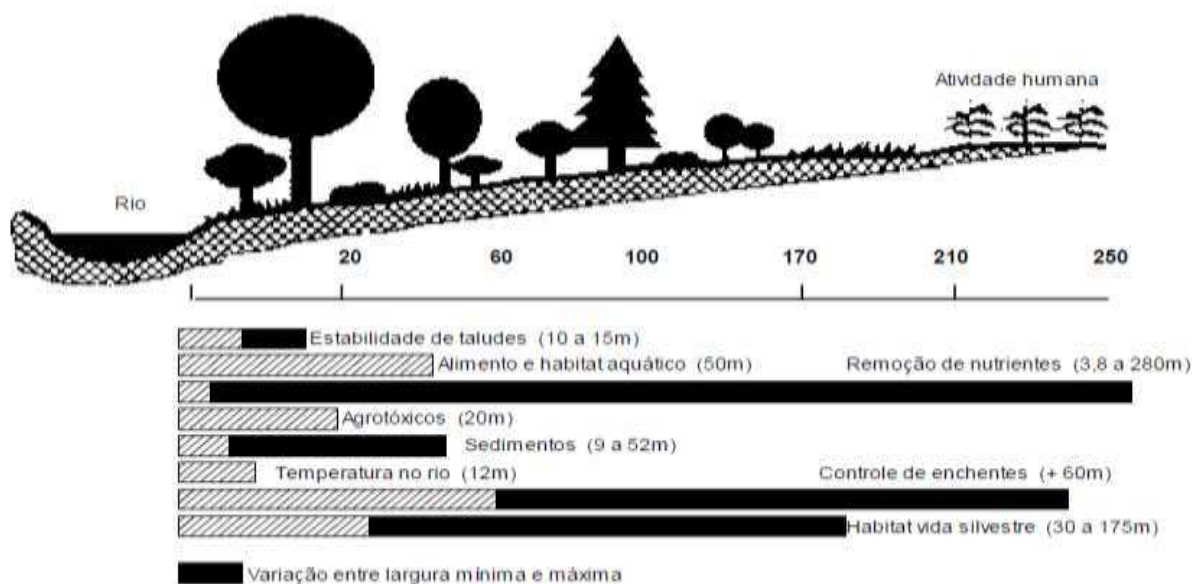


Figura 5: Fixas estimadas pelos estudos pesquisados por Silva (2003). Fonte: Adaptado de Silva (2003).

De acordo com Kobiyama, Mota e Corseuil, (2008) citando Vannote, Minshall, *et al.* (1980) a floresta ripária exerce maior influência nas cabeceiras dos cursos d'água, onde eles ainda possuem pequena largura, velocidade, vazão e profundidade. Em relação às faixas de proteção de nascentes o Código Florestal de 1.934 não trazia nenhuma menção quanto à extensão destas faixas (Medeiros, 2013). Já o Código Florestal de 1965, determinava como APP um raio de no mínimo 50 metros de largura, nos locais onde haja ocorrência de nascentes mesmo que intermitentes e em olhos d'água (art. 2º) (Brasil, 1965). Por fim, no que tange a Área de Preservação Permanente em nascentes, segundo legislação em vigor, vale o texto da lei 12651/2012 artigo 4º inciso IV, em que diz que são consideradas APPs (figura 6) [...] *em áreas rurais ou urbanas as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros* (BRASIL, 2012).

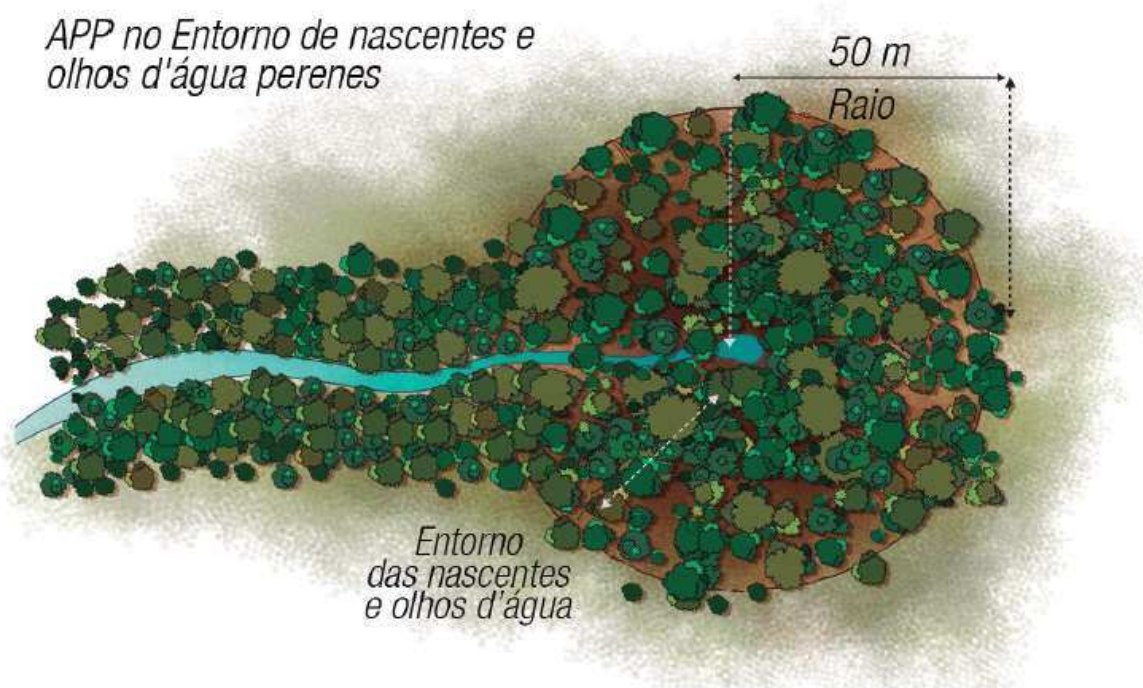


Figura 6: Área de preservação permanente APP no entorno de nascentes e olhos d'água perenes. Fonte: Adaptado de BEDÊ (2013).

Metzger (2010) dedica um artigo inteiro a questionar, qual a base científica utilizada pelos legisladores brasileiros para definir a largura dos corredores ripários ao longo dos cursos d'água, pois larguras definidas arbitrariamente não se ajustam às condições e processos específicos que ocorrem localmente. Cabe incluir nessa

discussão técnico-política, a questão da chamada área rural consolidada, trazida no texto da Lei 12651/12, em que estabelece a obrigação de se recuperar apenas 15 metros no entorno das nascentes.

Há que se destacar que, perante a Lei Federal 12651/12, as nascentes e olhos d'água intermitentes, extremamente importantes ao ecossistema dos locais a que se encontram, estão juridicamente desprotegidos, uma vez que por tal instrumento legal, o entorno destes pontos de afloramento de água não fora considerado com Área de Preservação Permanente. Portanto é passível de intervenções antrópicas nessas áreas, o que pode levar a cenários de degradação, contaminação e poluição dos recursos hídricos nesses locais, podendo acarretar perdas significativas e irreversíveis ao ecossistema local.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades de pesquisa em campo foram totalmente desenvolvidas no município Viçosa, MG (figura 7), cuja coordenada central é 20°45'S e 42°55'W. Viçosa possui população estimada para o ano de 2015 em 77.318 habitantes (IBGE, 2016). Pertencente à Região da Zona da Mata Mineira (ALMG, 2016), Viçosa possui uma área de 299,418 km² (IBGE, 2016), situada em região caracteristicamente montanhosa, de topografia acidentada, com vales estreitos e úmidos (CAMPOS, SILVA, *et al.*, 2006)

O clima da região de Viçosa, de acordo com classificação de Köppen é do tipo Cwb, subtropical moderado úmido, possuindo duas estações bem demarcadas, uma chuvosa e outra sem chuvas significativas. As médias anuais de precipitação, umidade relativa e temperatura do ar são, respectivamente, de 1221,4 mm, 81% e 19,4 ° C, sendo a média das máximas de 26,4 ° C e a média das mínimas de 14,8 °C (INMET, 2016).

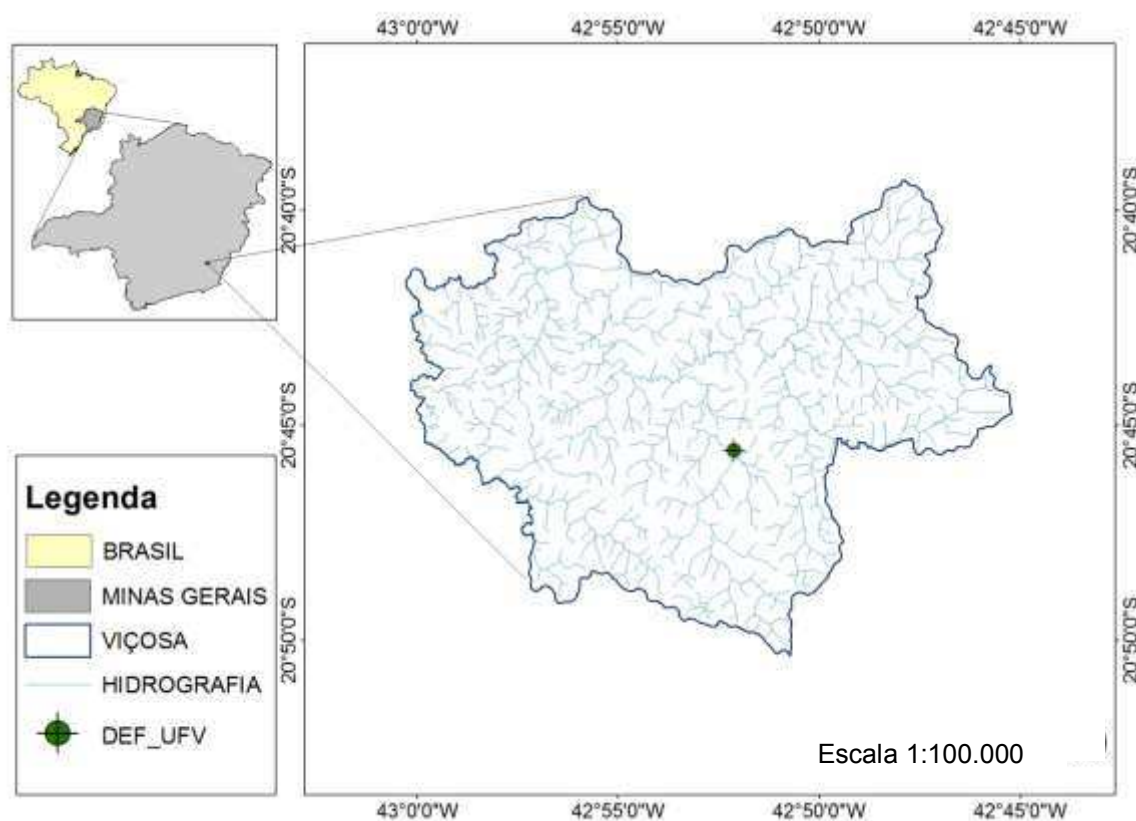


Figura 7: Mapa de localização da área de estudos no município de Viçosa, MG, no ano de 2016. Base cartográfica: Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2016).

A vegetação original da região é do tipo floresta tropical subperenifólia e pertence ao ecossistema da Mata Atlântica, a formação florestal predominante é a Floresta Estacional Semidecidual (Marangom, Soares e Feliciano, 2003), a qual basicamente foi substituída pelo cultivo do café durante o processo de colonização do município, deixando marcas nos aspectos físicos da paisagem atual e na sócio economia regional. Atualmente, a cobertura vegetal mais marcante é composta por pastagem de capim gordura e braquiarias, com manchas descontínuas de sapé. As matas secundárias ocupam os topos das elevações, formando capoeiras interruptas (VIÇOSA, 2016).

Viçosa está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Doce e seu principal curso d'água é o Ribeirão São Bartolomeu, afluente do Rio Turvo Sujo. Seus tributários mais expressivos são o Córrego do Engenho, Córrego Palmital, Córrego Paraíso, Córrego dos Machados, Córrego das Posses e Córrego Araújo (VIÇOSA, 2016).

Segundo Teixeira (2005) os principais tipos de solos encontrados no Planalto Viçosa (figura 8) são os Latossolos, situados nos topos de morro (plano) e meia encostas; Argissolo, encontrados nos terraços e grotas; Gleissolos e Neossolos Flúvicos, encontrados nas áreas inundáveis dos leitos maiores dos cursos d'água.

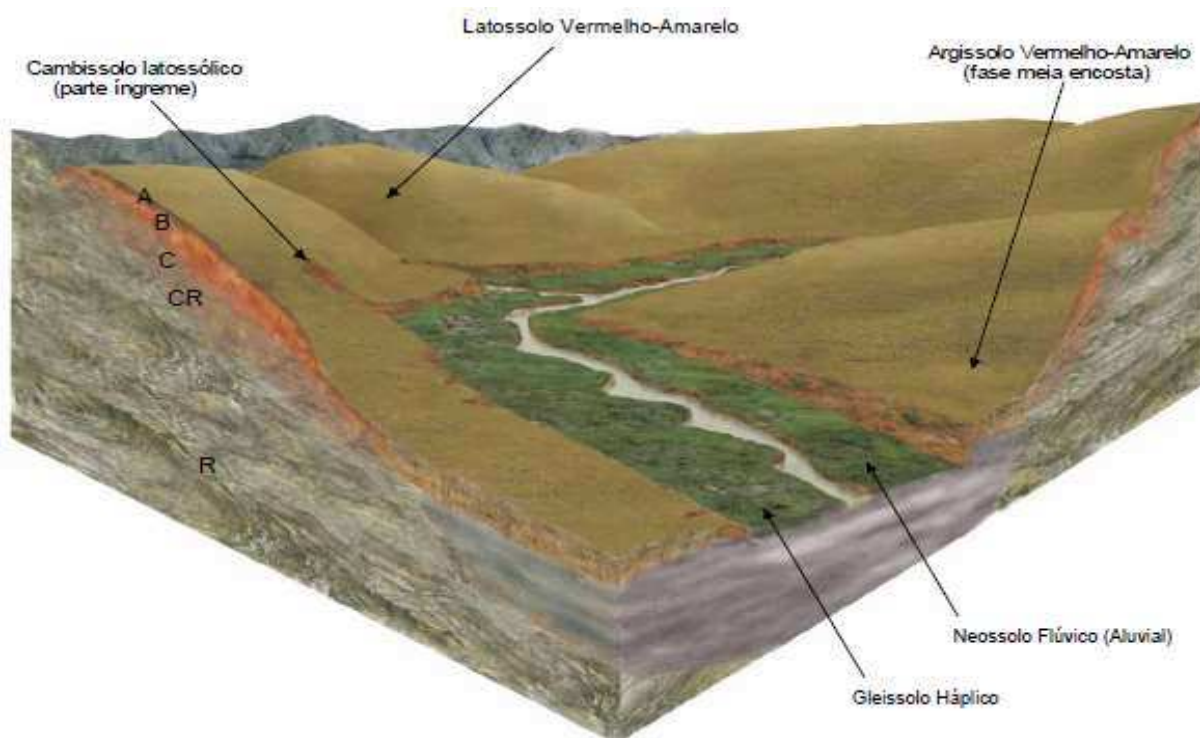


Figura 8: Diferentes tipos de solos encontrados no Planalto Viçosa. Fonte: Adaptado de Teixeira (2005).

A pesquisa foi desenvolvida entre agosto de 2015 e maio de 2016, cobrindo assim os meses de seca e chuvas na região. O trabalho em campo foi desenvolvido em nascentes de cursos d'água, escolhidas aleatoriamente, onde a condição para definição de executar ou não os trabalhos nas nascentes encontradas estava atrelada à autorização verbal de seus proprietários em acessar suas terras.

Uma vez autorizada a entrada na propriedade, os trabalhos de campo se dividiam em três etapas: caracterização da área da nascente, levantamento do hidromorfismo e levantamento topográfico.

Como premissa para a definição do ponto de localização da nascente, adotou-se o início do curso d'água, como sendo este o ponto da nascente, conforme descrito na Lei Federal 12.651/2012, artigo 3º, inciso XVII (BRASIL, 2012). Sendo assim, se fez necessário padronizar o que seria o início do curso d'água, que foi determinado como sendo o local onde o acúmulo de água fosse grande o suficiente a não permitir mais uma pessoa andar sobre a área encharcada sem dificuldade, e que visivelmente fosse observado um movimento horizontal da água. A partir daí iniciavam-se as medições.

O levantamento do hidromorfismo teve como base norteadora a Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP N° 005 de 28 de março de 2008, do estado do Paraná, que define os critérios para avaliação de áreas úmidas e seus entornos protetivos. Neste sentido foram considerados solos hidromórficos ou com hidromorfismo, os solos que em condições naturais se encontravam saturados por água, permanente ou em determinado período do ano, independente de sua drenagem atual e que, em virtude do seu processo de formação apresentasse dentro dos 50 (cinquenta) centímetros a partir da superfície, cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas e/ou cores pretas resultantes do acúmulo de matéria orgânica.

Para identificar o caráter hidromorfismo foram realizadas tradagens (por meio de um trado holandês) até a profundidade de até 50 (cinquenta) centímetros de profundidade no solo (figura 9), nas áreas a montante, lados direito e esquerdo da nascente, e a 50 metros abaixo do ponto de afloramento da água também nos lados esquerdo e direito do curso d'água. O limite a se determinar até onde iriam ser feitas as tradagens fora a presença do hidromorfismo a 50 centímetros de profundidade do solo. A partir daí eram feitas duas tradagens de conferência mais adiante (em torno

de 2 metros), caso houvesse hidromorfismo nestas amostragens o processo era refeito até definição exata do ponto onde terminasse a presença de hidromorfismo aos 50 primeiros centímetros de camada de solo.



Figura 9: Execução de tradagens em áreas de nascentes do município de Viçosa, MG, no ano de 2016.

O levantamento topográfico (figura 10) foi realizado com o uso do aparelho chamado clinômetro. Esse equipamento expressa a declividade do terreno em porcentagem e são necessárias duas pessoas para execução dos trabalhos, uma manuseando o clinômetro e outra conduzindo uma baliza de referência. O procedimento do levantamento topográfico das nascentes e também da cota do hidromorfismo se deu da seguinte forma: a pessoa que manuseia o clinômetro fica no ponto definido como centro da nascente (início do curso d'água), a segunda pessoa segue no sentido determinado e a cada ponto de alteração da topografia, seja ascendente ou descendente, realiza-se leitura da declividade do ponto e distancia entre as duas pessoas. Este levantamento foi realizado até os 50 metros de raio da área de preservação permanente em todos os sentidos determinados (montante, lados direito e esquerdo, jusante, transversais direita e esquerda)



Figura 10: Execução de levantamento topográfico utilizando clinômetro, baliza e trena em nascentes do município de Viçosa. MG, no ano de 2016.

Como descrito, o clinômetro utilizado realiza apenas leituras verticais (leitura de diferença de nível) e não faz leituras de ângulos horizontais, foi preciso então definir sentidos de caminhamento para realização do levantamento topográfico. Fixaram-se esses caminhamentos (figura 11) de 50 metros da seguinte forma: tendo o início do curso d'água como ponto central e inicial media-se à montante; transversalmente a este ponto, 50 metros do lado direito e 50 metros do lado esquerdo; a jusante deste ponto 50 metros; e transversalmente ao ponto final de jusante 50 metros para o lado direito e para o lado esquerdo.

De posse dos dados de levantamento de campo, tornou-se necessário transformar os dados de declividade obtidos em porcentagem, para diferença de nível, ou seja, alturas ou cotas. Para isto foi necessário aplicar a Equação 2:

Equação 2:

$$H = Dist * [\text{sen}\{\tan^{-1}(\text{decl}/100)\}]$$

Onde: H = cota (m); Dist = distância entre os observadores; decl = declividade (número inteiro).

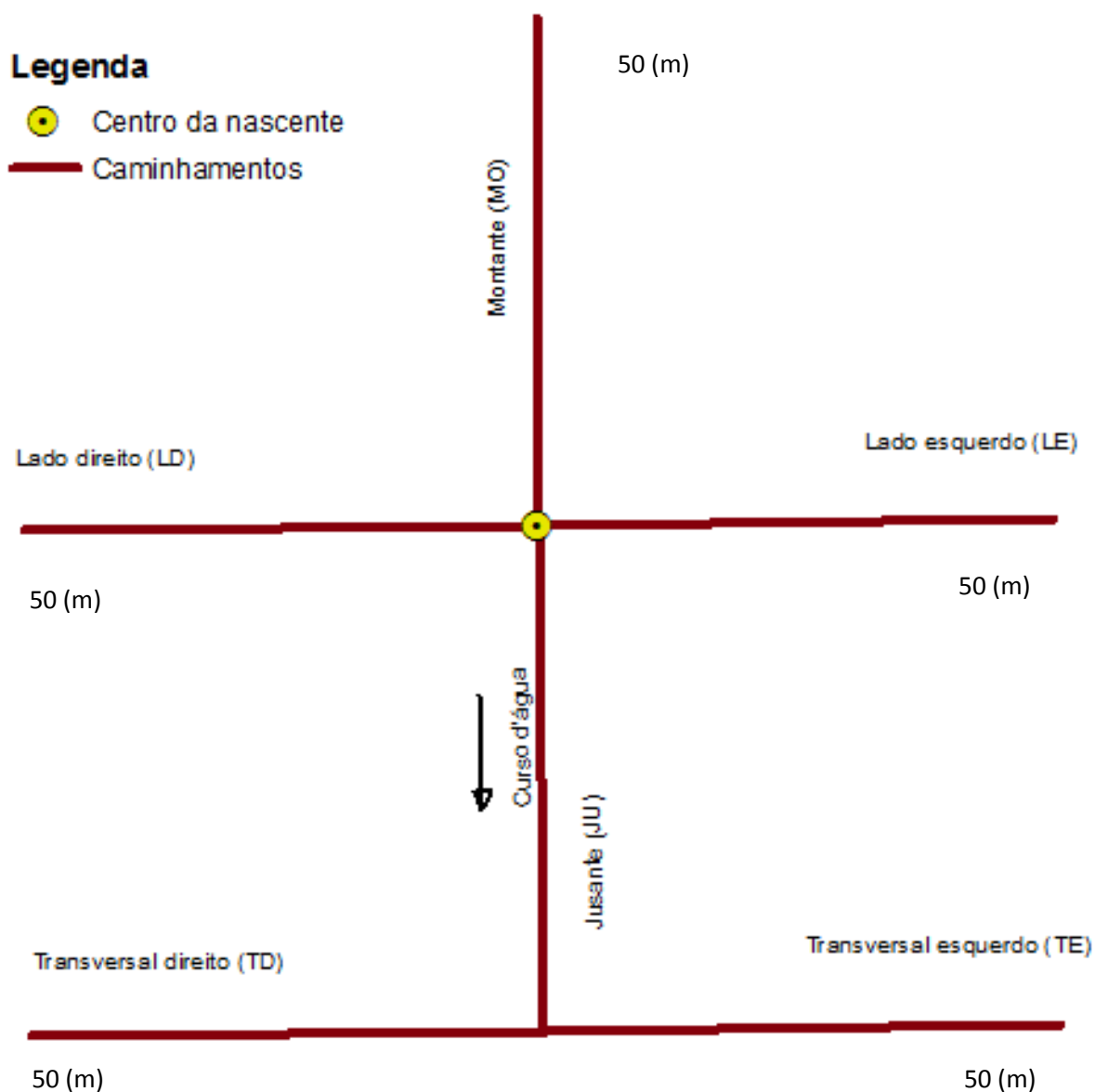


Figura 11: Caminhamentos realizados para o levantamento topográfico hidromorfismo em nascentes do município de Viçosa, MG, no ano de 2016.

De modo a subsidiar as discussões deste trabalho, foi feita uma busca no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), visando obter dados pluviométricos da cidade de Viçosa-MG, compreendendo os anos de 2005 a 2015.

Na confecção dos mapas desta pesquisa utilizou-se o software ArcGis 10.1 do ESRI, que também foi utilizado para elaboração do mapa de declividade do município de Viçosa-MG, no intuito de analisar-se a declividade da região em relação aos tipos de nascentes encontrados no local. Como base altimétrica para execução deste mapa, utilizou-se imagens de satélite na missão SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHIC MISSION – SRTM, disponível no site da Earth Explorer.

Para caracterização hidroambiental das nascentes foram coletadas visualmente informações acerca das características do uso do solo no entorno da nascente e na bacia de contribuição da mesma; características hidrogeológicas sobre o relevo da micro bacia, sobre a vertente, sobre o tipo da nascente (se pontual ou difusa), sobre o fluxo da água e sobre a posição topográfica da nascente.

Este trabalho traz também uma discussão, pautada na revisão bibliográfica e nos trabalhos de campo, sobre a legislação ambiental que visa proteger as florestas no Brasil, a Lei Federal 12.651/2012, objetivando dar uma contribuição científica sob o aspecto hidrológico e de preservação de nascentes ao texto da referida base legal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS NASCENTES

Foram visitadas 50 nascentes e percorridos 605 km apenas dentro dos limites do município de Viçosa MG. Dessas 50 nascentes visitadas, a apenas 19, ou seja, 37% fora concedido permissão para execução dos trabalhos de campo, isto se deu em virtude de na maioria das vezes não serem encontrados os proprietários das fazendas onde se localizavam as nascentes, ou em raras exceções por algum impedimento extremo de acesso que dificultasse a chegada à nascente. Ao analisar os dados mais recentes do IBGE (2016) observou-se que a concentração socioeconômica do município de Viçosa se dá na área urbana da cidade. A população residente na zona rural é de apenas 6,8% da população total, onde boa parte dos proprietários retornam para área rural apenas aos finais de semana, o que dificultou sobremaneira localizar essas pessoas nas propriedades rurais durante a semana. A Figura 12 apresenta a distribuição espacial das nascentes percorridas no período da pesquisa no município de Viçosa.

Ocorreram duas dificuldades durante a fase de campo desta pesquisa. A primeira é referente ao mapeamento e a segunda referente ao cadastramento em campo das nascentes. A dificuldade em relação ao mapeamento se deu em consequência da base cartográfica utilizada como referencia neste estudo, uma base de hidrografia do estado de Minas Gerais disponibilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas, gerada em sistema de coordenadas WGS 84 e projeção UTM. Mesmo fazendo as alterações de sistema de coordenadas e projeção a hidrografia apresentava distorções geográficas significativas que indicavam pontos de nascentes que não condiziam com a realidade de campo. Isto foi detectado também durante a verificação visual da referida base sobre imagens Landsat 8 (georreferenciadas) imagens do software Google Earth e nos Base Maps do software ArcGis 10.1. Esta dificuldade limitou de certa forma o trabalho, fazendo com que não fosse utilizado por exemplo neste estudo, o parâmetro composição vegetal no gradiente de umidade ao longo da zona ripária, que poderia também ter sido um parâmetro a utilizar na delimitação da zona ripária. Pinto, Botelho, *et al.* (2004) encontraram problemas semelhantes em seu trabalho, relatando

deslocamentos de até 200 metros na localização real das nascentes em relação às coordenadas indicadas pela base cartográfica do IBGE.

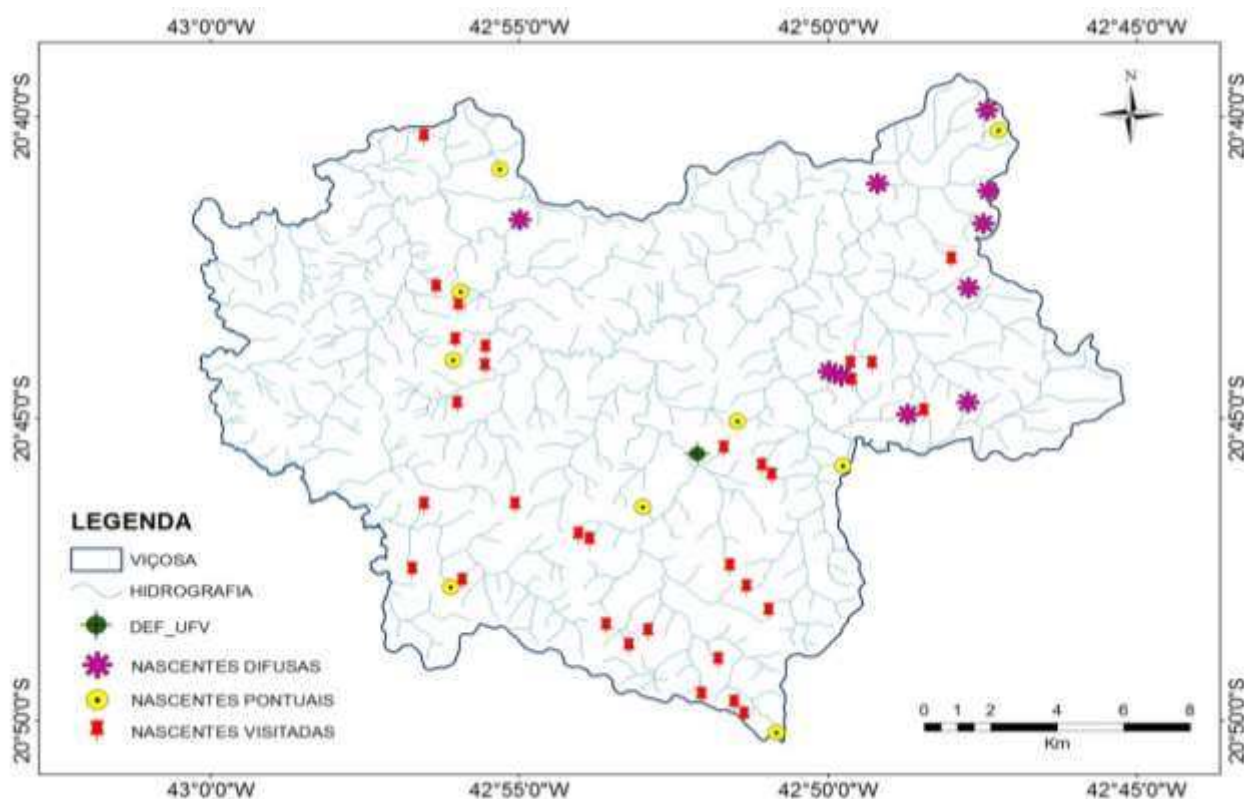


Figura 12: Mapa da distribuição espacial das nascentes percorridas durante a pesquisa no município de Viçosa MG, no ano de 2016. NOTA: nascentes indicadas no mapa apenas como “visitadas” são as nascentes em que não foram realizados os estudos por falta de permissão dos proprietários. Base cartográfica: Instituto Mineiro de Gestão das Águas IGAM (2016).

A segunda dificuldade associada está na definição da localização da nascente no campo. A nascente idealizada na legislação, como um ponto onde se dá origem a um curso d’água é muito vaga, pois não considera a mobilidade da nascente, tão pouco a característica de recarga da nascente, se difuso ou pontual. No caso de nascente difusa, esta limitação é evidente, uma vez que identificar o ponto onde se inicia o curso d’água é tarefa quase impossível a campo. Outro ponto a relatar é em relação à rede de drenagem local, muitas vezes dois ou três talvegues se encontram e geram uma zona úmida com então dois ou três pontos de “cabeceira”, dificultando sobremaneira identificar onde é a nascente, se ela está no ponto de encontro das três drenagens ou se ela se estende nas linhas de drenagem. A Figura 13 é um exemplo desta situação, onde duas linhas de drenagem geram uma área úmida e

encharcada se encontrando num ponto a jusante. Neste sentido, o conceito de início do curso d'água em nascente difusa estipulado neste trabalho se mostrou como boa opção. Ou seja, o ponto inicial do curso d'água, pode ser definido em nascente difusa como sendo o centro do local onde o acúmulo de água fosse grande o suficiente a não permitir mais uma pessoa andar sobre a área encharcada sem dificuldade, e que visivelmente fosse observado um movimento horizontal da água.

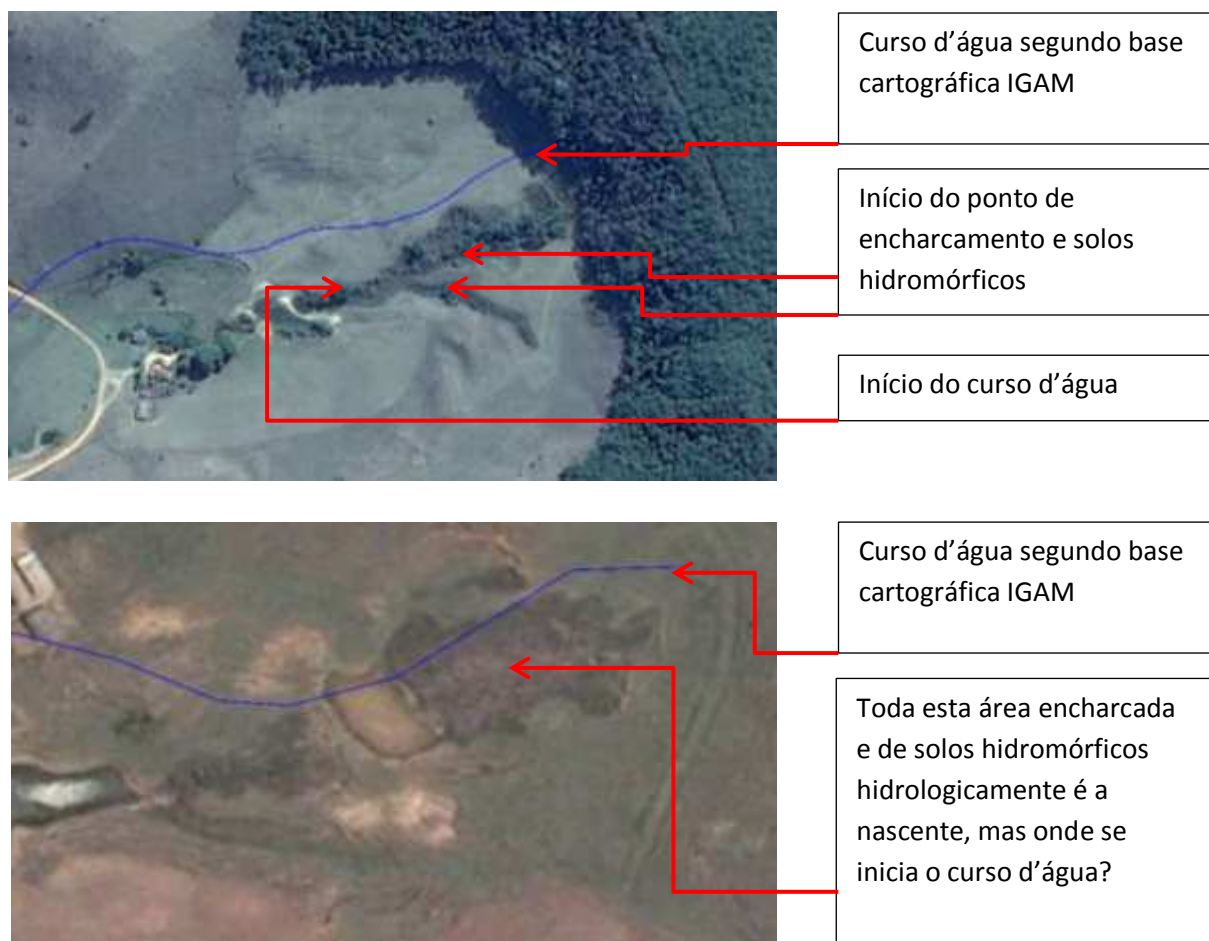


Figura 13: Exemplos das dificuldades encontradas na localização de nascentes em campo no município de Viçosa, MG, 2016. Fonte das imagens: Google Earth (2016).

A caracterização hidroambiental das nascentes estudadas é apresentada na Tabela 2, onde das 19 nascentes estudadas, 10 delas (52%) são nascentes difusas e 9 delas (48%) são nascentes pontuais. De um modo geral as nascentes estão bastante degradadas, 78% (15) estão sujeitas a pisoteio por animais, 89% (17) possuem predominância de pastagem na área de preservação permanente, 73 % (14) não possuem sequer 20% de cobertura florestal. Nas nascentes em que existe

alguma cobertura florestal, esta é composta por capoeiras em processo de regeneração em estágio inicial.

Tabela 2: Caracterização hidroambiental das nascentes estudadas do município de Viçosa, MG, no ano de 2016.

Tipo	Fluxo	Posição topográfica	Uso do solo na micro bacia	Vegetação na APP	Mata na APP (%)	Pisoteio
DI	PE	TM	Pasto/mata	Pasto	0	Não
DI	PE	BA	Pasto	Pasto	0	Sim
PO	PE	TM	Pasto/mata	Pasto	0 - 20	Sim
PO	IN	TM	Pasto	Pasto	0	Não
PO	IN	TM	Mata	Mata	100	Não
DI	IN	BA	Pasto/mata	Pasto/mata	40 - 60	Sim
DI	IN	BA	Pasto/mata	Pasto	0 - 20	Sim
DI	PE	BA	Pasto/eucalipto	Pasto	0	Sim
PO	PE	TM	Pasto	Pasto	0	Não
PO	PE	TM	Pasto/mata	Pasto	0 - 20	Sim
DI	PE	BA	Pasto	Pasto	0	Sim
PO	IN	TM	Mata	Mata	80 - 100	Sim
DI	PE	BA	Pasto	Pasto	0	Sim
PO	PE	TM	Pasto	Pasto	0 -20	Sim
PO	PE	TM	Pasto	Pasto	20 - 40	Sim
PO	IN	TM	Pasto/mata	Pasto/mata	50	Sim
DI	PE	BA	Pasto	Pasto	0	Sim
DI	PE	BA	Pasto	Pasto	0	Sim
DI	IN	BA	Pasto	Pasto	0	Sim

DI = difusa, PO = pontual, PE = permanente, IN = intermitente, TM = terço médio da encosta, BA = baixada, APP = área de preservação permanente.

Pinto, Botelho, *et al.* (2004) estudando nascentes na região de Lavras MG, também observaram forte degradação ou perturbação das nascentes por eles estudadas, cerca de 85% das 177 nascentes do estudo dos referidos autores apresentavam este quadro.

Este cenário de degradação ambiental pode ser entendido analisando os estudos de Teixeira (2005), em que relatam o histórico do uso e ocupação dos solos da região do Planalto Viçosa, que se faz nos morros por pastagens degradadas, café e eucalipto, e, nos fundos de vale ocupados por culturas de subsistência e pastagens. A autora relata ainda que o capim gordura (*Melinis minutiflora*, Pal. de

Beauv.) é considerado dominante nas pastagens com manchas descontínuas de sapé (*Imperata brasiliensis*, Tir.), que com a continuidade do uso intensivo das pastagens e falta de adubação, começam a nascer touceiras de plantas invasoras e formação de pequenas capoeiras.

Com relação ao fluxo das nascentes, 12 (63%) apresentam fluxo perene, e 7 (37%) apresentam fluxo intermitente. Estas nascentes cujo fluxo foi classificado como intermitente foram visitadas no período de seca e no período das chuvas para confirmação destes dados. Segundo relato dos proprietários das terras onde se localizam estas nascentes consideradas como intermitentes, historicamente elas não costumam secar, mas nos últimos dois anos (2014 e 2015) as nascentes secaram. A Figura 14 apresenta os dados de precipitação anual em Viçosa entre os anos de 2005 e 2015. Depreende-se desse gráfico que o volume de chuvas ocorridas em Viçosa nos anos de 2014 e 2015 foram realmente abaixo da média anual.

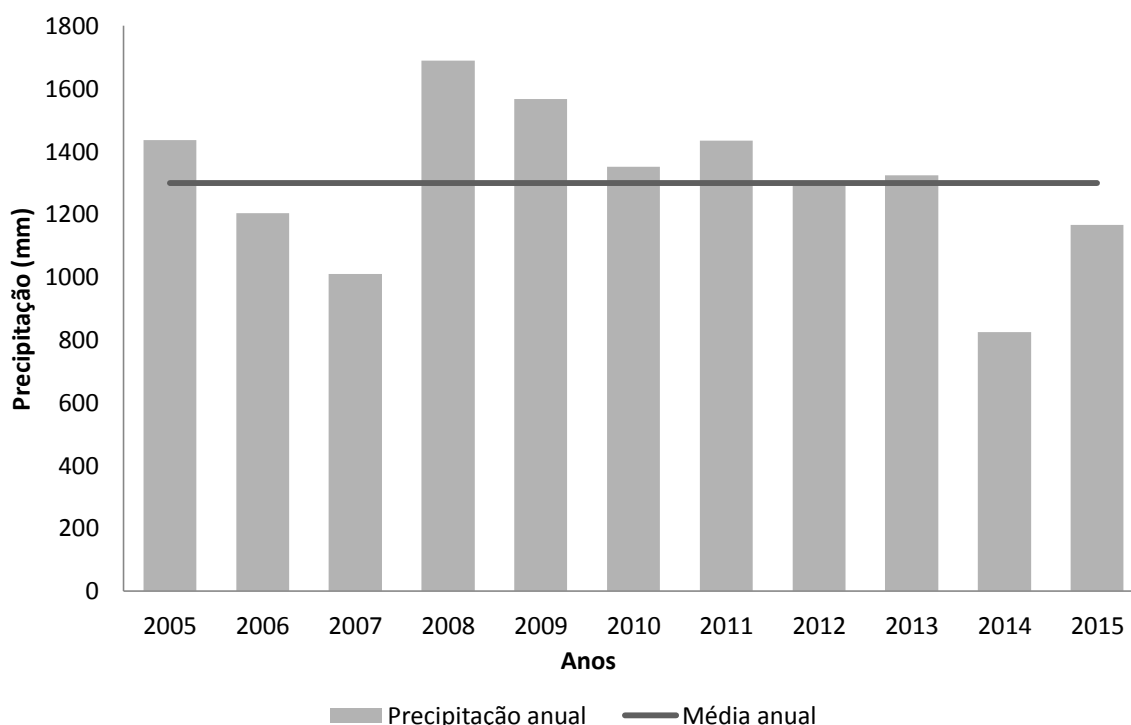


Figura 14: Precipitação anual entre os anos 2005 - 2015 ocorrida em Viçosa, MG. Base de dados: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2016).

A Figura 15 mostra a distribuição das chuvas ao longo dos anos 2014 e 2015, chuvas estas que foram concentradas basicamente nos meses de novembro,

dezembro e março. Segundo Carvalho, Brumatti e Dias (2012) para que haja afloramento do lençol freático à superfície, gerando fluxo na nascente, é fundamental que haja abastecimento e recarga deste lençol proveniente infiltração e percolação das águas de chuvas. Desse modo, baixos índices pluviométricos, ocorridos de forma concentrada como os apresentados em Viçosa nos anos de 2014 e 2015, tendem a gerar cenários de redução de recarga de lençol freático, que vão produzir em algumas nascentes baixos deflúvios que podem chegar a zero, levando a um quadro de intermitência, como nas 7 nascentes citadas.

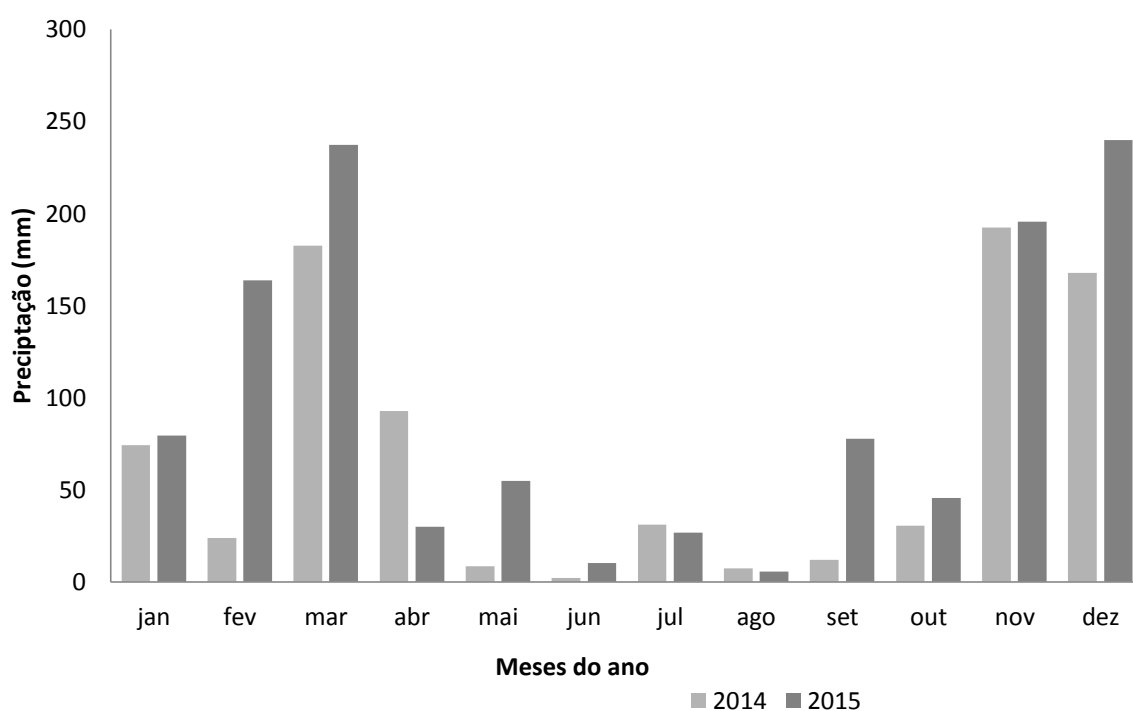


Figura 15: Precipitação mensal entre os anos 2010 - 2015 ocorrida em Viçosa, MG. Base de dados: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2016)

Em alguns casos, a intermitência encontrada em algumas das nascentes estudadas, pode ser explicada baseando-se no relato de Teixeira (2005), no que diz respeito à substituição da vegetação florestal da região do Planalto Viçosa por outros usos, culminando atualmente por pastagens degradadas, aliando-se a este fato: i) a questão do uso consolidado trazido pela Lei Federal 12651/12, que permite o uso antrópico em áreas de APP; ii) a área de contribuição a montante das nascentes não ser diretamente considerado como APP; ii) topos de morro (importantíssimos para a recarga de água) atualmente desprotegidos em virtude do texto da Lei Federal 12651/12; presumisse que, em virtude destes fatos, pode

ocorrer uma menor recarga do lençol freático e, em consequência disso, nascentes hora perenes se tornem intermitentes, o que extingue a área de preservação permanente (destas nascentes), reduzindo ainda mais a área florestada dentro da bacia hidrográfica, que por consequência pode levar a extinção também do curso d'água a associado à esta nascente. Este cenário é de extrema relevância ambiental e econômica para região e para o país, devendo ser urgentemente revisto.

Assim como em Felipe (2013) e descrito por Valente e Gomes (2015) foram encontrados dois padrões de nascentes difusas neste estudo, nascente difusa de baixada e nascente difusa de grotas, ambas possuem em comum a multiplicidade de pontos de afloramento do lençol freático (exfiltração) e a presença de uma concavidade ou depressão no solo característicos.

O primeiro padrão de nascentes difusas se localiza normalmente nas baixadas, gerando uma pequena depressão do terreno, fazendo com que o hidromorfismo se limite superficialmente até a encosta desta pequena depressão, Felipe (2013) relata que este é o padrão mais comum em nascentes difusas da Depressão Belo Horizonte. Já o segundo padrão de nascentes difusas, o de grotas, se caracteriza por estar em áreas da encosta do talude (declividade de 8-20%) em regiões com presença de patamares de relevo gerando platôs de baixas declividades, geralmente menores que 8%. Nestas situações, estas nascentes se encontram em pequenas grotas, formadas apenas no entorno da nascente, em que foram encontrados barrancos de até 2,5 metros de altura, e onde o hidromorfismo está presente em toda parte interna desta grotas devido à baixa declividade encontrada a montante e nos lados direito e esquerdo da nascente dentro da grotas. Esta formação e ocorrência em grotas em algumas nascentes pontuais também foram encontradas situações semelhantes a este segundo tipo de nascente difusa de grotas, com a diferença do afloramento de água se dar concentrado, não haver encharcamento no solo, ocorrência de hidromorfismo bastante concentrada próxima ao afloramento de água, e declividade interna na grotas ser bem mais elevada que nas nascentes difusas de grotas.

A posição topográfica de ocorrência das nascentes apresentou uma forte relação com o tipo de recarga da nascente. Todas as nascentes pontuais foram

encontradas no terço médio das encostas, enquanto todas as nascentes difusas foram encontradas nas baixadas ou patamares de baixas declividades nas encostas.

Felippe (2013) estudando a gênese de nascentes na Serra do Cipó, na região de Lagoa Santa Minas Gerais, obteve resultados semelhantes ao avaliar 61 nascentes, 34 foram difusas, ou seja 56%, onde a maior parte das nascentes difusas foram encontradas em segmentos mais baixos da vertente, em que segundo o referido autor a água infiltrada nas porções mais elevadas (maior potencial hidrostático) se acumula e eleva o nível freático que toca a superfície na forma de nascente.

Em relação à declividade da paisagem, as nascentes difusas foram, na sua maioria, encontradas em locais com declividade menor que 8%, apenas duas delas estão em locais com declividade entre 8% e 20%, embora estas nascentes estejam em locais de declividade relativamente maior que as demais, elas encontram-se em patamares do relevo onde apresentam declividades menores que 8%. As nascentes pontuais encontram-se em áreas de declividade acima de 8%, concentrando-se em áreas de declividade entre 20 e 45%. A Tabela 3 apresenta o número de nascentes pontuais e difusas relacionando-as às declividades encontradas na região matriz em que as nascentes se encontram.

Tabela 3: Distribuição do número de nascentes por classe de declividade estabelecida, para o município de Viçosa, MG, 2016.

Declividade	Pontual	Difusa
0 – 3 %	2	---
3 – 8 %	6	---
8 – 20 %	2	3
20 – 45 %	---	6
> 45 %	---	---
Totais	10	9

A Figura 16 apresenta o mapa de declividade de Viçosa, relacionando a localização e o tipo de nascentes encontradas em cada classe de declividade determinada.

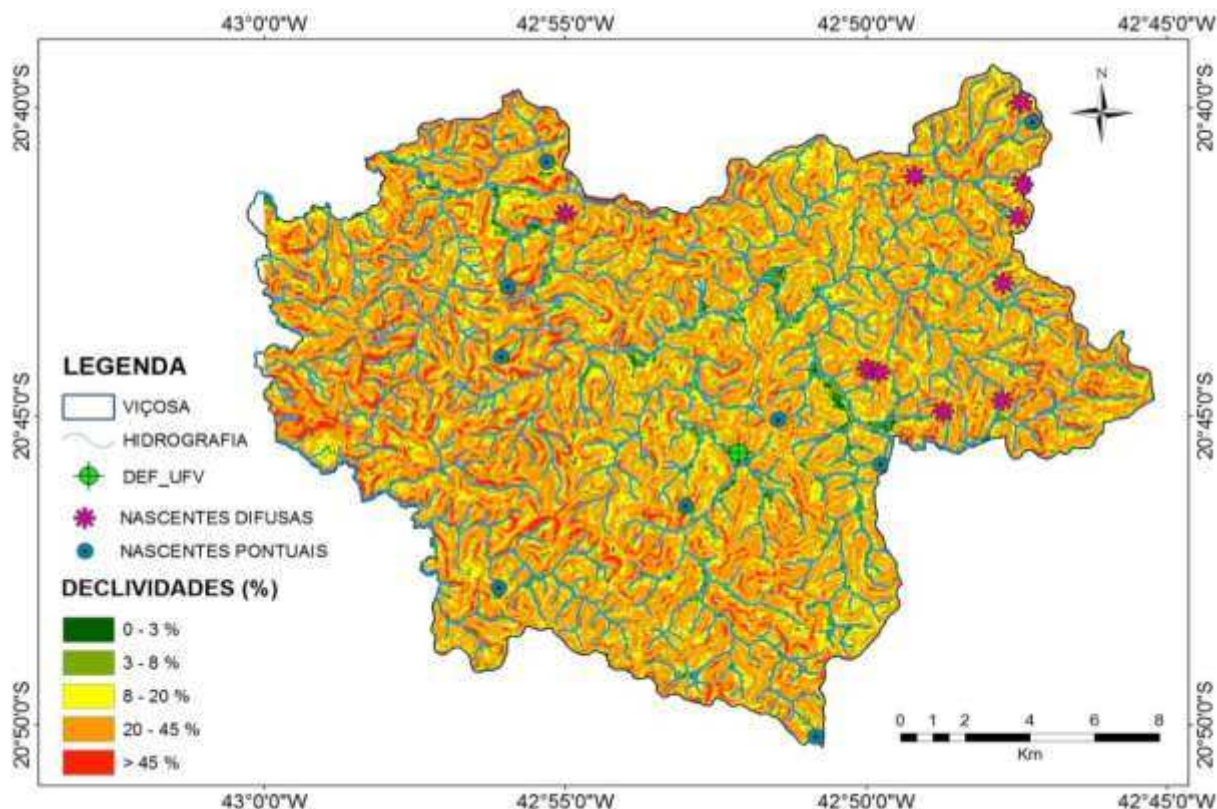


Figura 16: Mapa de declividade do município de Viçosa, MG, no ano de 2016 relacionando o tipo de nascente à classe de declividade.

Pinto, Botelho, *et al.* (2004) observaram que as nascentes difusas, na região de Lavras MG, encontram-se em declividades entre 6-12% e entre 12-20%, localizando-se nas partes mais baixas e planas do relevo, ou mesmo em grotas largas e planas que permitiam a elevação do lençol freático. Pinto, Botelho, *et al.* (2004) relatam ainda que as nascentes pontuais ocorreram em declividades entre 12-20% e entre 20-40%, valores bem próximos aos encontrados nesta pesquisa, tanto para nascentes pontuais quanto difusas.

A declividade propriamente dita da nascente, do ponto de início do curso d'água até seus primeiros 50 metros, é bastante discrepante entre os dois tipos de nascentes, sendo em média de 6,67% e 15,51%, para nascentes difusas e pontuais respectivamente. Do Carmo, Felipe e Magalhães Júnior (2014) explicam que o caráter difuso de nascentes se deve ao baixo gradiente topográfico em relação à amplitude altimétrica da bacia, que associado a um espesso manto de intemperismo

favorece a concentração de fluxos, caracterizando um ambiente de baixa energia de circulação da água, gerando extensas áreas de encharcamento. As explicações dos referidos autores vão de encontro às de Lima e Zakia (2009) ao descreverem que estas áreas encharcadas possuem limites variáveis ao longo do ano, destacando a necessidade de demarcação dos limites desta zona brejosa e de solos hidromórficos.

4.2. HIDROMORFISMO E DELIMITAÇÃO HORIZONTAL DA ZONA RIPÁRIA

O hidromorfismo nas nascentes pontuais foi encontrado a uma distância média de 2,83 metros, a um desnível de 0,39 metros (39 centímetros). Em média, nas nascentes difusas o parâmetro hidromorfismo foi encontrado até uma distância de 9,36 metros do centro da nascente e a uma cota de 0,60 metros (60 centímetros). Se comparados os dois tipos de nascentes, pontuais e difusas, percebe-se uma diferença bastante significativa na extensão do hidromorfismo, maior nas nascentes difusas que nas pontuais, e a cota do hidromorfismo também maior nas nascentes difusas.

Essa diferença em extensão do parâmetro hidromorfismo já era esperada, uma vez que, como demonstrado na revisão de literatura deste trabalho, a água é fator primordial nos processos de gleização e formação de solos hidromórficos, e como observado, as nascentes pontuais localizam-se em locais de maior declividade e também possuem elas mesmas maiores declividades em relação às nascentes difusas. Neste caso, há de se presumir que a área de contato do solo com água seja menor promovendo menores condições de geração de solos hidromórficos nestas condições. O contrário acontece nas nascentes difusas, como encontrado neste estudo, e também nos estudos de Pinto, Botelho, *et al.* (2004), as nascentes difusas encontram-se nas baixadas em locais de baixa declividade, permitindo que a água infiltrada nas partes mais altas do terreno se acumule nas partes mais baixas favorecendo uma elevação do lençol freático nestas partes mais baixas, gerando condições propícias para a formação de hidromorfismo em áreas mais extensas.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os dados gerais desta pesquisa. A coluna hidromorfismo representa a distância até a qual fora encontrado a presença do parâmetro hidromorfismo naquela nascente, ou seja, do ponto considerado como

sendo o início do curso d'água, portanto o centro da nascente, até o local onde se estendeu a presença do parâmetro. O desnível representa a cota em relação ao nível da água a que se verificou o limite do hidromorfismo na nascente, e a declividade, representa declividade média até aquele ponto.

Tabela 4: Dados gerais referentes às nascentes difusas encontradas nos trabalhos de campo em Viçosa, MG, 2016.

Nascente	Tipo	Montante			Direita			Esquerda			Transversal direita			Transversal esquerda			Decl. Geral (%)
		Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	
1	D	9,00	0,72	8,00	9,50	0,90	9,47	8,00	0,62	7,75	5,00	0,59	11,80	14,00	0,27	1,93	6,00
2	D	18,00	0,89	4,94	12,00	0,65	5,42	12,00	0,23	1,92	4,50	0,59	13,11	6,00	0,59	9,83	5,00
3	D	3,40	0,41	12,06	4,40	0,31	7,05	3,40	0,45	13,24	10,00	0,49	4,90	16,00	0,39	2,44	9,00
4	D	9,00	0,60	6,67	12,00	0,71	5,92	13,00	0,63	4,85	10,20	0,61	5,98	2,80	0,60	21,43	7,00
5	D	5,00	0,49	9,80	9,00	0,44	4,89	13,00	0,51	3,92	5,00	0,78	15,60	12,00	0,56	4,67	7,00
6	D	12,00	1,66	13,83	6,00	0,29	4,83	4,40	0,48	10,91	5,00	0,15	3,00	5,00	0,45	9,00	9,00
7	D	10,00	0,61	6,10	14,00	0,57	4,07	15,00	0,63	4,20	8,00	0,41	5,13	7,00	0,54	7,71	5,00
8	D	15,00	0,71	4,73	12,00	0,68	5,67	11,00	0,65	5,91	14,00	0,54	3,86	12,00	0,61	5,08	3,00
9	D	16,00	0,62	3,88	15,00	0,70	4,67	14,00	0,63	4,50	8,00	0,51	6,38	8,00	0,58	7,25	4,00
10	D	10,00	0,44	4,40	12,32	0,24	1,95	11,00	0,22	2,00	13,30	0,14	1,05	12,70	0,17	1,34	4,00
Média		10,74	0,72	7,44	10,62	0,55	5,39	10,48	0,51	5,92	8,30	0,48	7,08	9,55	0,48	7,07	5,90
Max		18,00	1,66	13,83	15,00	0,90	9,47	15,00	0,65	13,24	14,00	0,78	15,60	16,00	0,61	21,43	9,00
Min		3,40	0,41	3,88	4,40	0,24	1,95	3,40	0,22	1,92	4,50	0,14	1,05	2,80	0,17	1,34	3,00
Des. Pad		4,41	0,34	3,26	3,21	0,21	1,86	3,76	0,16	3,51	3,34	0,19	4,53	4,14	0,15	5,55	1,97
Variância		30,16	19,41	0,12	10,60	10,31	0,04	3,44	14,16	0,02	12,33	11,13	0,04	20,49	17,11	0,02	30,84

D: nascente difusa; Hid.: limite do hidromorfismo; Desn.: cota em relação ao nível da água, ou seja, nível zero da nascente; Decl(%): declividade média até o ponto final do limite do hidromorfismo; Decl. Geral (%): declividade da nascente até os primeiros 50 metros a jusante dela.

Tabela 5: Dados gerais referentes às nascentes pontuais encontradas nos trabalhos de campo em Viçosa, MG, 2016.

Nascente	Tipo	Montante			Direita			Esquerda			T.direita			T.esquerda			Decl.geral (%)
		Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	Hid. (m)	Desn. (m)	Decl (%)	
11	P	1,50	0,54	36,00	3,00	0,25	8,33	3,00	0,00	0,00	3,00	0,39	13,00	5,00	0,20	4,00	14,00
12	P	3,00	0,44	14,67	1,00	0,31	31,00	2,50	0,39	15,60	2,00	0,19	9,50	1,00	0,11	11,00	22,00
13	P	2,00	0,17	8,50	1,50	0,33	22,00	1,50	0,14	9,33	4,40	0,46	10,45	3,50	0,34	9,71	15,00
14	P	2,50	0,78	31,20	2,00	0,39	19,50	1,90	0,07	3,68	13,70	0,72	5,26	10,00	0,00	0,00	6,00
15	P	12,00	0,35	2,92	3,80	0,78	20,53	6,00	0,70	11,67	2,50	0,17	6,80	1,50	0,23	15,33	7,00
16	P	1,30	0,30	23,08	1,50	0,39	26,00	1,80	0,41	22,78	2,00	0,61	30,50	2,00	0,50	25,00	18,00
17	P	1,80	0,34	18,89	1,10	0,41	37,27	1,30	0,45	34,62	2,00	0,31	15,50	1,50	0,39	26,00	27,00
18	P	1,30	0,51	39,23	0,80	0,39	48,75	1,20	0,60	50,00	1,30	0,47	36,15	1,20	0,41	34,17	29,00
19	P	1,80	0,32	17,78	1,40	0,45	32,14	1,60	0,40	25,00	2,10	0,80	38,10	1,80	0,62	34,44	15,00
Medias		3,02	0,42	21,36	1,79	0,41	27,28	2,31	0,35	19,19	3,67	0,46	18,36	3,06	0,31	17,74	17,00
Max		12,00	0,78	39,23	3,80	0,78	48,75	6,00	0,70	50,00	13,70	0,80	38,10	10,00	0,62	34,44	29,00
Min		1,30	0,17	2,92	0,80	0,25	8,33	1,20	0,00	0,00	1,30	0,17	5,26	1,00	0,00	0,00	6,00
Des. Pad		3,22	0,17	11,56	0,94	0,14	11,02	1,41	0,22	14,94	3,64	0,21	12,19	2,74	0,18	11,97	7,51
Variância		10,35	0,03	133,64	0,88	0,02	121,44	2,00	0,05	223,24	13,27	0,04	148,53	7,49	0,03	143,22	56,44

P: nascente pontual; Hid.: limite do hidromorfismo; Desn.: cota em relação ao nível da água, ou seja, nível zero da nascente; Decl(%): declividade média até o ponto final do limite do hidromorfismo; Decl. Geral (%): declividade da nascente até os primeiros 50 metros a jusante dela.

O parâmetro hidromorfismo foi analisado na intenção de delimitação de zona ripária das nascentes estudadas, no entanto, a partir desse parâmetro foi possível identificar várias situações em que a ocorrência deste parâmetro permitem compreender e discutir sobre a dinâmica das nascentes e sobretudo sobre os dispositivos legais que regulam o uso de seu entorno protetivo.

Campos, Lani, *et al.* (2003) relatam que cores acinzentadas são incomuns nos Gleissolos no Planalto Viçosa, no entanto não foi esta a realidade encontrada no campo nesta pesquisa. Em todas as nascentes foram encontrada cores acinzentadas identificadas facilmente, conforme demonstrado na Figura 17.



Figura 17: Cores acinzentadas do solo identificadas em campo no município de Viçosa, MG, 2016.

Campos, Lani, *et al.* (2003) ainda declaram que a taboa (*Thipha latifolia*) pode auxiliar na identificação de ambientes hidromórficos. De fato a taboa foi identificada em grande parte das nascentes analisadas neste estudo, contudo, pôde-se perceber em campo o que foi descrito em Valente e Gomes (2015) sobre as taboas, que estas se adaptam a áreas baixas no entorno das nascentes difusas ou de córregos, áreas bem úmidas, ou mesmo em lâminas d'água mais rasas. Percebeu-se ainda que, o hidromorfismo vai além da área onde se encontram as taboas, considerou-se então que taboa não serve como indicador efetivo de hidromorfismo.

Nas nascentes estudadas a presença de solos hidromórficos, encharcados e bem delimitados superficialmente podem indicar que até ali o que ocorre é uma extensão da nascente, ou seja, a nascente neste caso pode

ser considerada como sendo todo espaço brejoso com solos hidromórficos. Isto foi muito comum em nascentes difusas.

É importante destacar a presença de hidromorfismo subsuperficialmente nas nascentes estudadas. De um modo geral ele foi encontrado a distâncias variáveis da nascente, mas em relação ao desnível quando o terraço sobe em torno de 60 centímetros do nível da nascente normalmente não se percebe visualmente a presença de hidromorfismo até 50 centímetros de profundidade. Esta pode ser uma contribuição para delimitação da zona ripária. Outra forma de não constatação de hidromorfismo subsuperficialmente (a 50 cm) é a ocorrência de barrancos ou mudanças abruptas na topografia local, neste caso o hidromorfismo deixa de ser percebido visualmente no “pé” do barranco.

Uma vez identificada a nascente e delimitada sua área, resta então delimitar a zona ripária. No caso de nascentes percebeu-se que há fortes indicativos que induzem delimitar a zona ripária até o ponto onde deixa de ser percebido visualmente a ocorrência de hidromorfismo a 50 centímetros de profundidade do solo. Desse modo a depender da topografia local, a zona ripária de nascente será constituída por pequenas faixas no entorno das nascentes.

A delimitação da zona ripária de cursos d'água e de nascentes através da modelagem computacional como realizado em Zakia, Ferraz, *et al.* (2009), Atanasio, Lima, Gondolfi, *et al.* (2006) e em Siefert e Santos (2010) é de extrema importância para o uso da terra em nível de planejamento de bacias hidrográficas, mas podem subestimar ou superestimar a área de zona ripária, uma vez que esta delimitação é em função do pixel de trabalho no software e o tamanho deste pixel ser função de um mapa altimétrico de escala grande (em todos os trabalhos citados acima esta escala é sempre maior que 1:2000). O fato é que nem sempre existem mapeamentos disponíveis na escala necessária, principalmente no meio rural, a não ser que se realize o levantamento planialtimétrico da área o que faz com que a utilização destas metodologias sejam caras e ineficientes quando da aplicação em campo, neste caso, a determinação da zona ripária via levantamento do hidromorfismo

conforme metodologia deste trabalho pode ser utilizada a nível de campo com baixo custo, rapidez, simplicidade e facilidade.

São várias as implicações em que a delimitação da zona ripária é necessária, podendo aqui citar os programas de recuperação ciliar. Segundo Martins (2014) a forte interação do lençol freático na zona ripária gera ambientes com alta umidade no solo, que devem ser identificados, locados em campo e considerados nos programas e projetos de recuperação de matas ciliares. Desse modo fica clara a importância da delimitação da zona ripária em campo, onde o método utilizado nesta pesquisa pode contribuir substancialmente contribuindo na construção de um meio ambiente equilibrado como versa o artigo 225 da Constituição da Federal (Brasil, 1988).

4.3. LACUNAS NA LEGISLAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE MUDANÇAS NO TEXTO LEGAL

A legislação ambiental brasileira apresenta real preocupação com a proteção dos recursos hídricos, muito embora no que tange a nascentes ela apresenta lacunas que dificultam ou impedem a aplicação dos dispositivos legais na prática, em virtude da falta de articulação com os meios acadêmicos (Do Carmo, Felipe e Magalhães Júnior, 2014). Isto foi evidenciado também durante o desenvolvimento atividades de campo desta pesquisa.

A Lei Federal 12.651/2012 define nascente como o afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água, define também as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) como as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros. Ao fazer estas definições o legislador não considera aspectos hidrogeológicos básicos relacionados às nascentes, como o tipo de recarga (se pontual ou difusa), e a mobilidade dessas nascentes ao longo do ano ao longo do talvegue de drenagem. O legislador ao considerar a APP de nascente como “um raio mínimo de 50 metros” está considerando que a nascente é então um ponto fixo no talvegue. Maiores discussões sobre estas lacunas podem ser encontradas

em Do Carmo, Felipe e Magalhães Júnior (2014) que apresentam ampla discussão sobre estas lacunas na legislação sobre nascentes, e a carência do conhecimento científico do legislador ao definir APP de nascentes por não considerar a característica da exfiltração e a mobilidade da nascente.

Muito embora seja extremamente difícil prever o deslocamento do ponto da nascente ao longo do talvegue, é de extrema importância manter uma faixa protetiva que abranja este ponto, que pode muitas vezes não mais ser a faixa fixada de proteção estabelecida para a nascente, mas sim a faixa ciliar de proteção às margens do curso d'água, demonstrando ser imprescindível a proteção dos 30 metros de lado a lado, previstos no artigo 4º da Lei Federal 12.651/2012. Cabe citar que a faixa de APP de curso d'água foi detectada em apenas uma das nascentes percorridas nesta pesquisa.

A forma usual de demarcação de APP em nascentes difusas é arbitrar um ponto central na mesma e estabelecer os 50 metros de raio a partir deste ponto (Do Carmo, Felipe e Magalhães Júnior, 2014), desse modo os referidos autores propõem que os 50 metros de raio devem ser obtidos com base no perímetro médio da área inundada entre o período de máxima umidade e máxima seca, demarcando a APP a partir da junção de um buffer de 50 metros da máxima área saturada com a bacia de contribuição. Esta é uma proposta um tanto quanto trabalhosa, pois deve-se empregar pelo menos duas campanhas de campo, e um tanto quanto onerosa pois devido a indisponibilidade de dados topográficos que sejam compatíveis em escala com esse tipo de trabalho seria necessário então um levantamento topográfico da área de contribuição. Desse modo a metodologia aqui proposta neste trabalho pode ser considerada uma alternativa simples e exequível a campo podendo ser aplicada a diversas situações.

Em virtude das características ímpares de cada nascente verificadas em campo, o chamado “raio de 50 metros” se demonstra ineficiente quando da proteção de nascentes em situações em que esta se apresenta difusa, pois é extremamente difícil e pessoal em campo a localização da nascente, além disso muitas das vezes estas nascentes podem possuir áreas iguais ou superiores à englobada pelos “50 metros de raio” estabelecidos na atual

legislação. Devido este fato, é latente a necessidade de mudança no estabelecimento de APP em nascentes, pois a nascente idealizada na legislação praticamente não existe em campo.

Devido o “espraiamento” provocado pela elevação do lençol freático gerando uma grande área encharcada, com solos hidromórficos, as nascentes difusas analisadas neste estudo, apresentam características hidrogeomorfológicas muito semelhantes às veredas. Segundo a Lei Federal 12.651/2012 veredas são [...] *“uma fitofisionomia de savana, encontrada em solos hidromórficos, usualmente com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa - buriti* emergente, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas”,* definindo sua APP como [...] *“a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado”*. É fato que ressalvadas as diferenças de biomas e cobertura vegetal, hidrogeologicamente nascentes difusas e veredas se assemelham bastante em apresentar solos hidromórficos, baixa declividade e múltiplos pontos de afloramento do lençol freático.

Em virtude destas semelhanças apresentadas entre nascentes difusas e veredas, propõe-se que o caráter preservacionista previsto no dispositivo legal deveria ser o mesmo para as duas situações incluindo também as nascentes pontuais, ou seja, em nascentes (pontuais e difusas) a APP deveria ser uma faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 metros a partir do termino da zona ripária.

A Figura 18 demonstra de forma esquemática como seria o computo da APP de acordo com o proposto neste trabalho, mantendo-se os 50 metros de extensão, mas contados a partir do limite da zona ripária, ou seja, a partir da não ocorrência de hidromorfismo a 50 centímetros de profundidade do solo.

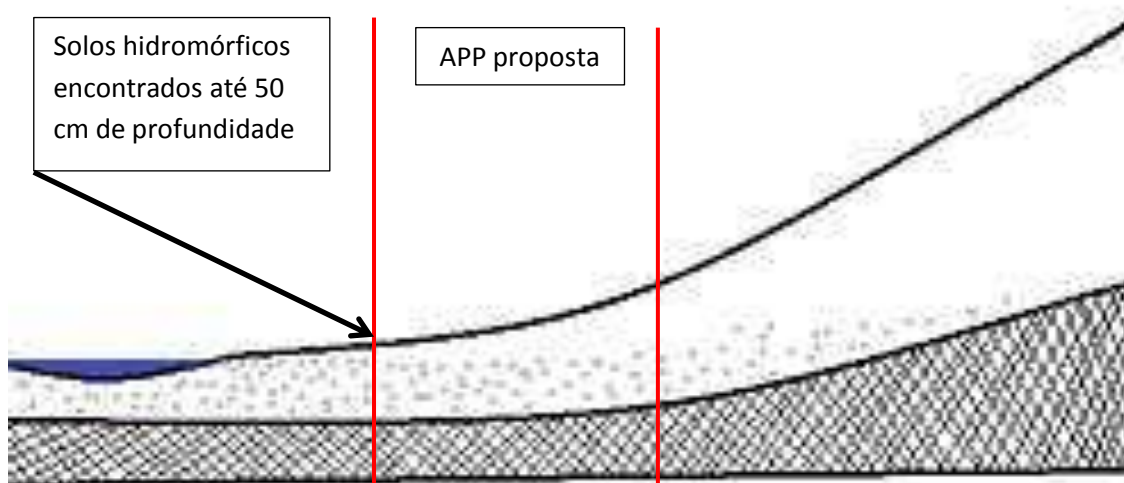


Figura 18: Esquemática da forma de computo da APP proposta para nascentes difusas do município de Viçosa, MG, 2016.

A forma aqui proposta de computo da APP de nascente causa uma ampliação da área da APP ao se comparar com a forma atual, os chamados 50 metros de raio. Esta ampliação promovida vai de encontro aos estudos de Junqueira Júnior (2006) em que dizem que por ser um ambiente especial, o porte da área de recarga de nascentes, o uso do solo e o estado de conservação das áreas de recarga das nascentes influenciam diretamente no valor e no comportamento do rendimento específico das nascentes.

Ao se pensar em produção de água, esta ampliação pode beneficiar a recarga de água no solo e melhorar a qualidade da água dos mananciais, uma vez que seja considerado o aspecto “preservação permanente” ter-se-á áreas que tenderão a ser menos compactadas facilitando o processo de infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e a geração de erosões. De outro lado, ao se pensar em qualidade de água, ter-se-á uma nascente com água de melhor qualidade, uma vez que a área de preservação, e por consequência, ausente de uso antrópico é maior.

Do Carmo, Felipe e Magalhães Júnior (2014) também realizaram estudos em que se defendeu que a APP de nascente deveria ser estendida a uma área superior aos 50 metros de raio, incorporando a esta APP a bacia de contribuição a montante da nascente (conforme previa Resolução Conama

303/2002), concluindo seu trabalho de modo enfático que há uma extrema necessidade de aproximação da legislação à realidade prática das nascentes.

Diversos foram os casos encontrados em campo em que a atual forma de considerar APP de nascente como um raio de 50 metros não cumpre papel de preservação dos recursos hídricos a que legalmente se propõem, uma vez que este raio de 50 metros pode até mesmo ser menor do que a própria nascente. Exemplos desta ineficiência da lei 12.651/2012 podem ser observados nas Figuras 19 e 20. A Figura 19 apresenta uma nascente difusa de 46x61 metros, onde ao se considerar o ponto idealizado pela legislação como sendo a nascente, tem-se uma APP que não abrange sequer toda extensão do que hidrologicamente e verdadeiramente é a nascente. Neste caso a aplicação do conceito de estabelecimento do computo da APP após a zona ripária permite que toda a nascente seja protegida legalmente.

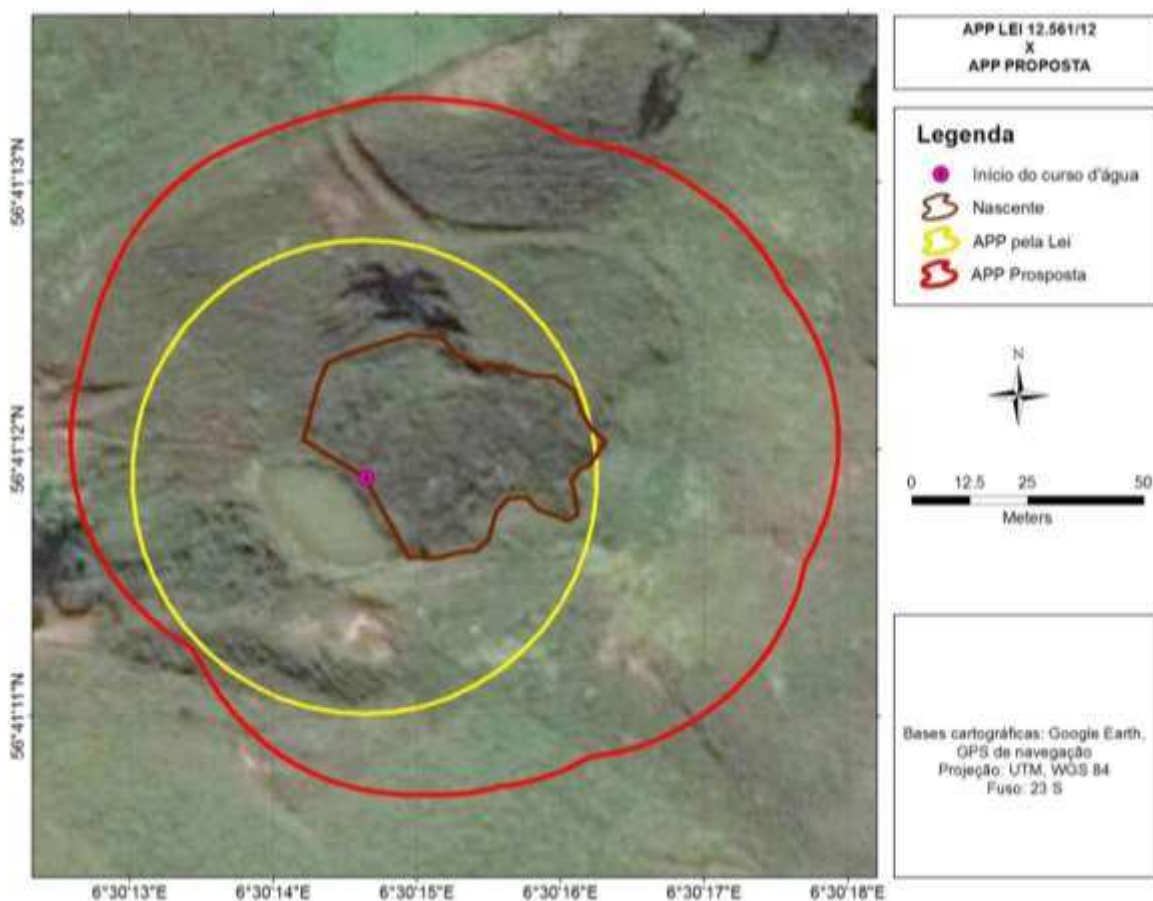


Figura 17: Aplicação APP proposta e APP prevista na Lei Federal 12.651/2012 a uma nascente difusa do município de Viçosa, MG, 2016.

A Figura 20 apresenta uma nascente difusa gerada por duas linhas de drenagem em que se aplicando o conceito atual de definição de nascente uma grande parte da nascente e da zona ripária fica desprovida da proteção legal da APP, podendo comprometer a produção de água e a qualidade da água desta nascente, o que é extremamente preocupante, uma vez que dezenas de casas a jusante desta nascente são abastecidas para consumo com a água gerada nesta nascente.

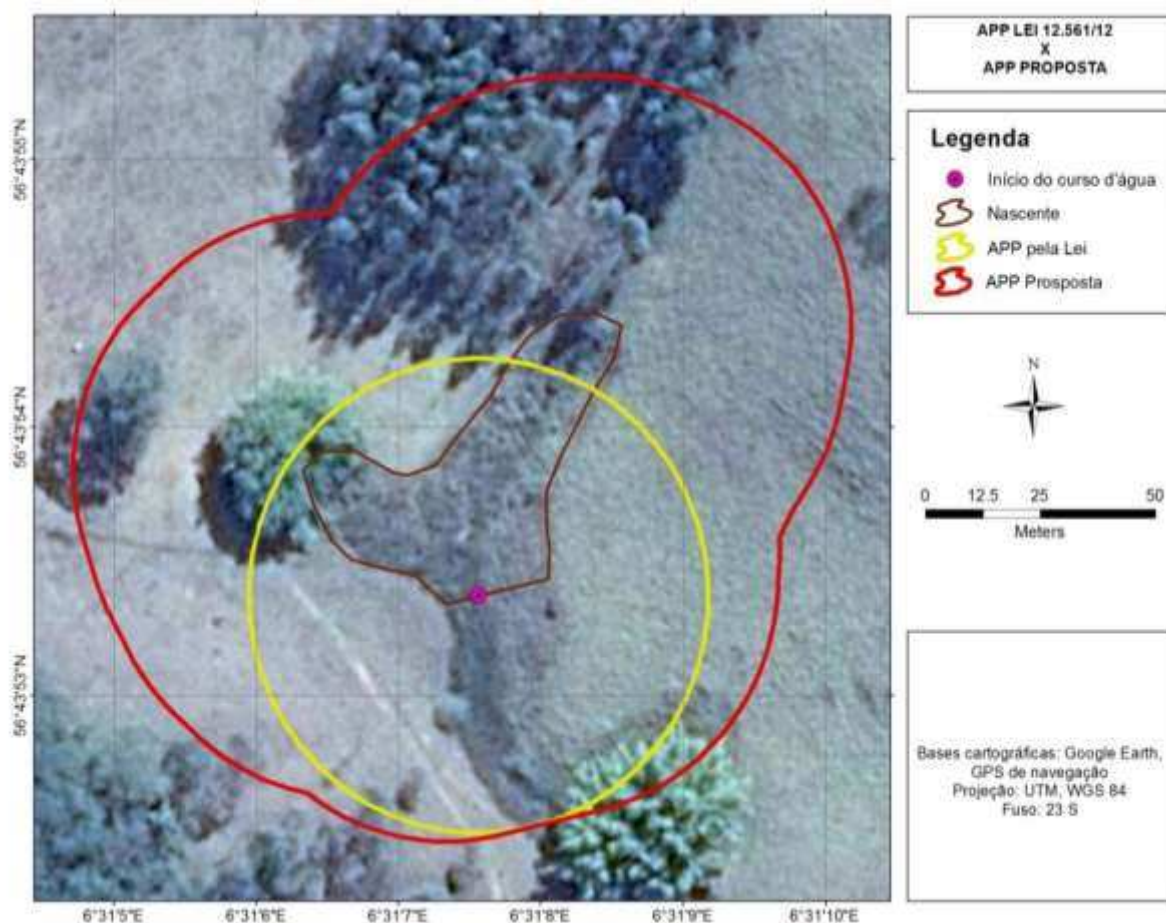


Figura 18: Aplicação APP proposta e APP prevista na Lei Federal 12.651/2012 a uma nascente difusa do município de Viçosa, MG, 2016..

5. CONCLUSÕES

A verificação visual do hidromorfismo demonstrou-se uma técnica com grande potencial de aplicação para delimitação em campo dos limites horizontais da zona ripária

As nascentes difusas assemelham-se hidrogeologicamente às veredas, por isso propõe-se a mesma forma de cômputo da APP para ambas.

A legislação ambiental brasileira apresenta lacunas e carência de conhecimento científico, que promovem cenários em que as nascentes sejam desprotegidas as recargas difusas bem como a mobilidade das nascentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNEW, L. J. et al. Identifying hydrologically sensitive areas: bridging the gap between science and application. **Journal of Environmental Management**, London, 2006. 63 - 76.
- ALLABY, A.; ALLABY, M. **The concise Oxford Dictionary of earth sciences**. Oxford: Oxford University, 1991.
- ALMG. Assembléia Legislativa de Minas Gerais, 2016. Disponível em: <www.almg.gov.br/consulte/publicacoes_assembleia/index.html>. Acesso em: 22 maio 2016.
- ARIZONA, U. Arizona's Riparian Areas, 2016. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/extension/riparian/chapt5/p4.html>>. Acesso em: 26 abr. 2016.
- ATTANASIO, C. M. et al. Método para a identificação da zona ripária: microbacia Método para a identificação da zona ripária: microbacia. **Scientia Forestalis**, v. 71, p. 131 - 140, ago 2006.
- ATTANASIO, C. M. et al. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 493 - 501, 2012.
- BALBINOTI, R. et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 4, p. 131-149, jan/abr 2008.
- BARRETO, S. R.; RIBEIRO, S. A.; BORBA, M. P. **Nascentes do Brasil: estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas**. São Paulo: WWF - Brasil: Imprensa oficial do estado de São Paulo, 2010. 140 p.
- BEDÊ, J. C. **Lei Florestal de Minas Gerais: Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe sobre as políticas florestal. Belo Horizonte: Assembléia Legislativa de Minas Gerais, 2013. 53 p.
- BELLO, L. A. L. et al. Estudo sobre métodos de diagnóstico ambiental de nascentes em Unidades de Conservação Permanente. **COMBRAMSEG 2014**, Goiânia, set. 2014.
- BERTONI, J. E.; MARTINS, F. R. **Composição florística de uma floresta ripária na Reserva Estadual de Porto Ferreira, SP**. São Paulo: Acta Bot. Bras., 1987.
- BORGES, L. A. C. et al. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1202-1210, jul 2011.
- BRASIL. **LEI Nº nº 1.507, de 26 de setembro de 1867. Fixa a despesa e orça a receita geral do Imperio para os exercicios de 1867 - 68 e 1868 - 69, e dá outras providencias**. [S.l.]: [s.n.], 1867.

BRASIL. **Decreto Federal nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Decreta o código florestal.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1934.

BRASIL. **DECRETO Nº 23.793, DE 23 DE JANEIRO DE 1934. Aprova o código florestal que com este baixa.** [S.l.]: [s.n.], 1934.

BRASIL. **Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal brasileiro.** Brasília: [s.n.], 1965.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília: [s.n.], 1988.

BRASIL. **Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispões sobre a proteção da vegetação nativa.** Brasília - DF: [s.n.], 2012.

BREN, L. J. Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review. **Journal of Hydrology**, 1993. 277- 299.

CAI, X.; WANG, D. Spatial autocorrelation of topographic index in catchments. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, 328, 2006. 581 - 591.

CALHEIROS, R. O. et al. **Preservação e recuperação de nascentes (de água e de vida).** 1ª. ed. Piracicaba: Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ, 2004.

CALHEIROS, R. O. et al. **Cadernos da mata ciliar.** 2ª. ed. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade, v. 1, 2009.

CAMPOS, C. E. B. et al. Indicadores de campo para solos hidromórficos na região de Viçosa (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1057-1066, 2003.

CAMPOS, E. P. et al. Florística e estrutura horizontal de uma ravina em um fragmento florestal no município de Viçosa MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 1045-1054, 2006.

CAMPOS, L. F. G. **Mapa Florestal.** São Paulo: SEMA, 1912.

CARVALHO, A. P. V.; BRUMATTI, D. V.; DIAS, H. C. T. Importância do manejo de bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 2, p. 148-156, 2012.

CASTELLE, A. J.; JHONSON, A. W.; CONOLLY, C. Wetland an stream buffer size requeriments - a review. **J. Environ. Qual.**, p. 878-882, 1994.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal:** estrutura e função dos órgãos vegetativos. Lavras: Editora da Ufla, 2009. 234 p.

CLARKE, F. W. The data of geochemistry. In: _____ **Mineral wells an springs.** Reston: Geological Survey, 1924. p. 181 - 217.

COUTO, E. G.; OLIVEIRA, V. The Soil Diversity of the Pantanal. In: _____ **The Pantanal of Mato Grosso: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland.** Sofia: Pensoft, 2010. p. 40-64.

CRC. Introduction to Riparian Buffers. In: _____ **Connecticut River Joint Commissions. River Banks and Buffers.** [S.l.]: [s.n.], 2003. Disponível em: <http://www.crjc.org/riparianbuffers>. Acesso: 05 maio 2016.

CURIE, F. et al. Geomorphological methods to characterise wetlands at the scale of the Seine watershed. **ScienceDirect**, 2007.

DAVIS, S. N. **Hidrogeology.** New York: [s.n.], 1966.

DE BLIJ, H. J.; MULLER, P. O.; WILLIAMS, R. S. **Physical geography: the global environment.** 3ª. ed. New York: Oxford University Press, 2004.

DIAS, H. C. T. et al. **Poteção de nascentes.** Brasília: SENAR, 2006. 80 p.

DO CARMO, L. G.; FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. **Bol. Goia. Geogr.**, Goiânia, v. 34, p. 275 - 293, mai/ago 2014.

ELMORE, W.; BESCHTA, R. L. **Riparian areas: preceptions in management.** [S.l.]: Rangelands, 1987.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2ª. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **EMBRAPA SOLOS**, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos>>. Acesso em: 5 maio 2016.

ESTEVES, F. A. Considerations on the ecology of wetlands, with emphasis on brazilian floodplains ecosystems. In: SCARANO, F. R.; FRANCO, A. C. **Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1998. p. 111-135.

FANNING, S. D.; FANNING. **Soil genesis, morphology an classification.** Washington: USDA, v. 69 - 80, 1989.

FARIA, L. C. et al. Reflexos das alterações no Código Florestal Brasileiro em Áreas de Preservação Permanentes de duas propriedades rurais em Itu e Sarapuí, SP. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, p. 559-568, set 2014.

FEISTAUER, D. et al. Impactos do novo código florestal na regularização ambiental de propriedades rurais familiares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 749-757, jul/set 2014.

FELIPPE, M. . F. **Gênese e dinâmica de nascentes:** contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical. Belo Horizonte: UFMG, 2013. Tese de doutorado.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Análise da variabilidade da vazão das nascentes no Parque das Mangabeiras (Belo Horizonte - MG) em relação aos seus condicionantes ambientais. In: _____ **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Viçosa: [s.n.], 2009.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte - MG**. Encontro Nacional Sobre Migrações. Belo Horizonte: [s.n.]. 2009. p. 1 - 19.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 9, 2013.

FERNANDES, A.; BEZERRA, P. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. 3ª. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia - MG. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, p. 103 - 120, jun. 2005.

GORSEVSKI, P. V. et al. Dynamic riparian buffer widths form potencial non-point source pollution areas in forested watersheds. **Forest ecology an management**, Amsterdam, 256, 2008. 664 - 673.

GOUDIE, A. **Encyclopedia of geomorphology**. New York: Routledge: Internatinional Association of Geomorphologists, 2004.

GRABS, T. et al. Modeling spatial patterns of saturated areas: A comparison of topographic wetness index and dynamic distributed model. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, 373, 2009. 15 - 23.

GREGORY, S. V. et al. An ecosystem perspective of riparian zones. **BioScience**, p. 540 - 551, 1992.

GUERRA, A. T. **Dicionario geológico-geomorfológico**. 8ª. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

HEWLETT, J. D.; HIBBERT, A. R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In: SOPPER **Forest hydrology**. New York: Pergamon Press, 1967. p. 288 - 293.

HIDROGEOLÓGICOS, R. Recursos Hidrogeológicos, 2016. Disponível em: <<http://recursoshidrogeologicosg2.blogspot.com.br/2011/06/aquiferos-livres-aquiferos-confinados.html>>. Acesso em: 6 maio 2016.

HOLANDA, F. S. R. Riparian vegetation affected by bank erosion in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, 29, 2005. 327 - 336.

IBAMA/SEMA/IAP. **Resolução Conjunta nº 005, de 28 de março de 2008. Define os critérios para avaliação**. [S.l.]: [s.n.], 2008.

IBGE. Manual técnico de geomorfologia. In: _____ **Manuais técnicos em geociências**. 2^a. ed. [S.I.]: IBGE Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2009. p. 182. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_geomorfologia.pdf.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Acesso em: 23 abr. 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> >. Acesso em: 23 maio 2016.

IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Aspectos ecológicos de um trecho de floresta em Itatinga, SP: florística, fitossociologia e seletividade de espécies. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 20, p. 139 - 153, 1997.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Fapesp, 2000. Cap. 2, p. 27 - 32.

JUNK, C. A. Wetlands of Tropical South America. In: HEJNÝ, S.; DYKYJOVÁ, D. **Wetlands of the World I: Inventory, Ecology and Management**. Boston: Whigham, 1993. p. 679-739.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. **Escoamento de nascentes associado à variabilidade espacial de atributos físicos do solo em bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande MG**. Lavras: UFLA, 2006. Dissertação de Mestrado.

KLAPPROTH, J. C.; JHONSON, J. E. **Understanding the science behind riparian forest buffers: effects on water quality**. Virginia: Virginia Cooperative Extension, 2000. 24 p.

KLEIN, L. et al. Mudanças do código florestal: uma análise institucional da percepção de produtores agrícolas de um município do Paraná. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, v. 4, p. 124-138, jan/abr 2015.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. In: KOBIYAMA, M., et al. **Anais de I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias**. Florianópolis: UFSC/PPGEA, 2003. p. 148.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. 1^a. ed. Curitiba: Organic Trading, 2008.

LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F. Tropical wildlife corridors: Use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. **Biological Conservation**, 231-239 1999.

LAURANCE, W. F. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, p. 605-618, 2002.

LEITÃO FILHO, H. F. Aspectos taxiconômicos das florestas do Estado de São Paulo. In: _____ **Silvicultura em São Paulo**. [S.I.]: [s.n.], 1982. p. 197-206.

LIMA, W. P. Função hidrológica da mata ciliar. In: _____ **Simósio sobre mata ciliar**. [S.l.]: Fundação Cargil, 1989. p. 25 - 42.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 1ª. ed. São Paulo: Fapesp, 2000. Cap. 3, p. 33 - 44.

LINDMAN, C. A. M.; FERRY, M. G. **A vegetação do Rio Grande do Sul**. Belo Horizonte: EDUSP, 1974.

LOBO, P. C.; JOLY, C. A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do Sudeste do Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Fapesp, 2000. Cap. 9, p. 143 - 157.

LOUREIRO, B. T. Águas subterrâneas. Irrigação: produção com estabilidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, p. 48 - 52, 1983.

LOUREIRO, B. T. Águas subterrâneas. Irrigação: produção com estabilidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, p. 48-52, 1983.

MANDER, U. et al. Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. **Ecological Engineering**, v. 8, p. 299-324, 1997.

MANOLI, R. S. **Dinâmica de sedimentação em solos sob matas ciliares**. Piracicaba: Esalq, 2011. Tese de doutorado.

MARANGOM, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P. Florística arbórea da mata da Pedreira, município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p. 207-215, 2003.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. 3ª. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2015.

MEDEIROS, J. D. A demarcação de áreas de preservação permanente ao longo dos rios. **Revista Biotemas**, v. 26, p. 261-270, jun 2013.

MEINZER, O. E. Geological survey. In: _____ **Large springs in the United States**. Washington D.C.: Water -Supply, 1927.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem Base Científica? **Revista Natureza & Conservação**, v. 8, p. 92-99, jul 2010.

MONTEIRO, J. S. et al. Permanent Preservation Areas and their environmental services. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, p. 299-309, nov. 2013.

NASCIMENTO, P. C. et al. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2010. 339 - 348.

NEVES, L. S. et al. Nascentes, áreas de preservação permanente e restauração florestal: histórico da degradação e conservação no Brasil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 7, p. 747-760, set./dez. 2014.

- PEREIRA, T. K.; MORO, R. S. Paisagem ripária fluvial dos rios Pitangui e Jotuva no primeiro Planalto Paranaense, Ponta Grossa, PR. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 31, p. 79 - 93, 2012.
- PERRAULT, P. **On the origin of springs**. New York: Hafner, 1967.
- PINHEIRO, A. et al. Uso do solo na zona ripária de bacias agrícolas de pequeno a médio porte. **Revista Árvore**, Viçosa, 35, 2011. 1245 - 1251.
- PINTO, L. V. A. et al. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras - MG. **Scientia Forestalis**, v. 65, p. 197 - 2006, ju. 2004.
- PLATIS, W. S. E. A. Methods for evaluating riparian habitats with applications to management. **USDA Forest Service**, p. 177, 1987.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Adv. Agron.**, 96, 1972. 24:29.
- REID, L. M.; HILTON, S. **Buffering the Buffer**. [S.l.]: USDA Forest Service, v. 45, 1998. 71-80 p.
- RODRIGUES, R. R. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Fapesp, 2000. Cap. 6, p. 91-100.
- RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Fapesp, 2000. 320 p.
- SALEMI, L. F. et al. Riparian vegetation and water yield: a synthesis. **Journal of Hydrology**, 2012. 195-202.
- SANTOS, L. B. Floresta de galeria. In: _____ **Tipos e aspectos do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1975.
- SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. Áreas hidrologicamente sensíveis: teoria e aplicação para a bacia do rio Barigui, PR, Brasil. **Ambiente e Água**, v. 5, jun 2010.
- SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. Mecanismos de geração de escoamento e áreas hidrologicamente sensíveis: uma abordagem hidrogeomorfológica para delimitação de áreas de preservação permanente. **RAEGA**, Curitiba, p. 227 - 257, 2012.
- SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. Identificação de áreas hidrologicamente sensíveis por meio de modelagem hidrológica. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, jan/abr 2015. 141 - 155.
- SILVA, A. C. et al. **Florestas inudáveis: ecologia, florística e adaptações das espécies**. Lavras: Editora da Ufla, 2012. 170 p.
- SILVA, E. A. et al. Podzolização em solos de áreas de depressão de topo dos Tabuleiros Costeiros do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 11 - 24, 2012.

- SILVA, M. M. **Dinâmica espaço-temporal das áreas variáveis de afluência da bacia do córrego do Calheiro**. Piracicaba: Esalq, 2012. Dissertação de mestrado.
- SILVA, R. V. Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão. In: _____ **I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias**. [S.I.]: Alfredo Wagner/SC, 2003. p. 74-85.
- SIRTOLI, A. E. et al. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com os solos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, p. 317 - 329, 2008.
- STEINBLUMS, I. J.; FROELICH, H. A.; LYONS, J. K. Designing stable buffer strips for stream protection. **Journal of Forest**, 1984. 49 -52.
- STINY, J. **Springs: the geological foundations of springs for engineers of all disciplines, as well of students of natural sciences**. Vienna: Springer, 1933.
- SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology: an introduction to the study of landforms**. New York: Longman Scientific and Technical, 1991.
- TEIXEIRA, M. I. **Indicadores pedoambientais do Planalto Viçosa como auxílio à educação ambiental**. Viçosa: UFV, 2005. Tese de doutorado.
- TODD, D. K.; MAYS, L. W. **Groundwater hydrology**. [S.I.]: John Wiley and Sons, 2005.
- TROPPEMAIR, H.; MACHADO, M. L. A. **Variação da estrutura da mata de galeria na bacia do rio Corumbataí (SP) em relação à água do solo, ao tipo de margem e ao traçado do rio**. [S.I.]: Biogeografia, 1974.
- VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.
- VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas**. 2ª. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2015. 267 p.
- VAN DER KAMP, G. The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 68, p. 4 - 17, 1995.
- VANNOTE, R. L. et al. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science**, 1980. 130-137.
- VELOSO, H. P.; GOES FILHO, L. Fitogeografia brasileira - classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical. In: _____ **Boletim técnico Radam-Brasil (série vegetação)**. [S.I.]: [s.n.], 1982. p. 1-80.
- VIÇOSA, P. D., 2016. Disponível em: <<http://www.vicoso.mg.gov.br/a-cidade/territorio>>. Acesso em: 12 maio 2016.
- WALTER, A. T. et al. Refined conceptualization of TOPMODEL for shallow subsurface flows. **Scientific Briefing**, v. 16, p. 2041 - 2046, 2002.

WARD, D. M. et al. A natural view of microbial biodiversity within hot spring cyanobacterial mat communities. In: _____ **Mircobiology and moleocular rewies**. [S.l.]: [s.n.], v. 62, 1998. p. 1353 - 1370.

WIKIPÉDIA. **WIKIPÉDIA – a encyclopedia livre**, 2016. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/pt.wikipedia.org/wiki/Nascente>>.

ZAKIA, M. J. B. et al. Delimitação da zona ripária em uma microbacia. **Revista Agroambiental**, abr 2009.