

**WADSON DE ALMEIDA MIRANDA**

**ESTUDOS MORFOMÉTRICOS, MONITORAMENTO HÍDRICO E  
LEVANTAMENTO DE IMPACTOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Ciências Agrárias, concentração em Agroecologia, do Instituto de Ciência Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Agrárias.

**Orientador:** Prof. Flávio Pimenta de Figueiredo

**Montes Claros**

**2011**

**M672e  
2011**

**Miranda, Wadson de Almeida.  
Estudos morfométricos, monitoramento hídrico e levantamento de impactos na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catopé, Bonito de Minas - MG / Wadson de Almeida Miranda. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2011.  
146 f: il.**

**Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.**

**Orientador: Prof. Flávio Pimenta de Figueiredo.**

**Banca examinadora: Flávio Gonçalves de Oliveira, Marcos Esdras Leite, Nilza de Lima Pereira Sales, Flávio Pimenta de Figueiredo.**

**Inclui bibliografia: f. 134-143.**

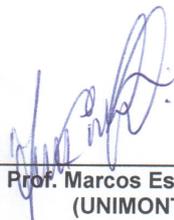
**1. Monitoramento hídrico – Catopé, rio. 2. Ecologia. I. Flávio Pimenta de Figueiredo. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.**

**CDU: 556**

WADSON DE ALMEIDA MIRANDA

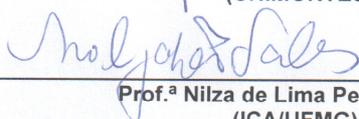
ESTUDOS MORFOMÉTRICOS, MONITORAMENTO HÍDRICO E  
LEVANTAMENTO DE IMPACTOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG

Aprovado em 29 de março de 2011



---

Prof. Marcos Esdras Leite  
(UNIMONTES)



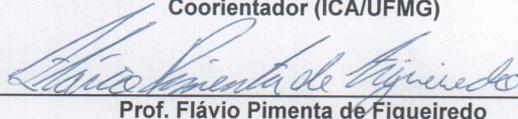
---

Prof.ª Nilza de Lima Pereira Sales  
(ICA/UFMG)



---

Prof. Flávio Gonçalves Oliveira  
Coorientador (ICA/UFMG)



---

Prof. Flávio Pimenta de Figueiredo  
Orientador (ICA/UFMG)

Montes Claros

2011

*Dedico aos meus pais Abias Miranda  
(in memória) e Simone Aparecida de  
Almeida Miranda (in memória) pelo o  
amor eterno.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus a sua criação. Aos meus pais, Abias e Simone, lembranças eternas e saudades. A minha querida esposa, Gilvane, a confiança e o amor. À minha filhinha, aguardo ansioso o seu nascimento, que trará imensa felicidade. Aos meus irmãos, Nélia Patrícia, Warley e Aneliza o incentivo e o amor que me transmitem. Aos meus familiares: avós, tias, primos, sobrinhos, afilhados, sogra e sogro, cunhados e amigos, o carinho e força. Aos companheiros de campo, Pedro H., Walter e Jairo os momentos de campo e garra. Aos professores colegas, funcionários do ICA/UFMG, aos parceiros, IEF, IGAM e NIEA-NM a dedicação e para todos os meus humildes e sinceros agradecimentos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 2 - MORFOMETRIA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG

<b>FIGURA 1 -</b>	Localização do município de Bonito de Minas em relação ao estado de Minas Gerais e APA Estadual da Bacia do rio Pandeiros.....	<b>36</b>
<b>FIGURA 2 -</b>	Recorte do mapa Geológico do Estado de Minas Gerais (2003), com a seguinte formação específica: a)ENdl (Cobertura dentrito latériticas), b)K2u (Grupo Urucuia, arenito conglomerado), c)Qa (Depósitos aluviais), d)NP2.sl (formação Sete Lagoas, calcário, colomito, metapelito), e)NP2.bp (subgrupo Paraopeba indiviso), f)NP2.lj (Formação Lagoa do Jacaré: calcário, siltito, marga), g)NPd (Coberturas detríticas, em parte colúvio-eluviais e, eventualmente, lateríticas), h)A3j (não classificado).....	<b>38</b>
<b>FIGURA 3 -</b>	Mapa da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, município de Bonito de Minas-MG, rede hidrográfica e sua localização.....	<b>46</b>
<b>FIGURA 4 -</b>	Mapa de ordenamento dos canais da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, Bonito de Minas - MG, segundo a classificação de Strahler (1957).....	<b>47</b>
<b>FIGURA 5 -</b>	Mapa da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé e as dez microbacias e numeradas em sequência: 1 - microbacia da Vereda São Francisco, 2 - microbacia da Vereda Seca, 3 - microbacia da Vereda Palmeira, 4 - microbacia da Vereda da Porta, 5 - microbacia da Vereda Ribeirão de Areia, 6 - microbacia da Vereda Grande, 7 - microbacia da Vereda das Flores, 8 - microbacia da Vereda Capivara, 9 - microbacia da Vereda Catolé Pequeno 10 - microbacia da Vereda Grumichá.....	<b>48</b>
<b>GRÁFICO 1 -</b>	Ordem dos rios, resultado da relação da área da microbacia (km <sup>2</sup> ) e o perímetro (km).....	<b>55</b>
<b>GRÁFICO 2 -</b>	Densidade drenagem, resultado da relação da área da microbacia (km <sup>2</sup> ) e o comprimento total dos canais (km) .....	<b>56</b>

<b>GRÁFICO 3 -</b>	Densidade hidrográfica, resultado da relação da área total da microbacia (km <sup>2</sup> ) e o número de canais.....	<b>57</b>
<b>GRÁFICO 4 -</b>	Coefficiente de manutenção, resultado da relação do valor um pela Densidade drenagem (km/km <sup>2</sup> )...	<b>57</b>
<b>GRÁFICO 5 -</b>	Coefficiente de compacidade, resultado da relação da área total da microbacia (km <sup>2</sup> ) e o seu perímetro (km) .....	<b>58</b>
<b>GRÁFICO 6 -</b>	Índice de circularidade, resultado da relação da área de círculo igual ao perímetro (km <sup>2</sup> ) e a área da microbacia (km <sup>2</sup> ).....	<b>59</b>
<b>GRÁFICO 7 -</b>	Índice de sinuosidade, resultado da relação do comprimento do canal principal (km) e a distancia vetorial do canal principal (km) .....	<b>59</b>
<b>GRÁFICO 8 -</b>	Fator de forma, resultado da relação da área total da microbacia (km <sup>2</sup> ) e o comprimento vetorial da bacia (km) .....	<b>60</b>
<b>GRÁFICO 9 -</b>	Relação de relevo, resultado em relação da amplitude altimétrica da microbacia (m) e o comprimento vetorial da bacia (km).....	<b>60</b>
<b>QUADRO 1 -</b>	Equações, definições e significados dos parâmetros morfométricos.....	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 3 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG</b>		
<b>FIGURA 1 -</b>	Mapa da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé e os locais dos pontos de monitoramento de vazão: P1 - Córrego da vereda São Francisco, P2 - Córrego da Vereda Seca, P3 - Córrego da Vereda Palmeira, P4 - Córrego da Vereda da Porta, P5 - Córrego da Vereda Ribeirão de Areia, P6 - Córrego da Vereda Grande, P7 - Córrego da Vereda das Flores, P8 - Córrego da Vereda Capivara, P9 - Córrego da Vereda Catolé Pequeno, P10 - Córrego da Vereda Grumichá, P11 - Rio Catolé próximo da nascente e P12 - Rio Catolé na foz.....	<b>68</b>

<b>FIGURA 2 -</b>	Agrupamentos por atributos das vazões realizados nas microbacias da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé por similaridade.....	<b>85</b>
<b>FIGURA 3 -</b>	Mapa da distribuição por agrupamento das vazões médias mensais pelas microbacias de contribuição, no período de jul/2009 a jun/2010 na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé.....	<b>86</b>
<b>GRÁFICO 1 -</b>	Série mensal da precipitação para Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, gerada a partir da média de 3 postos pluviométricos no período de julho de 2009 a junho de 2010.....	<b>72</b>
<b>GRÁFICO 2 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 1 (Córrego da Vereda São Francisco) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>74</b>
<b>GRÁFICO 3 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 2 (Córrego da Vereda Seca) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>74</b>
<b>GRÁFICO 4 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 3 (Córrego da Vereda Palmeira) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>75</b>
<b>GRÁFICO 5 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 4 (Córrego da Vereda da Porta) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>76</b>
<b>GRÁFICO 6 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 5 (Córrego da Vereda Ribeirão de Areia) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>76</b>
<b>GRÁFICO 7 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 6 (Córrego da Vereda Grande) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>77</b>
<b>GRÁFICO 8 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 7 (Córrego da Vereda das Flores) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>78</b>
<b>GRÁFICO 9 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 8 (Córrego da Vereda Capivara) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>78</b>

<b>GRÁFICO 10 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 9 (Córrego da Vereda Catolé Pequeno) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>79</b>
<b>GRÁFICO 11 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 10 (Córrego da Vereda Grumichá) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>80</b>
<b>GRÁFICO 12 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 11 (rio Catolé - nascente) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>81</b>
<b>GRÁFICO 13 -</b>	Vazão mensal no ponto de medição 12 (rio Catolé próximo da foz) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região.....	<b>82</b>
<b>GRÁFICO 14 -</b>	Vazão (m <sup>3</sup> /s) total dos pontos monitorados no período de 12 meses na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé.....	<b>84</b>
<b>GRÁFICO 15 -</b>	Contribuição da vazão em porcentagem por ponto monitorado na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé.....	<b>84</b>
<b>QUADRO 1 -</b>	Pontos de monitoramento e suas coordenadas.....	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DO USO/OCUPAÇÃO E LEVANTAMENTO DE IMPACTOS NAS VEREDAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG</b>		
<b>FIGURA 1-</b>	Mapa do grau de impacto nas microbacias da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé: 1 - Microbacia da Vereda São Francisco, 2 - Microbacia da Vereda Seca, 3 - Microbacia da Vereda Palmeira, 4 - Microbacia da Vereda da Porta, 5 - Microbacia da Vereda Ribeirão de Areia, 6 - Microbacia da Vereda Grande, 7 - Microbacia da Vereda das Flores, 8 - Microbacia da Vereda Capivara, 9 - Microbacia da Vereda Catolé Pequeno e 10 - Microbacia da Vereda Grumichá.....	<b>104</b>
<b>FIGURA 2 -</b>	Mapa da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, por meio de imagem de satélite.....	<b>106</b>

<b>FIGURA 3 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda das Flores.....	<b>108</b>
<b>FIGURA 4 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda São Francisco.....	<b>110</b>
<b>FIGURA 5 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Seca.....	<b>112</b>
<b>FIGURA 6 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Palmeira.....	<b>114</b>
<b>FIGURA 7 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda da Porta.....	<b>117</b>
<b>FIGURA 8 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Ribeirão de Areia.....	<b>119</b>
<b>FIGURA 9 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Grande.....	<b>121</b>
<b>FIGURA 10 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Capivara.....	<b>123</b>
<b>FIGURA 11 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Catolé Pequeno.....	<b>125</b>
<b>FIGURA 12 -</b>	Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Grumichá.....	<b>128</b>
<b>FIGURA 13 -</b>	Vegetação do entorno da Vereda Palmeira com solo exposto.....	<b>144</b>
<b>FIGURA 14 -</b>	Vegetação do entorno da Vereda Ribeirão de Areia com espécies de eucalipto sp. ....	<b>144</b>
<b>FIGURA 15 -</b>	Vegetação da Vereda das Flores no mês de maio de 2010.....	<b>144</b>
<b>FIGURA 16 -</b>	Vegetação da Vereda das Flores após queimada no mês outubro de 2010.....	<b>144</b>
<b>FIGURA 17 -</b>	Processo de erosão por voçoroca no entorno da Vereda Grumichá, sendo carreadas grandes quantidades de sedimentos para a mesma.....	<b>144</b>
<b>FIGURA 18 -</b>	Estrada margeando a Vereda das Flores.....	<b>144</b>

<b>FIGURA 19 -</b>	Área desmatada na Vereda Palmeira.....	<b>145</b>
<b>FIGURA 20 -</b>	Entorno da Vereda Grumichá com pequenos sítios.....	<b>145</b>
<b>FIGURA 21 -</b>	Cultivo de mandioca e milho dentro da Vereda Palmeira.....	<b>145</b>
<b>FIGURA 22 -</b>	Cultivo de sorgo dentro da Vereda Grumichá.....	<b>145</b>
<b>FIGURA 23 -</b>	Tipo de ocupação humana na área de APP da vereda.....	<b>145</b>
<b>FIGURA 24 -</b>	Ponte de concreto no córrego da Vereda Capivara.....	<b>145</b>
<b>FIGURA 25 -</b>	Travessia no córrego da Vereda São Francisco do tipo "a vau".....	<b>146</b>
<b>FIGURA 26 -</b>	Travessia no córrego da vereda Seca com manilhas de concreto.....	<b>146</b>
<b>FIGURA 27 -</b>	Uso do córrego da vereda para lavar roupas com produtos industrializados (químicos), Vereda Palmeira.....	<b>146</b>
<b>FIGURA 28 -</b>	Uso de motobomba para utilização da água na Vereda da Porta.....	<b>146</b>
<b>FIGURA 29 -</b>	Canal secundário observado na Vereda Catolé Pequeno.....	<b>146</b>
<b>FIGURA 30 -</b>	Animais domesticados dentro da Vereda Grumichá.....	<b>146</b>
<b>QUADRO 1</b>	Características analisadas para definição do uso ou ocupação das veredas da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé.....	<b>97</b>
<b>QUADRO 2</b>	Parâmetros utilizados para definição de ocorrências das atividades ou ocupação nas veredas da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé...	<b>100</b>
<b>QUADRO 3</b>	Estado de impacto na microbacia e rede drenagem das veredas.....	<b>101</b>
<b>QUADRO 4</b>	Resultados das ocorrências de atividades ou ocupação observadas nas dez microbacias da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé.....	<b>103</b>

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 2 - MORFOMETRIA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS- MG**

- 1 - Resultados dos parâmetros morfométricos da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, Bonito de Minas-MG..... **49**
- 2 - Rede de drenagem da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé. **51**
- 3 - Resultados dos parâmetros morfométricos das dez microbacias da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé..... **54**

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AAE -</b>	Avaliação Ambiental Estratégica
<b>APA -</b>	Área de Preservação Ambiental
<b>APP -</b>	Área de Preservação Permanente
<b>BHRP</b>	Bacia Hidrográfica do rio Pandeiros
<b>Cm -</b>	Coefficiente de Manutenção
<b>CONAMA -</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>CTC -</b>	Comprimento Total dos Canais
<b>Dd -</b>	Densidade Drenagem
<b>DFC -</b>	Diagnóstico Físico-Conservacionista
<b>Dh -</b>	Densidade Hidrográfica
<b>FIG</b>	Figura
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamento Global
<b>GRAF</b>	Gráfico
<b>Ic -</b>	Índice de Circularidade
<b>IDA -</b>	Índice de Degradação Ambiental
<b>IEF -</b>	Instituto Estadual de Florestas
<b>IGA -</b>	Instituto de Geociências Aplicadas
<b>INPE -</b>	Instituto de Pesquisas Espaciais
<b>Is -</b>	Índice de Sinuosidade
<b>Kc -</b>	Coefficiente de Compacidade
<b>Kf -</b>	Fator de Forma
<b>Km<sup>2</sup></b>	Quilômetros quadrado
<b>MG</b>	Minas Gerais
<b>mm</b>	Milímetros
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbico por segundo
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros quadrado
<b>Rr -</b>	Relação de Relevô
<b>SBHRC -</b>	Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Catolé
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>UTM -</b>	Universal Transverso de Mercator

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1	Análise morfométrica da rede de drenagem.....	18
2.2	Hidrologia.....	22
2.3	Veredas.....	25
2.4	Impactos ambientais.....	27
<b>3</b>	<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>30</b>
	<b>CAPÍTULO 2 - MORFOMETRIA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG.....</b>	<b>31</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>31</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>32</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
2.1	Localização e caracterização da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé.....	35
2.2	Preparação da base de dados cartográficos e obtenção de mapas da SBHRC.....	40
2.3	Análise morfométrica.....	41
<b>3</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
3.1	Análise morfométrica da SBHRC.....	45
3.2	Análise morfométrica das dez microbacias da SBHRC...	53
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
	<b>CAPÍTULO 3 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA SUB- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG.....</b>	<b>63</b>

	<b>RESUMO.....</b>	<b>63</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>64</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>67</b>
2.1	Pontos de monitoramento e localização.....	67
2.2	A medição.....	69
2.3	Precipitação.....	70
2.4	Análises de agrupamento.....	71
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>72</b>
3.1	Dados de precipitação.....	72
3.2	Pontos de monitoramento.....	73
3.3	Análises por conjunto dos pontos monitorados.....	82
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>88</b>
	<b>CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DO USO/OCUPAÇÃO E LEVANTAMENTO DE IMPACTOS NAS VEREDAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG.....</b>	<b>89</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>89</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>90</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>91</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>93</b>
2.1	As microbacias de avaliação.....	93
2.2	Amostragem.....	93
2.3	Mapa da SBHRC e das dez microbacias de uso / ocupação.....	93
2.4	Indicadores de impactos de veredas da SBHRC.....	95

<b>3</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>102</b>
3.1	Análise dos indicadores de impactos.....	102
3.2	Análise dos impactos nas microbacias da SBHRC.....	105
3.2.1	Microbacia com baixo grau de impacto.....	106
3.2.2	Microbacia com médio grau de impacto.....	109
3.2.3	Microbacia com forte grau de impacto.....	124
3.2.4	Microbacia com muito forte grau de impacto.....	127
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>131</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>132</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>134</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>144</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>145</b>
	<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>146</b>

## **CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1 INTRODUÇÃO**

As paisagens naturais, em todas as partes do mundo, têm passado por transformações constantes, durante o processo histórico de desenvolvimento. O planeta está em contínuo processo de mudança que segue um sistema lento e ininterrupto. A Terra, desde o seu surgimento vem sofrendo transformações e, com o surgimento do homem, essas ações têm-se intensificado, ocasionando diversos problemas de ordem ambiental às condições naturais do planeta.

As civilizações adotaram modelos de desenvolvimento econômico sem considerar a fragilidade e a importância do ambiente terrestre. Os impactos ambientais causados acabam por comprometer, cada vez mais, os recursos naturais, ocasionando diversos eventos que comprometem os padrões de qualidade de vida humana, afetando, diretamente, as florestas, que são um elo para as mais diferentes dinâmicas ambientais, tais como: os ciclos hidrológicos, a biodiversidade, os solos e o clima, regulados na teoria de uso inesgotável dos recursos.

Esse processo ambiental carece de diagnósticos que contemplem as necessidades de se prevenir as alterações decorrentes de causas diretas e indiretas, associadas às influências antrópicas, como a exploração descontrolada das fontes naturais e o desmatamento que afetam, diretamente, o suprimento de água doce, reduzindo, drasticamente, o número e o ciclo de vida das veredas no cerrado brasileiro, proporcionando subsídios técnicos no planejamento das ações mitigadoras.

Pensando no desenvolvimento sustentável, os sistemas agroecológicos têm demonstrado que é possível produzir, propiciando a possibilidade natural de renovação do solo, utilizando, racionalmente, os recursos naturais e mantendo a biodiversidade. A partir dessa percepção, técnicas, métodos e experiências, há alguns anos, vêm sendo resgatados, criados e desenvolvidos. Assim, originaram-se algumas correntes que, hoje, se confirmaram eficientes e ganharam destaque, tendo basicamente em

comum a premissa de que vetam a utilização de técnicas degradantes aos meios físico, atmosférico e biológico, além de outras nesse mesmo sentido.

A Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé tem chamado a atenção de vários segmentos da sociedade local e regional, que, atualmente, iniciam o processo de conscientização para o problema ambiental vigente, onde os mesmos estão inseridos na Área de Proteção Ambiental Estadual do rio Pandeiros, local que tem sido afetado pelo processo erosivo acelerado, provocado pelo desmatamento para carvoejamento, pela exploração de terras situadas as margens dos cursos d'água das veredas, pela má conservação das estradas. Tais práticas expõem o solo à ação das chuvas, favorecendo a erosão e provocando a morte de muitas veredas.

Assim, diante desse desequilíbrio, entre as atividades humanas e a dinâmica ambiental, esta pesquisa se propõe a apresentar resultados que indicam o comportamento hídrico e ambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé para compreender as potencialidades e as fragilidades da área, podendo resultar em uma proposta de ações efetivas para minimizar a problemática em questão. A pesquisa poderá subsidiar ações para um melhor planejamento da ocupação humana no ambiente, visando à sustentabilidade ambiental local.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

A presente fundamentação teórico-metodológica pretende abordar alguns temas que possam contextualizar esta pesquisa num aspecto mais amplo, sem a pretensão de esgotá-los detalhadamente. Grande parte dessa temática tem sido contemplada com muita propriedade por inúmeros autores. Aqui, busca-se a priorizar as inter-relações dos assuntos de interesse, abordando no estudo de casos um tratamento mais específico dos temas, onde são divididos em quatro subtítulos, tratados nos capítulos inseridos.

### **2.1 Análise morfométrica da rede de drenagem**

A análise sobre redes de drenagens tornou-se consistente, devido às idéias de Horton, que desenvolveu um grupo de leis chamado “Leis da composição de drenagem” obtido por meio da análise morfométrica, que contribui especialmente, na técnica de ordenação de canais. Trata-se do primeiro passo para uma análise morfométrica de bacias hidrográficas. No contexto da geomorfologia, esse trabalho constitui importante papel para a compreensão do relevo e dinâmica terrestre (CASTRO; CARVALHO, 2009).

A análise morfométrica de bacias hidrográficas foi inicialmente realizada por meio de métodos analógicos, isto é, por mensuração dos atributos em cartas topográficas e cálculo manual, baseando-se nas leis de Horton e utilizando os parâmetros apresentados por Strahler (1952, 1957, 1958), Schumm (1956, 1963), Chorley e Kennedy (1971). Com o desenvolvimento da computação eletrônica e, posteriormente, dos sistemas computacionais para cálculos e análises de dados e informações georreferenciados, esses atributos podem atualmente ser extraídos em ambiente digital e geoprocessamento (CHEREM, 2008).

Os estudos clássicos desenvolvidos por Horton (1945), Strahler (1957), França (1968) e Chistofolletti (1970) sobre classes de informação morfológicas que determinam diferenças essenciais entre distintas paisagens sobre as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das

águas de chuvas, mostrando uma estreita correlação com a litologia, a estrutura geológica e a formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (RODRIGUES *et al.*, 2008).

Teodoro *et al.* (2007) admitem que a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, tendo como objetivo elucidar as várias questões relacionadas ao entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

Utiliza-se o método da análise morfométrica para a obtenção de dados quantitativos, com o intuito de diferenciar áreas homogêneas dentro de uma bacia hidrográfica, tais como: densidade hidrográfica, densidade de drenagem, fator de forma, índice de sinuosidade, entre outros. Tais parâmetros explicitam os indicadores físicos e auxiliam na análise ambiental e hídrica dessa bacia hidrográfica (LANA *et al.*, 2001). Essa análise quantitativa da configuração dos elementos do modelado superficial que geram a sua expressão e configuração espacial, sendo os valores medidos correspondentes aos atributos desses elementos. Esse tipo de estudo geomorfológico foi introduzido por Horton (1945), visando a entender a configuração e a evolução das bacias e de suas redes de drenagem (CHEREM, 2008).

Essa análise morfométrica inicia-se pela caracterização física da bacia hidrográfica de estudo, drenadas pelo canal principal e seus afluentes, cuja delimitação é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam o seu contorno. Essas linhas são definidas pelas conformações das curvas de níveis existentes na carta topográfica e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada (ARGENTO; CRUZ, 2002). Estas linhas “na topografia” unem pontos de relevo de igual elevação, chamadas de curvas de nível. A linha divisória da bacia deve cortar perpendicularmente o eixo das curvas que cortam os topos de elevação e seguem encostas abaixo pelo eixo das convexidades do terreno, vistas em planta, por meio das curvas de nível que mais se aproximam das cotas inferiores. Os divisores de água da bacia de drenagem são indicados pela topografia do terreno, podendo-se

utilizar a carta topográfica como instrumento de delimitação (NETTO; AVELAR, 2002).

A delimitação da bacia hidrográfica torna o procedimento mais comum executado em análises hidrológicas ou ambientais. O uso de mapas para representar as informações do relevo de forma analógica tem comprometido a confiabilidade dos resultados, devido à subjetividade inerente aos métodos manuais utilizados. Com a consolidação do uso do sistema de informação geográfica, o "SIG" e o surgimento de técnicas de formas digitais consistentes de representação do relevo, o processo desde então tem se tornado mais preciso (CARDOSO *et al.*, 2006)

O estudo da análise morfométrica é composto por objetos de estudos e os seus elementos componentes. Por ser uma análise quantitativa, a interpretação é realizada a partir da leitura dos atributos desses elementos. O objeto de estudo é a bacia hidrográfica que corresponde a seus elementos, à própria bacia, à rede de drenagem e às vertentes (relevo), correlacionados entre si, gerando os parâmetros morfométricos (CHEREM, 2008).

Os parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas refletem algumas das inter-relações mais significativas entre os fatores responsáveis pela evolução e organização do modelado, da superfície, em particular a geomorfologia. Os cálculos morfométricos são divididos em três classes relacionadas a partir de caracteres espaciais, que são: os lineares, os zonais e hipsométricos. Essa divisão é condicionada pela natureza dos dados necessários à geração desses parâmetros e, conseqüentemente, pelo tipo de interpretação possível de ser realizada e contribui para uma melhor caracterização das unidades geomorfológicas, cuja qualidade e precisão variam conforme a particularidade do pesquisador (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O estudo dos padrões de drenagem ainda é assunto amplamente debatido na literatura geomorfológica. Esses padrões se referem ao arranjo espacial dos recursos fluviais, que podem ser influenciados em atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. Uma ou várias bacias de drenagem pode

estar englobada na caracterização de determinado padrão (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Para Villela e Mattos (1975), a área de drenagem de uma bacia hidrográfica é a área plana numa projeção horizontal entre os seus divisores topográficos, sendo um elemento básico para o cálculo das outras características físicas da bacia.

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo rio principal e os seus tributários; o padrão de seu sistema de drenagem tem um efeito marcante na taxa do “*runoff*” (escoamento superficial). Uma bacia bem drenada tem menor tempo de concentração, ou seja, o escoamento superficial concentra-se mais rapidamente e os picos de enchente são altos. As características de uma rede de drenagem podem ser razoavelmente descritas pela ordem dos cursos d’ água, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial e sinuosidade do curso d’ água (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Esse autor aborda alguns conceitos na análise hierárquica de bacias de drenagem, sendo que a rede fluvial ou rede de canais é o padrão inter-relacionado de drenagem, formado por um conjunto de rios em determinada área, a partir de qualquer número de fontes até o seu exutório. Confluência é o lugar onde dois canais se encontram; fonte ou nascente de um rio é o lugar onde o mesmo se inicia (nos mapas é representado pelo começo da linha azul). Segmento fluvial é o trecho do rio ou canal ao longo do qual a ordem que lhe é associada permanece constante. Rio base é o rio que recebe somente tributários de ordem mais baixa que a sua.

Segundo Christofolletti (1974), em um mesmo ambiente climático, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas na área estudada. Assim, nas mais impermeáveis, as condições para o escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. O contrário acontece com rochas de granulometria grossa. Em outras palavras, refere-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que pode ser influenciado em sua atividade morfogenética, pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade

e pela evolução geomorfológica da região. O padrão de drenagem corresponde ao conjunto de canais superficiais e via de escoamento interno, que possuem características variáveis quanto à densidade, à forma, à extensão e à direção, que, por sua vez, são fatores dependentes do material rochoso sobre o qual se encontra desenvolvida a rede de drenagem. A rede de drenagem pode estar submetida a controle estrutural e tipo de rocha, podendo, assim, revelar a atitude dos corpos rochosos, a disposição e o espaçamento dos planos de fraqueza, bem como o tipo de material exposto.

Em conformidade com Reckziegel e Robaina (2006), o estudo da altitude torna-se relevante na análise de diferentes elementos climáticos e de diferentes áreas de acumulação e erosão. Equivalente importância possui a amplitude na determinação das formas do relevo e na análise do mapa hipsométrico, sendo relevante na análise da energia do relevo, indicando condições mais propícias à dissecação para as áreas de maior altitude e de acumulação para as áreas de menor altitude.

## **2.2 Hidrologia**

O comportamento do fluxo das águas é uma das principais variáveis para os estudos ligados à dinâmica fluvial, sendo abordado por ciências como a geomorfologia, a engenharia de fluídos, a hidrologia, entre outras ciências. Com um volume maior escoado, ocorre um aumento das velocidades do fluxo e uma consequente elevação do nível da água. Dessa maneira, dinâmica e complexa, todas as outras variáveis também se alteram, buscando atingir novamente um estado de equilíbrio para todo o sistema.

Segundo Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia hidrográfica são de grande importância para o comportamento hidrológico. Isso porque há uma estreita correspondência entre esse comportamento e os elementos físicos, que constituem a mais conveniente possibilidade de se conhecer a variação, no espaço, dos elementos do regime hidrológico da área em estudo.

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de

drenagem, solo, tipo da cobertura vegetal e outros). Desse modo, as características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico que influencia a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial (TONELLO *et al.*, 2006)

A ocupação em bacia hidrográfica deve seguir um planejamento, para que o uso crescente da água e a ocupação em áreas de risco de inundação tragam consequência ao seu meio. A crescente tendência atual envolve o desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica, que considera o uso racional dos recursos com o mínimo de degradação e dano ao meio ambiente (TUCCI, 1997).

As características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficial e sub-superficial. Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico (LIMA, 1996).

A área da bacia hidrográfica possui influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, no entanto, atuam na taxa e no regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio. Muitas dessas características físicas da bacia hidrográfica, por sua vez, são, em grande parte, controladas ou influenciadas pela sua estrutura geológica (TONELLO *et al.*, 2006).

A água em seu estado líquido flui sobre a superfície sob a forma de riachos, córregos, ribeirões, rios e lagos. O conhecimento do volume escoado por unidade de tempo é a principal grandeza na caracterização do escoamento das águas, esse é expresso em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) ou litros por segundo (l/s) sendo essa denominada vazão (VILLELA; MATTOS, 1975).

Esse equilíbrio, que varia constantemente de uma bacia, reside no fato de ser um sistema aberto e ter limites bem definidos. A característica de sua dinâmica é observada por meio de uma contínua condição de ambiente. O seu funcionamento hidrológico é complexo e bastante estável, no sentido de suportar, adequadamente, perturbações naturais, quando em boas condições de cobertura florestal, sendo altamente vulnerável a perturbações, cujas alterações se refletem na qualidade e na quantidade da água (MAFFIA *et al.*, 2009).

A medição da vazão consiste na determinação da área da seção de medição e na medição em pontos distribuídos verticalmente, em faixas dentro da seção, de modo a determinar a velocidade média em cada faixa vertical. No procedimento adotado, conhecendo-se a área de cada faixa vertical e multiplicando-se o valor dessa área pela velocidade média verificada por meio do micromolinetete, obtêm-se as vazões das respectivas faixas verticais. O somatório dessas consiste na vazão total da seção transversal. Os seguintes autores: Boyer (1964), Villela e Mattos (1975), Linsley e Franzini, (1978), Paiva (1997), Wanielista *et al.*, (1998), Righetto (1998), Martins e Santos *et al.*, (2001) apresentam as mesmas expressões para o cálculo da velocidade média, em função da profundidade da vertical de medição.

Em linhas gerais, a variabilidade temporal das vazões tem como resultado visível a ocorrência de excessos hídricos nos períodos úmidos e a carência nos períodos secos, sendo essa aleatória com a ocorrência de anomalias, sem previsão de tempo e espaço (TUCCI, 1997).

De acordo com Guerra e Cunha (2003), fatores como a declividade do perfil longitudinal, volume, forma da seção transversal e rugosidade do leito influenciam, diretamente, a velocidade das águas. Quanto mais lisa for a calha do canal, maior será a eficiência do fluxo que pode ser obtida pelo raio hidráulico (produto da divisão entre a área da seção transversal pelo perímetro molhado), dessa forma, quanto maior o valor do raio hidráulico, mais lisa é a calha do rio e mais fácil se torna o escoamento.

### 2.3 Veredas

As veredas englobadas pelo cerrado são formações vegetais ribeirinhas, de proporcional importância em relação à área que ocupam, chamadas de “oásis do sertão”. As veredas agem como corredores ecológicos e são ambientes frágeis que sustentam boa parte da biodiversidade florística e faunística do cerrado (CASTRO, 1980).

Em geral, as veredas se associam às características da topografia de um talvegue plano e indicam condições particulares de permeabilidade do substrato rochoso, onde o lençol freático exsuda e solos hidromórficos, ricos em matéria orgânica, se desenvolvem (BOAVENTURA, 1988).

Vereda significa a capacidade do indivíduo de compreender o caminho necessário à sobrevivência dos ambientes do cerrado. A proteção dos mananciais e nascentes é importante para a manutenção da qualidade e da quantidade de um curso d'água para a preservação das nascentes dos cursos d'água, devendo evitar o desmatamento e as outras intervenções degradantes, que refletem, diretamente, na sobrevivência das veredas e na sua conceituação, ainda muito pouco estudadas (FERREIRA, 2007).

Muitas conceituações a respeito das veredas têm surgido, colocando esse ambiente como áreas de ocorrências da palmeira buriti (*Mauritia vinifera* ou *M. Flexuosa*). O ambiente de vereda é sinônimo da presença de buriti, sendo que as demais áreas brejosas, desprovidas de buritizais, não são consideradas subsistemas de vereda, mas apenas brejos e/ou alagadiços (FERREIRA *et al.*, 2009).

Ramos *et al.* (2006) sustentam que as veredas são de grande importância para o cerrado e que há poucas pesquisas sobre as mesmas citando autores como: Barbosa (1967), Boa Ventura (1978) e Lima (1996), que estudaram a formação e a evolução das veredas. Melo (1978) caracterizou as veredas no contexto geomorfológico. Melo (1992) também caracterizou aspectos morfológicos e evolutivos das veredas. Amaral (1999), Embrapa (1982), Ribeiro e Walter (1998) e Amaral (1999) caracterizaram a vegetação das veredas. Quanto aos solos, algumas descrições de perfis

foram realizadas por Epamig (1978), Couto *et al.* (1985) Corrêa (1989), e Amaral (1999).

Conforme Boaventura (1978), as veredas situadas sobre as superfícies tabulares, nas encostas e ao sopé de escarpas, desenvolvem-se geralmente em áreas de arenitos cretáceos. As veredas de depressão são menos frequentes e ocorrem sobre os sedimentos de cobertura coluvial do Quaternário ou sobre terraços aluviais recobertos por depósitos coluviais. Após estudos recentes na região dos Chapadões do Cerrado Goiano, Ferreira (2006) propõe uma nova classificação das veredas, segundo o posicionamento geomorfológico, acrescentando mais quatro modelos:

**Vereda de Superfície Tabular** - Veredas que se desenvolvem em áreas de planalto, originadas do extravasamento de lençóis aquíferos superficiais. Geralmente são as veredas mais antigas.

**Veredas de Encostas** - Em geral, são restos de antigas Veredas de Superfície Tabular e são, por conseguinte, mais jovens que essas, em área de desnível topográfico, com afloramento do aquífero superficial.

**Veredas de Terraço** - Veredas que se desenvolvem nas depressões, que se subdividem em Veredas de Superfície Aplainada e Veredas de Terraço Fluvial. Desenvolvem-se em áreas aplainadas com origem por extravasamento de lençóis d'água sub-superficiais.

**Veredas de Sopé** - Veredas que se desenvolvem no sopé de escarpas - originadas do extravasamento de lençóis profundos.

**Veredas de Enclave** - Veredas que se desenvolvem na forma de enclave entre suas elevações no terreno, em áreas movimentadas, originadas pelo afloramento/extravasamento dos lençóis profundos.

**Veredas de Patamar** - Veredas que se desenvolvem em Patamar - originadas do extravasamento de mais de um lençol d'água.

**Veredas de Cordão Linear** - Veredas que se desenvolvem às margens do curso d'água de médio porte, formando cordões lineares como vegetação ciliar em áreas sedimentares.

**Veredas de Vales Assimétricos** - Veredas que se desenvolvem em vales assimétricos, resultantes do afloramento do lençol d'água em áreas de contato litológico, responsável pela assimetria das vertentes.

Os quatro modelos geomorfológicos propostos por Boaventura (1978) são inseridos por Ferreira (2006), mais quatro modelos geomorfológicos, contabilizando atualmente um total de oitos. Assim, Ferreira (2006) admite que, diante do pequeno número de estudos sobre o ambiente de Vereda e dos inúmeros fatores próprios de cada região, ainda possa haver novos modelos para esse ambiente, sendo necessário um amplo estudo para melhor caracterizar e entender esse ambiente (FERREIRA, 2007).

## **2.4 Impactos ambientais**

Impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que, indiretamente, afetam o homem, o social, a biota e o meio ambiente (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 1986) <sup>1</sup>.

Impactos ambientais significam os impactos ou efeitos provocados pelas mudanças do meio ambiente nas circunstâncias que envolvem a vida dos seres humanos. Entretanto, adverte que aqui incluem - se os efeitos e transformações provocadas pelas ações humanas no ambiente físico e refletem nas condições ambientais que envolvem a vida humana. Os impactos ou efeitos somente da ação humana nas condições do meio natural, ou seja, nos ecossistemas e geossistemas, correspondem aos impactos antropogênicos (CHRISTOFOLETTI, 1974).

O conceito de impacto ambiental abrange apenas os desdobramentos resultantes da ação humana sobre o meio ambiente, não considera as repercussões advindas de fenômenos naturais que se processam de forma lenta, ou na forma de catástrofes naturais. Silva (1999) classifica os impactos

---

<sup>1</sup> <http://www.mma.gov.br/port/conama>

em diretos e indiretos, que consistem na alteração de determinados aspectos ambientais por ação humana; impacto de curto prazo, que ocorre normalmente logo após a realização da ação, podendo desaparecer em seguida; impacto a longo prazo, que se verifica depois de certo tempo da realização da ação.

A identificação das ações e os fatores que sofrerão impactos são necessários à compreensão da significância de cada impacto, que pode ser qualitativa ou quantitativa. A valoração é dada a partir dos dois atributos principais: a magnitude e a importância. A magnitude é a grandeza de um impacto em termos absolutos, podendo ser definida como a medida de alteração ou fator de parâmetro ambiental, e devendo ser considerado o grau de intensidade, a periodicidade e a amplitude temporal do impacto (ABDON, 2004).

Esse processo de apropriação e exploração ambiental carece de diagnósticos que contemplem as necessidades de se prevenir impactos ambientais, tanto para se evitar a degradação dos ambientes a serem explorados, proporcionando subsídios técnicos ao planejamento das ações mitigadoras. Tendo como base essa necessidade e buscando estabelecer parâmetros na exploração desses recursos, com especial atenção ao solo e à água, focaliza estudos sistêmicos que possibilitem um diagnóstico ambiental integrado do meio físico (CHUEH; SANTOS, 2005).

Guerra e Cunha (1994) argumentam que apenas se conhecendo como o problema da erosão dos solos se desencadeia, é que podem ser sugeridas técnicas eficazes de aumento da produtividade agrícola, sem causar impactos ao meio ambiente. Os autores sugerem a realização de projetos integrados, com a participação de especialistas de variados campos do saber, que poderiam identificar mais facilmente os fatores controladores e os processos básicos em diferentes escalas.

Os ambientes urbanos apropriam-se e utilizam-se dos recursos naturais do ambiente rural, seja para alimentação, fornecimento de água, minérios e outros. Com isso, o ambiente rural tende a sofrer degradações relacionadas a essas atividades, que a longo prazo também serão afetadas. Esse fato decorre da atual abordagem do manejo dos recursos ambientais

alocados na área rural, que tem apoiado no conceito tradicional de propriedade privada, no qual os recursos são utilizados apenas para o benefício de um indivíduo ou grupo de indivíduos, satisfazendo às condições de mercado (ODUM, 1982; PIRES; SANTOS, 1995).

Segundo Pires (1995), para prevenir os problemas ambientais, decorrentes do uso do solo, há a necessidade de criação de instrumentos de análise ambiental, voltados a determinar geograficamente os possíveis riscos dessas atividades sobre os componentes ambientais. A análise desses riscos envolve a identificação das possíveis causas e componentes a serem afetados em um contexto geográfico.

Com a intensificação do processo de uso e ocupação do solo, tem ocorrido a degradação do cerrado e do subsistema de vereda, além da devastação de áreas do seu entorno, alterando, completamente, a paisagem e os fluxos de energia entre os subsistemas, mas ainda não há estudos concretos sobre os efeitos dessas alterações. No entanto, empiricamente, observa-se um achatamento da base genética de vegetais e animais. Com a devastação das espécies vegetais, ocorre a alteração das paisagens do bioma cerrado (FERREIRA *et al.*, 2009).

### **3 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desta pesquisa foi realizar o estudo hídrico e ambiental, utilizando-se como instrumento o monitoramento quantitativo dos recursos hídricos na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, município de Bonito de Minas, Minas Gerais, visando a identificar a disponibilidade hídrica, o comportamento morfométrico da rede de drenagem e o levantamento dos impactos ambientais, promovidos pelas ações antrópicas, importantes para o planejamento, manejo e gestão de bacias hidrográficas.

## CAPÍTULO 2 - MORFOMETRIA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG

### RESUMO

O uso do método morfométrico no estudo das bacias hidrográficas constitui num meio complementar para explicar as interações da rede de drenagem que ocorrem entre todos os elementos da paisagem. A área de estudo possui 700,05 km<sup>2</sup> e está localizado na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, que tem características bem definidas, composta por uma rede de drenagem formada por veredas, inserida dentro da Área de Proteção Ambiental Estadual do rio Pandeiros. Destaca-se na região, por ser a maior Unidade de Conservação de uso sustentável de Minas Gerais, que busca a compatibilização da conservação com o uso sustentável dos recursos hídricos. Quanto aos métodos e material, foram utilizados: as cartas topográficas base da APA Pandeiros, na escala 1:100.000, *softwares* especializados, como AutoCAD Map 2.0, para a confecção de mapas temáticos da área da sub-bacia, onde foi possível o cálculo dos variados índices morfométricos, que são: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, área de drenagem, perímetro dentre outros. Esta pesquisa procurou identificar e interpretar, por meio de dados quantitativos, o comportamento da rede de drenagem também das microbacias compostas por veredas, cuja necessidade surgiu da falta de estudos referentes a essa região. Assim, os resultados dos parâmetros morfométricos evidenciaram que a sub-bacia hidrográfica em estudo possui forma alongada, possibilitando uma menor tendência a enchentes; a densidade de drenagem apresenta-se baixa, o que resulta em um menor escoamento superficial, ou seja, o terreno apresenta um bom grau de infiltração, demonstrando que a área de estudo apresenta uma baixa tendência a enchentes. Analisando as microbacias, todas apresentaram índice de densidade drenagem baixo e identificaram-se três propícias a enchentes, devido à sua geomorfologia, à declividade, à exposição do terreno e à declividade média do rio principal, o que indica um provável comportamento hidrológico da região e sugere a necessidade de um manejo específico para cada uma delas.

**Palavras-chave:** Análise ambiental. APA Pandeiros. Microbacias. Morfometria.

## CHAPTER 2 - HYDROGRAPHIC SUB-BASIN OF THE CATOLÉ RIVER, BONITO DE MINAS – MINAS GERAIS STATE

### ABSTRACT

The use of morphometric method in the study watershed is in a complementary way to explain the interactions of the drainage network that occur between all elements of the landscape. The study area has 700.05 km<sup>2</sup> and it is located in Sub-basin of Catolé River, which has features well defined, consisting of a drainage network formed in paths, inserted into the State Environmental Protection Area of the Pandeiros River. It highlights in the region, being the largest Conservation Unit sustainable use of Minas Gerais State, which seeks to reconcile of the conservation with sustainable use of water resources. Regarding to the methods and materials were used: the topographic maps of the APA Pandeiros, at 1:100,000 scale, specialized software such as AutoCAD Map 2.0, for the preparation of thematic maps of the area of sub-basin, where it was possible to calculate the various morphometrics indexes that are coefficient of compactness, shape factor, circularity index, drainage area, perimeter, among others. This study sought to identify and interpret, through the quantitative data, the behavior of the drainage network also watersheds composed of the paths whose need arose from the lack of Studies of this region. Thus, the results of the morphometric parameters showed that the hydrographic sub-basin study has elongated shape, allowing a lower tendency to flooding, the drainage density features to be low, resulting in less superficial flow, in other words, the ground features a good degree of infiltration, demonstrating that the study area presents a low tendency to flood. Analyzing the watersheds, all of them showed indexes for low drainage density and revealed three prone to flooding, due to its geomorphology, the slope, exposure of land and the average slope of the main river, which indicates a probable hydrological behavior of the region and suggests the need for specific management for each of them.

**Keywords:** Environmental analysis. APA Pandeiros. Watersheds. Morphometry.

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução de bacias hidrográficas, devido a processos físicos formou o que se entende hoje de modelagem da superfície terrestre. Isso ocorreu pelo carreamento de sedimentos, sendo transportados principalmente por um canal pluvial. A estruturação do relevo e o seu condicionamento foram modelados por estruturas geológicas constituintes. A fixação da vegetação estabilizou o relevo e moldou as planícies e vales denominados bacias hidrográficas.

Com entendimento da ação de causas e efeitos, as perturbações têm gerado consequências ambientais, mas meio aos problemas, surge o conceito de bacias hidrográficas, divisores naturais de um sistema dinâmico próprio, que, por meio dos seus divisores topográficos leva o fluxo da água a convergir em um único ponto, o exutório, desenvolvendo maneiras de amenizar os problemas, por meio do gerenciamento e manejo.

Os estudos de bacias hidrográficas têm diversas finalidades, principalmente em questões ambientais e no planejamento territorial. A averiguação de padrões morfométricos em bacia hidrográfica amplia o conhecimento, fornecendo dados numéricos que quantificam as informações e dados mais detalhados, subsidiando, de forma mais concreta, estudos ambientais, hidrológicos e de planejamento (BARBOSA; FURRIER, 2009).

A análise morfométrica de bacias hidrográficas foi inicialmente realizada, por meio de métodos analógicos, mensuração dos atributos em cartas topográficas e cálculo manual, com base nas leis de Horton e utilizando os parâmetros apresentados por Strahler (1952, 1957, 1958), Schumm (1956), Chorley (1971). Em especial, alguns estudos focados na análise morfométrica do relevo foram desenvolvidos em bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais (ALVES; CASTRO, 2003; CHEREM, 2009; CHRISTOFOLETTI, 1974; FELTRAN FILHO; LIMA, 2007; LANA *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2007; TONELLO *et al.*, 2006;).

Para realizar análise morfométrica, usam-se bacias individuais ou comparam-se duas ou mais bacias. Cada tipo de análise demanda um nível de detalhamento adequado à escala, sendo que a análise de bacias

individuais requer discussão mais detalhada sobre os resultados e a comparação dos parâmetros apresentados. São de extrema importância para o atual momento científico, já que, subsidiados por novas metodologias e métodos de obtenção e interpretação dos resultados, os estudos podem contribuir no entendimento do modelado escultural do relevo da bacia e contribuir metodologicamente para estudos futuros de maior escala de análise geográfica (CHEREM, 2008).

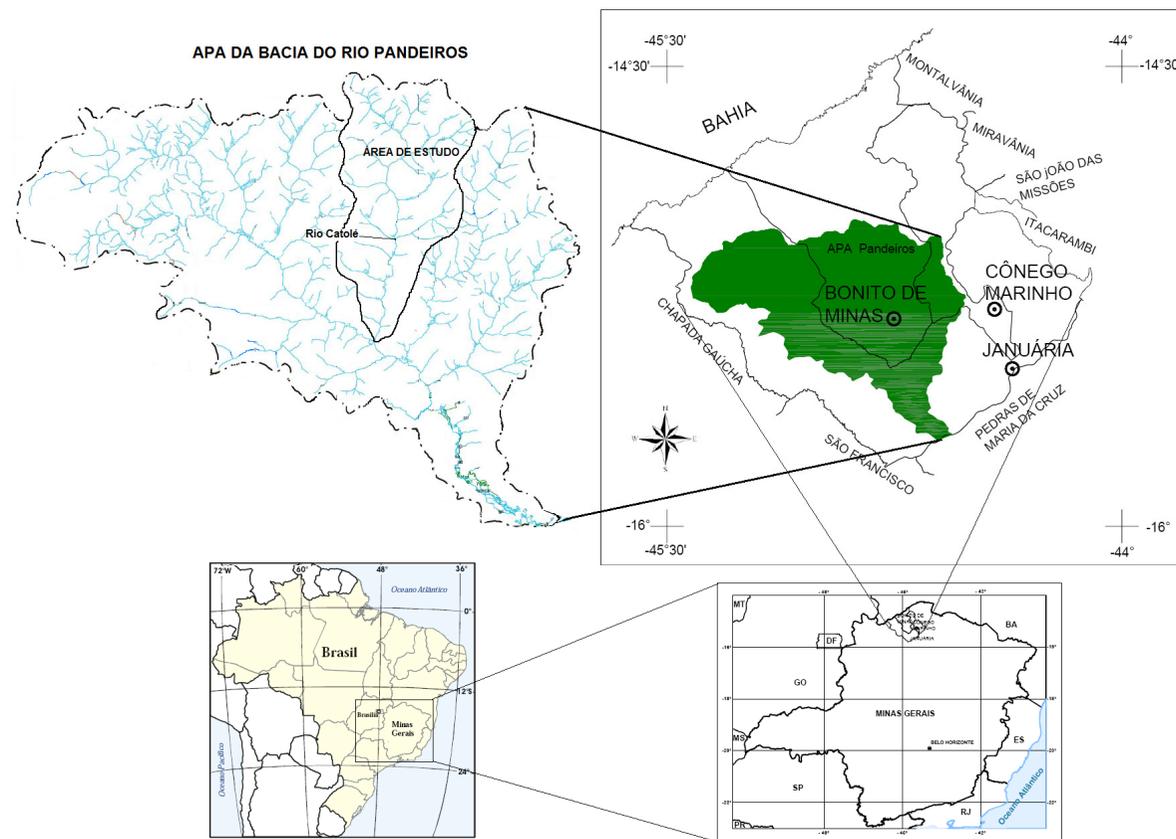
A área de estudo está inserida na Área de Proteção Ambiental Estadual do rio Pandeiros, com 393 mil hectares, na região norte de Minas Gerais. No passado, foi bastante explorada a vegetação nativa, com substituída por monoculturas. Isso provocou diversos problemas ambientais, evidenciados por diversas formas de processos erosivos, e não perenização de diversos córregos e veredas.

Nessa vertente, o objetivo desse trabalho foi fazer o levantamento das características físicas para combinação dos dados morfométricos na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé - SBHRC, município de Bonito de Minas-MG, a fim de verificar a sua aplicabilidade nesse tipo de sistema hídrico, formado por veredas e auxiliar na proposta de um manejo sustentável para o tipo de ambiente.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização e caracterização da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé**

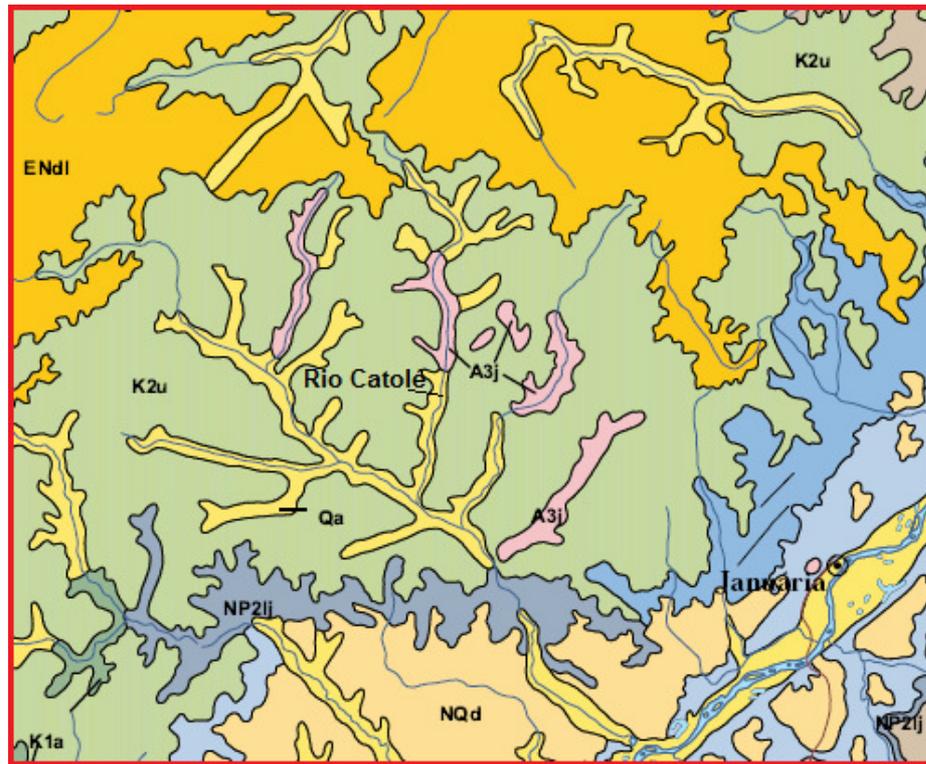
A área de estudo localiza-se no município de Bonito de Minas, na região norte do estado de Minas Gerais, localizada pela coordenada UTM MC: 45° W, zona 23 K Datum: SAD-69: 8230000, 521000 e é denominada de Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé (SBHRC). Essa é uma sub-bacia do rio Pandeiros, localizada na sua margem esquerda. O rio Pandeiros é afluente direto do rio São Francisco e insere-se na Área de Preservação Ambiental, denominada de APA Estadual da Bacia do rio Pandeiros (FIG. 1).



**FIGURA 1** - Localização do município de Bonito de Minas em relação ao estado de Minas Gerais e APA Estadual da Bacia do rio Pandeiros  
 Fonte: IGA, 2006

A região apresenta formações geológicas de origem metassedimentar do norte de Minas Gerais, destacando-se as formações do grupo Bambuí, Urucuia e Areado. O relevo é composto, na sua maior parte, por superfícies aplainadas da depressão periférica do São Francisco, cuja evolução está relacionada aos processos de desnudação, realizados pela drenagem do rio São Francisco sobre ardósia, metassiltitos e calcários (BETHONICO, 2009).

Na SBHRC encontra-se a seguinte formação geológica: **ENdl** (Cobertura detrito lateríticas), **K2u** (Grupo Urucuia, arenito conglomerado), **Qa** (Depósitos aluviais) e **A3j** (não classificado) (MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2003).



**FIGURA 2** - Recorte do mapa Geológico do Estado de Minas Gerais (2003), com a seguinte formação específica:

- a) **ENdl** (Cobertura detrito lateríticas),
- b) **K2u** (Grupo Urucuia, arenito conglomerado),
- c) **Qa** (Depósitos aluviais),
- d) **NP2.sl** (formação Sete Lagoas, calcário, colomito, metapelito),
- e) **NP2.bp** (subgrupo Paraopeba indiviso),
- f) **NP2.lj** (Formação Lagoa do Jacaré: calcário, siltito, marga),
- g) **NPd** (Coberturas detríticas, em parte colúvio-eluviais e, eventualmente, lateríticas),
- h) **A3j** (não classificado).

Segundo IGA (2006) destacam-se as "Unidades Planaltos do São Francisco", em que predominam as superfícies tabulares, delimitadas por rebordos erosivos, recobertas por vegetação de cerrado, entrecortadas por cabeceiras de drenagens pouco aprofundadas, conhecidas regionalmente como veredas. Nesse contexto, o rio Pandeiros é um dos principais afluentes do rio São Francisco.

A região onde está inserida a APA Estadual do rio Pandeiros é caracterizada pelas Unidades Geomorfológicas, denominadas Depressão São Franciscana e planaltos do São Francisco, orientados por fraturas e alargando-se, posteriormente, por processos de aplainamento. O relevo é cada vez mais aberto e levemente ondulado, à medida que o rio São Francisco avança para o norte de Minas Gerais (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS - IGA, 2006).

O clima característico da região é predominantemente seco, com um pequeno período chuvoso, nos meses de dezembro e janeiro. O índice pluviométrico anual oscila entre 750mm e 1.250mm com uma distribuição irregular. As precipitações aumentam a partir do rio São Francisco em direção sudoeste para a Serra das Araras. As temperaturas máximas variam de 24°C e 26°C no mês de novembro e as mínimas, no mês de junho, que variam entre 18°C e 22°C (BETHONICO, 2009).

De acordo com esse autor os solos da região são em sua maioria, com aptidão agrícola, voltada para culturas de ciclo curto, sendo que, em algumas partes, inaptos, considerando-se que, na área, há um sistema de manejo pouco desenvolvido ou um sistema de manejo desenvolvido sem irrigação. Nesses solos, a presença de matéria orgânica, restrita a áreas de veredas. Os tipos de solos existentes na área da SBHRC estão associados ao relevo e à vegetação, compondo um conjunto de elementos diretamente afetados pela ação humana. Os tipos de solos observados foram o latossolo vermelho e amarelo, solos hidromórficos nas veredas e areia quartzosa.

A vegetação predominante é o cerrado, com ocorrência de variações desse domínio morfoclimático em: Cerrado Denso, Cerrado Típico e Ralo,

Vereda e Floresta Decídua e Semidecídua (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF, 2006)<sup>2</sup>.

A SBHRC é composta pelos córregos da Vereda São Francisco, Vereda Seca, Vereda Palmeira, Vereda Capivara, Vereda da Porta, Vereda Ribeirão de Areia, Vereda Grande, Vereda Capivara, Vereda Catolé Pequeno, Vereda Grumichá, Vereda das Flores e vários outros córregos secundários sem denominações. São córregos visíveis pela característica das veredas, com os afluentes da margem esquerda muito mais extensos que os afluentes da margem direita.

## **2.2 Preparação da base de dados cartográficos e obtenção de mapas da SBHRC**

Esta pesquisa foi contemplada por uma estratégia de estudo, composta por etapas e procedimentos distintos conforme Alcântara e Amorim (2005), Tonello (2005) e Cherem (2008), adaptados: geração e preparação da base de dados, análise linear e areal da rede hidrográfica e a extração dos parâmetros morfométricos, que se refere aos índices e às relações ao longo do fluxo da rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica e microbacias.

Para montagem dos mapas da SBHRC e extração das medidas lineares e areal, foi utilizada a base cartográfica georreferenciada, que representa a APA Estadual da Bacia do rio Pandeiros, MG, junto ao Instituto de Geociências Aplicadas (IGA, 2006), em formato digital, escala 1:100.000, sob coordenadas em formato Universal Transverso de Mercator - UTM, datum de referência horizontal o SAD-69 e datum vertical o marégrafo de Imbituba-SC. O material tem como base a Lei 11.901, de 01/09/1995, que cria a APA. A partir daí, executou-se a digitalização/vetorização do material, utilizando o *software* Autocad Map 20002.0®. A sub-bacia foi delimitada com base nas cotas altimétricas de maior altitude e posteriormente, traçada toda rede hidrográfica. Outro procedimento tomado para a geração do sub-mapa de localização da área foi a aquisição da base cartográfica georreferenciada

---

<sup>2</sup> <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protetidas>

do Estado de Minas Gerais, em formato *shapifile* no Geominas (1996), a fim de sobrepor a base vetorizada da SBHRC sobre a representação da área dos municípios onde a mesma encontra-se inserida (Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho). As proporções das informações (escala, legenda e textos) foram configuradas com base nas orientações de Martinelli (2005).

A área de drenagem da sub-bacia hidrográfica foi subdividida em unidades menores para detalhamento e comportamento hídrico. As microbacias tributárias foram definidas por divisores internos, da mesma forma que o realizado para a sub-bacia principal, sendo escolhidas dez microbacias, por serem veredas, com córregos perenes pelo menos um período do ano e ter facilidade de acesso.

### **2.3 Análise morfométrica**

Nos estudos dos processos e suas interações quantitativas, foram utilizadas análises morfométricas por parâmetros de drenagem, abordados por trabalho de: Alves e Castro (2003), Feltran Filho e Lima (2007) e Antoneli e Thomaz (2007). Para mensurar a área das bacias de drenagem, foram utilizados o comprimento dos canais e os divisores de água presentes nos mapas confeccionados. Dos vários índices que intervêm nas medições planimétricas, foram usados os seguintes parâmetros: densidade drenagem (Dd); densidade hidrográfica (Dh); coeficiente de manutenção (Cm); coeficiente de compacidade (Kc); índice de sinuosidade (Is); índice de circularidade (Ic); fator de forma (Kf); relação de relevo (Rr). Esses parâmetros foram escolhidos, por serem calculados a partir de atributos da rede de drenagem. A partir da comparação desses índices gerados, é apresentada a compartimentação morfométrica da sub-bacia do rio Catolé e das dez microbacias.

O método de ordenamento dos canais utilizado para a classificação morfométrica da drenagem segue o padrão de Strahler (1952), que utiliza preceitos da hierarquização da rede de drenagem, estabelecida por Horton (1945), onde as nascentes são consideradas de primeira ordem e os canais subsequentes, de segunda ordem.

A etapa final corresponde à análise morfométrica das dez microbacias da SBHRC. Procedeu-se à mesma metodologia de aquisição das medidas da sub-bacia também para microbacias com análise individual da morfometria. Esses resultados geraram nove gráficos realizados no programa ECXEL® dos parâmetros morfométricos analisados, com relação às equações apresentadas.

Foram utilizados, ainda, como recursos metodológicos os índices dos autores: Schumm (1956); Freitas (1952); Horton (1945), Christofolletti (1974) e trabalhos de Villela e Mattos (1975), para a obtenção dos dados matemáticos (Equações), que retratam o estudo da rede de drenagem apresentadas no QUADRO 1.

QUADRO 1

Equações, definições e significados dos parâmetros morfométricos

ITEM	EQUAÇÃO	DEFINIÇÃO	SIGNIFICADO
Relação de relevo (Rr) m/km	$Rr = \frac{a}{L}$	<b>a:</b> amplitude altimétrica (m). <b>L:</b> comprimento da bacia ao longo do canal principal (km).	Estabelece a relação entre a altitude máxima da bacia, com o comprimento total da bacia ao longo do canal principal, indicando que, quanto mais elevado o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e a foz (*).
Densidade hidrográfica (Dh) canais/km <sup>2</sup>	$Dh = \frac{n}{A}$	<b>n:</b> número de canais. <b>A:</b> área total da bacia (km <sup>2</sup> ).	Expressa o número de canais existentes em cada quilômetro quadrado da bacia hidrográfica, indicando o potencial hídrico da região (**). Capacidade de gerar novos cursos d'água (***)).
Densidade de drenagem (Dd) km/km <sup>2</sup>	$Dd = \frac{C}{A}$	<b>C:</b> comprimento total dos canais (km). <b>A:</b> área total da bacia (km <sup>2</sup> ).	O escoamento superficial fornece a indicação da eficiência da drenagem da bacia. Esses índices podem variar de 0,5 km/km <sup>2</sup> , para bacia pobre, a 3,5 km/km <sup>2</sup> ou mais, para bacias bem drenadas (****).
Coefficiente de manutenção (Cm) m <sup>2</sup> /m	$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$	<b>Dd:</b> densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> ).	Fornece a área mínima necessária à manutenção de um metro de canal de escoamento (*).
Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{L^2}$	<b>A:</b> área total da bacia (km <sup>2</sup> ). <b>L:</b> comprimento bacia (km).	O fator de forma é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica (*).

Índice de sinuosidade ( <b>Is</b> )	$I_s = \frac{L}{Dv}$	<p><b>L:</b> comprimento do canal principal (km).  <b>Dv:</b> distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (km).</p>	<p>Is = 1,0 – o canal tende a ser retilíneo. Is &gt; 2,0 – canais tortuosos. Valores intermediários indicam formas transitórias, regulares e irregulares. A sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (***)</p>
Coeficiente de compacidade ( <b>Kc</b> )	$K_c = \frac{0,28P}{\sqrt{A}}$	<p><b>A:</b> Área da bacia.  <b>P;</b> Perímetro da bacia.</p>	<p>Coeficiente varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Bacia mais irregular, maior será o seu coeficiente de compacidade; e um coeficiente mínimo igual à unidade correspondente a uma bacia circular, se os demais fatores forem iguais, quanto mais próximo da unidade for de Kc, maior será a tendência a enchentes (****).</p>
Índice de circularidade ( <b>Ic</b> )	$I_c = \frac{Mc}{Ml}$	<p><b>Mc:</b> maior comprimento.  <b>Ml:</b> maior largura.</p>	<p>Ic = 0,51 - escoamento moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas. Ic &gt; 0,51- bacia circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas). Ic &lt; 0,51- bacia mais alongada, favorecendo o escoamento (*). Para índice igual à unidade (1), a bacia seria de forma circular.</p>

Fonte: ALVES; CASTRO, 2003

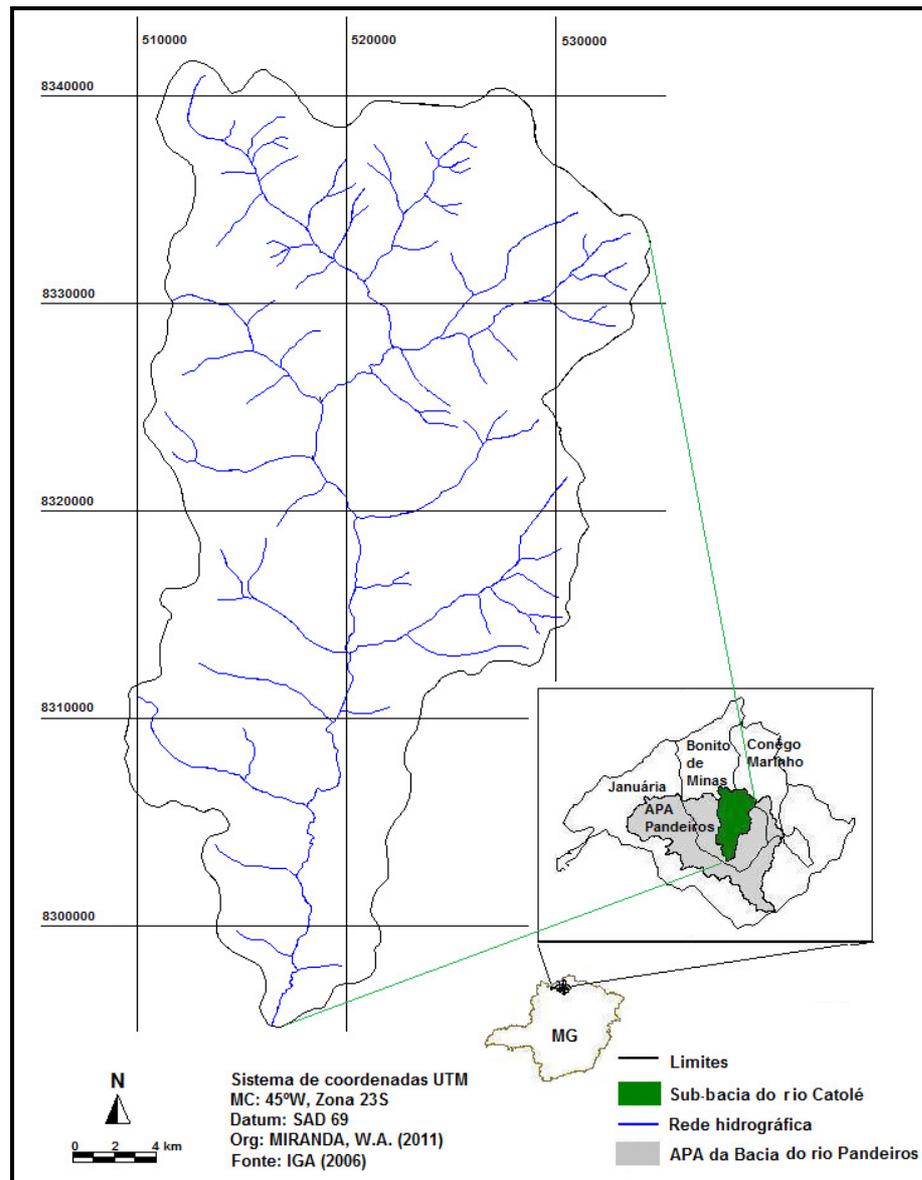
Nota: (\*) SCHUMM, 1956; (\*\*) FREITAS, 1952; (\*\*\*) HORTON, 1945; (\*\*\*\*) VILLELA; MATTOS, 1975, (\*\*\*\*\* CHRISTOFOLETTI, 1974.

### **3 RESULTADO E DISCUSSÃO**

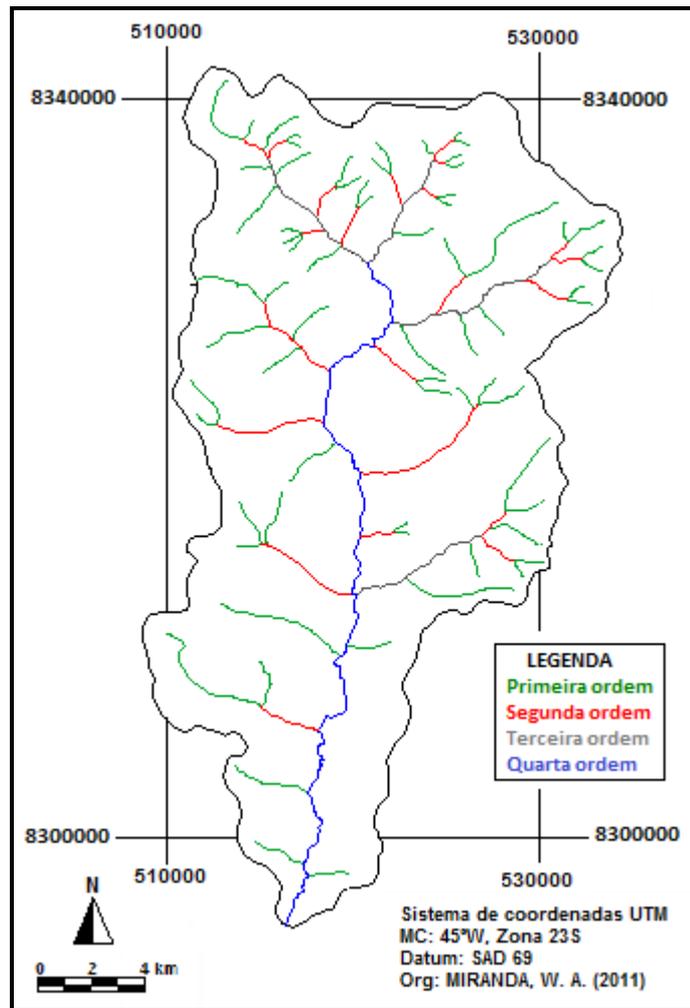
#### **3.1 Análise morfométrica da SBHRC**

Os resultados obtidos possibilitaram aprofundar os estudos de bacias hidrográficas, por meio do detalhamento elevado, com uso do processamento digital de imagens, que elucidou informações pertinentes aos comportamentos geomorfológicos e hídricos da área estudada.

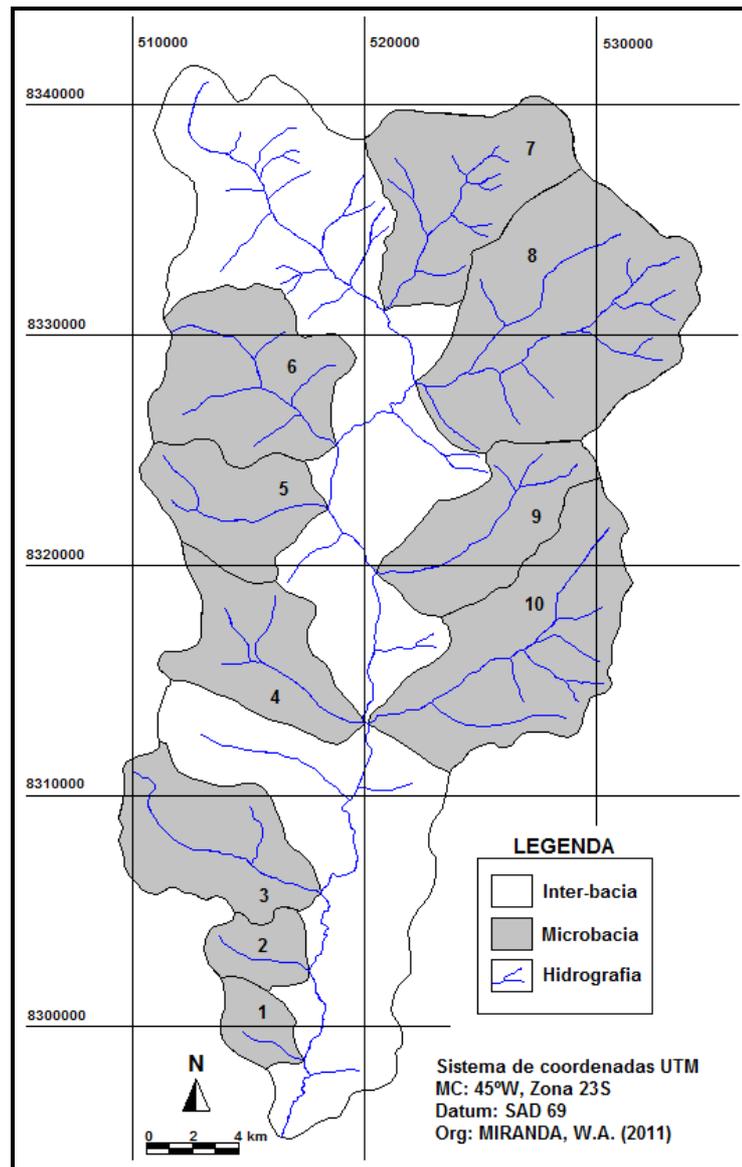
Com a metodologia utilizada e análise dos dados, permitiu-se a geração dos mapas da SBHRC, do ordenamento dos canais e da distribuição das microbacias com veredas (FIG. 3, 4, 5).



**FIGURA 3** - Mapa da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, município de Bonito de Minas - MG, rede hidrográfica e sua localização  
 Fonte: Adaptado de IGA, 2006.



**FIGURA 4** -Mapa de ordenamento dos canais da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, Bonito de Minas - MG, segundo a classificação de Strahler (1957)



**FIGURA 5** - Mapa da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé e as dez microbasins e numeradas em sequência:  
 1 - microbacia da Vereda São Francisco,  
 2 - microbacia da Vereda Seca,  
 3 - microbacia da Vereda Palmeira,  
 4 - microbacia da Vereda da Porta,  
 5 - microbacia da Vereda Ribeirão de Areia,  
 6 - microbacia da Vereda Grande,  
 7 - microbacia da Vereda das Flores,  
 8 - microbacia da Vereda Capivara,  
 9 - microbacia da Vereda Catolé Pequeno,  
 10 - microbacia da Vereda Grumichá.

Por meio dos mapas (FIG. 3, 4, 5), obteve-se a extração das medições linear e areal, apresentadas nas TAB. 1 e 3 das características físicas (item 1 a 14). Com o valor dessas medições calculadas pelas equações do QUADRO 1, obtiveram-se os resultados morfométricos (TAB. 1 e 3 - item 15 a 22).

**TABELA 1**

Resultados dos parâmetros morfométricos da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, Bonito de Minas-MG

<b>Características físicas e morfométricas</b>		<b>Sub-bacia Catolé</b>
<b>1</b>	Área total (km <sup>2</sup> )	<b>700,05</b>
<b>2</b>	Perímetro (km)	<b>138,67</b>
<b>3</b>	Maior comprimento vetorial (Km)	<b>46,67</b>
<b>4</b>	Maior largura vetorial (Km)	<b>31,09</b>
<b>5</b>	Distância vetorial rio principal (Km)	<b>45,91</b>
<b>6</b>	Altitude mínima (m)	<b>550</b>
<b>7</b>	Altitude média (m)	<b>683</b>
<b>8</b>	Altitude máxima (m)	<b>816</b>
<b>9</b>	Amplitude altimétrica (m)	<b>266</b>
<b>10</b>	Comprimento do canal principal (km)	<b>59,02</b>
<b>11</b>	Comprimento total dos canais (km)	<b>295,28</b>
<b>12</b>	Ordem dos cursos d'água	<b>4<sup>a</sup></b>
<b>13</b>	Área de círculo igual ao perímetro (km <sup>2</sup> )	<b>1.759,23</b>
<b>14</b>	Número de canais	<b>96</b>
<b>15</b>	(Dd) Densidade drenagem (km/km <sup>2</sup> )	<b>0,42</b>
<b>16</b>	(Dh) Densidade hidrográfica (canais/km <sup>2</sup> )	<b>0,137</b>
<b>17</b>	(Cm) Coeficiente de manutenção (km/km <sup>2</sup> )	<b>2370,80</b>
<b>18</b>	(Kc) Coeficiente de compacidade	<b>1,47</b>
<b>19</b>	(Ic) Índice de circularidade (km <sup>2</sup> )	<b>0,40</b>
<b>20</b>	(Is) Índice de sinuosidade	<b>1,29</b>
<b>21</b>	(Kf) Fator de forma	<b>0,32</b>
<b>22</b>	(Rr) Relação de relevo (m/km)	<b>5,7</b>

A partir dos dados obtidos com a hierarquização da SBHRC (FIG. 4) se chegou-se ao resultado de que a sub-bacia em questão apresenta grau de ramificação de quarta ordem, sendo classificada como pequena. Possui ao todo 96 canais, em uma área de 700,05 Km<sup>2</sup>.

A rede de drenagem da área de estudo apresenta a distribuição espacial dentrítica, de acordo com Guerra e Cunha (1995). Segundo Lima (1996), essa distribuição é típica de regiões onde predomina rocha de resistência uniforme.

A Dd teve 0,42 km/km<sup>2</sup> (TAB. 1), considerado baixo, o que associa a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação (LIMA, 2004). Esse fato comprova as poucas ramificações da rede drenagem e solos arenosos onde se encontram as veredas. O estudo de Tonello *et al.* (2006), na região do alto e médio rio Doce, obteve resultado 1,049 km/km<sup>2</sup>, considerando como boa drenagem na sub-bacia. Para a Bacia Hidrográfica do córrego dos Bois, no município de Montes Claros, Miranda (2008) encontrou valor de 0,50 km/km<sup>2</sup> para Dd e correlacionou o resultado ao substrato formado por rochas calcárias, que tem características bem permeáveis e fraturadas. Vittala *et al.* (2008), em estudo de sub-bacias no sul da China, encontrou valores de 1,55 a 2,16 km/km<sup>2</sup>, para sub-bacias de 45 a 75 km<sup>2</sup>, considerando baixo o resultado para as mesmas em região de rochas calcárias.

A SBHRC possui 96 canais, que, somados equivalem a 295,28 Km de extensão. Os canais de 1<sup>a</sup> ordem possuem 158,27 km, com 69 canais e correspondem a 71,88%. Os canais de 2<sup>a</sup> ordem somam 22, com 59,46 km, correspondendo a 22,92% da rede hidrográfica. Os quatro canais de 3<sup>a</sup> ordem obtiveram 33,13 km, com 4,17%. Os canais de 4<sup>a</sup> ordem possuem 1 canal, apresentando 44,42 km de extensão (TAB. 2). Tais resultados evidenciam que há um equilíbrio na relação entre os comprimentos médios dos canais de primeira e demais ordens. Há uma progressão geométrica direta no aumento dos comprimentos médios, conforme propõe a segunda lei hortoniana da composição da drenagem em que os comprimentos aumentam entre as ordens dos rios.

TABELA 2

Rede de drenagem da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé

Ordem dos rios	Número Canais	%	CTC km	Dd km/km <sup>2</sup>	Dh Canais/km <sup>2</sup>
1 <sup>a</sup>	69	71,88	158,27	0,23	0,098
2 <sup>a</sup>	22	22,92	59,46	0,08	0,031
3 <sup>a</sup>	4	4,17	33,13	0,05	0,005
4 <sup>a</sup>	1	1,04	44,42	0,06	0,001
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>100</b>	<b>295,28</b>	<b>0,42</b>	<b>0,137</b>

Nota: (CTC) comprimento total dos canais, (Dd) Densidade drenagem, (Dh) Densidade hidrográfica.

O resultado do índice de Dh foi de 0,137 canais por km<sup>2</sup> (TAB. 1). Esse índice é classificado como muito baixo e deixa claro que o escoamento superficial se processa de maneira pouco intensa e fraca tendência para a ocorrência de novos cursos d'água. Segundo Osvaldo Júnior e Rossete (2005)<sup>3</sup> valores em torno de 1,183 canais por km<sup>2</sup> podem ser considerados intermediários, comparados aos resultados de Lana *et al.* (2001); que apresentaram índice acima de 2,00 canais por km<sup>2</sup>, sendo que a bacia possui grande capacidade de gerar rios ou córregos.

Para Cm, o valor obtido, para uma área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento da sub-bacia, foi de 2.370,80 m<sup>2</sup>/m (TAB. 1), indicando que é pobre em cursos d'água, comprovados também em Dh.

Para o resultado da forma da bacia, obteve-se o valor do Kf de 0,32 (TAB. 1), apresentando o valor afastado da unidade (QUADRO 1), que constitui indicativo para menores possibilidades de enchentes. Assim, ela apresenta-se alongada e com menor tendência a enchentes.

Outro parâmetro morfométrico analisado, o Ic, apresentou o valor de 0,40 (TAB. 1). Portanto, isso comprova que a sub-bacia apresenta forma mais alongada, possibilitando um maior escoamento superficial, mas não muito sujeito a enchentes. Além disso, o Kc foi de 1,47 (TAB. 1), demonstrando que a área estudada apresenta maior tempo de concentração

<sup>3</sup> <http://revistas.jatai.ufg.br/>

de água da chuva e é menos sujeita a enchentes, reafirmando o resultado do Kf.

O Is foi de 1,29 (TAB. 1). Esse valor indica que o canal tende a ser mais retilíneo. Isso se deve às características físicas da sub-bacia, formada por veredas que apresentam uma formação bem definida na superfície e na sua estrutura geomorfológica. Boaventura (2007, p. 26), analisando a formação de veredas da região, afirmou: "as veredas são ambientes resultantes da combinação de aspectos físicos e bióticos, que pressupõe interações entre formações vegetais específicos, relevos, solos, rochas e condições climáticas e atuais".

A análise do relevo apresentou uma altitude de 816 metros, na porção norte da bacia; a menor foi de 550 metros, nas proximidades da foz do rio Catolé com rio Pandeiros, sendo a altitude média de 683 metros. Dessa forma, a amplitude altimétrica da área foi de 266 metros (TAB. 1). No estudo de Alves (2005) na Bacia Hidrográfica do córrego Zerede, a amplitude foi de 376 metros. Esse autor admite que os riscos de erosão aumentam, devido ao escoamento da água, o que deve ser levado em consideração no planejamento de uso de suas áreas, uma vez que exige cuidados especiais. Tonello *et al.* (2006) explicam que a altitude média influencia a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, influencia a evapotranspiração, a temperatura e a precipitação. As altitudes elevadas tendem a receber maior quantidade de precipitação, além da perda de água ser menor. Nessas regiões, a precipitação normalmente excede a evapotranspiração, ocasionando, dessa forma, um suprimento de água que mantém os aquíferos e as nascentes.

O resultado da Rr foi de 5,7 (TAB. 1), o que constitui uma sub-bacia de relevo suave, que aproximando-se do resultado de Osvaldo Júnior e Rossete (2005), os quais encontraram uma amplitude de 220 metros para Bacia Hidrográfica do ribeirão Cachoeira, com relevo suave a médio de declividade. A declividade média de uma bacia hidrográfica possui importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. A maior declividade conduzirá à maior velocidade de escoamento, conseqüentemente, menor quantidade de água armazenada no

solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação, sendo ampliada pela ausência da cobertura vegetal, solos expostos, intensidade de chuvas, dentre outros (ALVES, 2005; TONELLO, 2005).

### **3.2 Análise morfométrica das dez microbacias da SBHRC**

Para um estudo mais detalhado da SBHRC, com base nos seus divisores topográficos internos, a sub-bacia foi dividida em dez microbacias (FIG. 5), onde cada uma foi analisada individualmente. Os valores das características físicas e morfométricos estão apresentados na TAB. 3.

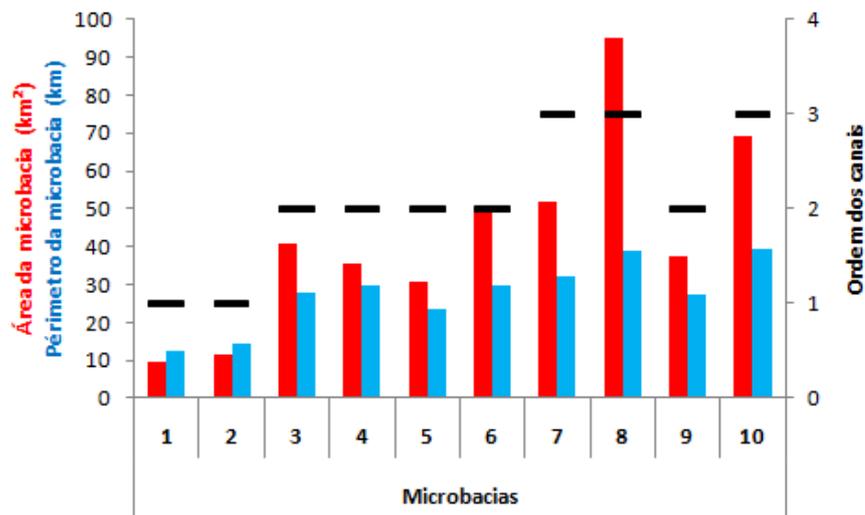
**TABELA 3**

Resultados dos parâmetros morfométricos das dez microbacias da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé

Características físicas e morfométricas	Microbacias									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Área total da microbacia (km <sup>2</sup> )	9,57	11,73	40,63	35,47	30,75	50,12	51,74	95,07	37,25	69,1
2 Perímetro da microbacia (km)	12,66	14,32	27,9	29,71	23,53	30	32,42	38,7	27,6	39,47
3 Comprimento vetorial da bacia (Km)	5,08	4,7	10,15	11,09	8,3	9,25	11,54	13,37	10,64	14,23
4 Largura vetorial da bacia (Km)	2,97	3,75	5,5	5,46	5,73	8,47	7,23	9,37	4,82	7,53
5 Distância vetorial canal principal (Km)	2,92	4,15	9,62	7,76	7,42	8,62	8,66	12,55	9,9	13,42
6 Altitude mínima (m)	560	570	580	611	620	623	645	640	617	611
7 Altitude média (m)	607,5	615	662	688	677,5	714	730,5	724,5	696	676
8 Altitude máxima (m)	655	660	744	765	735	805	816	809	775	741
9 Amplitude altimétrica (m)	95	90	164	154	115	182	171	169	158	130
10 Comprimento do rio principal (km)	3,01	4,36	10,9	8,39	8,86	9,67	9,45	13,66	10,69	14,52
11 Comprimento total dos canais (km)	3,01	4,36	13,65	12,84	10,12	20,33	23,98	44	13,94	32,98
12 Ordem dos rios	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
13 Área de círculo igual ao perímetro (km <sup>2</sup> )	21,21	18,56	83,43	100,50	55,64	73,57	106,04	150,69	89,55	182,42
14 Número de canais	1	1	3	4	3	6	15	16	4	10
15 (Dd) Densidade drenagem (km/km <sup>2</sup> )	0,31	0,37	0,34	0,36	0,33	0,41	0,46	0,46	0,37	0,48
16 (Dh) Densidade hidrográfica (canais/km <sup>2</sup> )	0,10	0,09	0,07	0,11	0,10	0,12	0,29	0,17	0,11	0,14
17 (Cm) Coeficiente de manutenção (m <sup>2</sup> /m)	3179,4	2690,4	2976,6	2764,6	3038,5	2464,1	2157,6	2160,7	2672,2	2095,2
18 (Kc) Coeficiente de compactidade	1,15	1,17	1,23	1,40	1,19	1,19	1,26	1,11	1,27	1,33
19 (Ic) Índice de circularidade	0,45	0,63	0,49	0,35	0,55	0,68	0,49	0,63	0,42	0,38
20 (Is) Índice de sinuosidade	1,03	1,05	1,13	1,08	1,19	1,12	1,09	1,09	1,08	1,08
21 (Kf) Fator de forma	0,37	0,53	0,39	0,29	0,45	0,59	0,39	0,53	0,33	0,34
22 (Rr) Relação de relevo (m/km)	18,70	19,15	16,16	13,89	13,86	19,68	14,82	12,64	14,85	9,14

De acordo com metodologia proposta, os dados da TAB. 3 geraram gráficos das dez microbacias, sendo avaliados os parâmetros morfométricos, na seguinte ordem: hierarquização, Dd, Dh, Cm, Kc, Ic, Is, Kf e Rr.

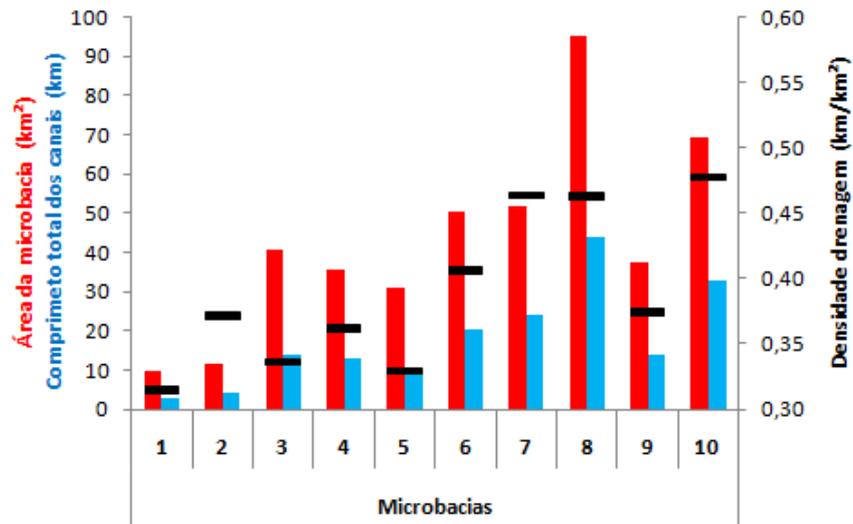
Os resultados obtidos com a hierarquização da rede drenagem (FIG. 4) mostram que as microbacias 7, 8 e 10 são de terceira ordem, ocupando áreas de maior extensão que variam entre 51,7 a 69,7 km<sup>2</sup> (GRAF. 1). Essa baixa ordem dos canais, além do tamanho da área, pode ser caracterizada pela formação geológica da região que pertence ao grupo Uruçua (arenito conglomerado), acompanhado do comportamento da sub-bacia, diferente da pesquisa de Tonello (2006), inserida em uma grande unidade geológica, caracterizada por rochas proterozóicas, que ocupam grande extensão da bacia do rio Doce, sua microbacia com área de apenas 6,9 km<sup>2</sup> e de terceira ordem.



**GRÁFICO 1** - Ordem dos rios, resultado da relação da área da microbacia (km<sup>2</sup>) e o perímetro (km)

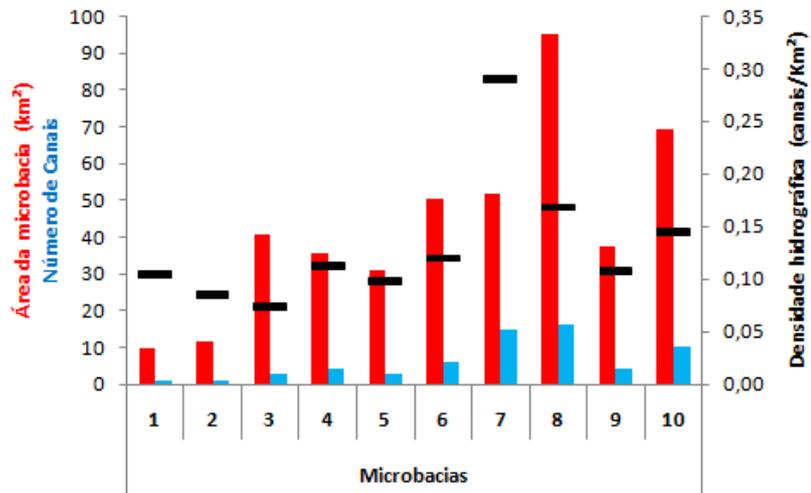
As microbacias analisadas tiveram resultados abaixo do índice para a Dd (QUADRO 1) caracterizado por baixa eficiência de drenagem confirmando o mesmo resultado para SBHRC, que teve resultado de 0,42 km/km<sup>2</sup>. Nesse caso, o surgimento das veredas pode estar correlacionado a essa baixa

capacidade de drenagem, o que favorece uma retenção maior das águas no subsolo (GRAF. 2).



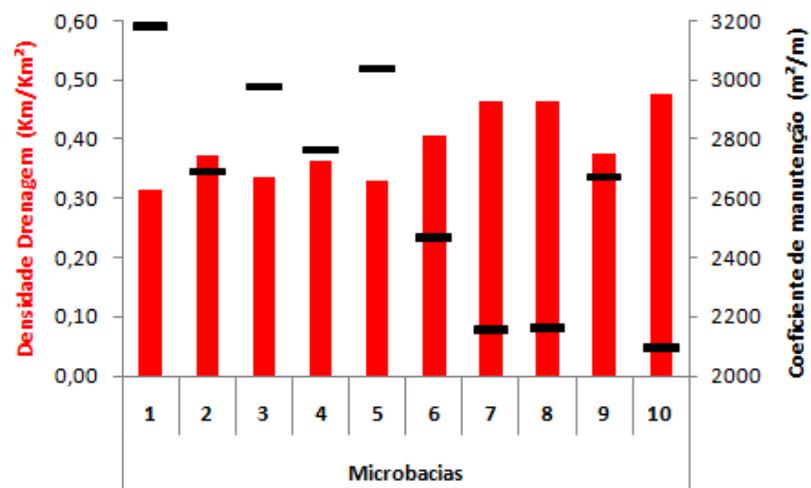
**GRÁFICO 2** - Densidade drenagem, resultado da relação da área da microbacia (km<sup>2</sup>) e o comprimento total dos canais (km)

A Dh mostra que há uma correlação entre as microbacias 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 9, que são de primeira e segunda ordem. Elas apresentaram uma diferença de 0,03 canais/km<sup>2</sup>. A microbacia 7 teve valor alto, por apresentar no conjunto relação de área e número de canais proporcionais, o mesmo ocorrendo com a microbacia 8, em que a área é desproporcional ao número de canais (GRAF. 3).



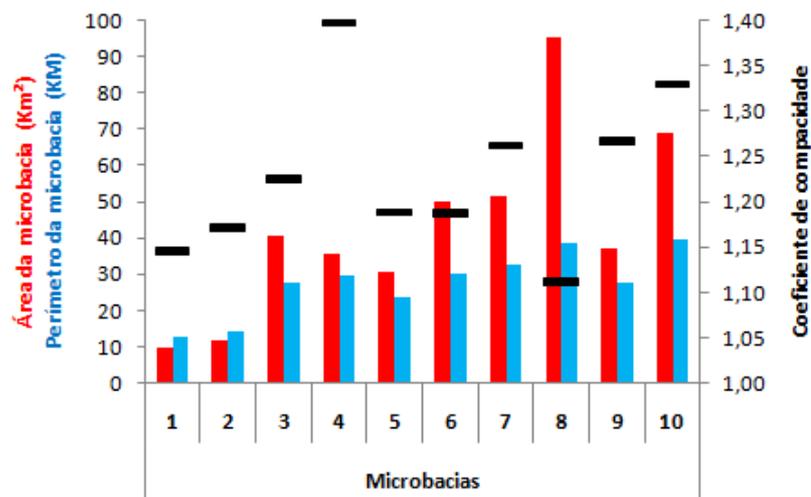
**GRÁFICO 3** - Densidade hidrográfica, resultado da relação da área total da microbacia (km<sup>2</sup>) e o número de canais

Analisando o resultado do Cm, a microbacia 1 apresentou maior índice devido à concordância ao valor de Dd baixo. Esse valor evidencia que é necessário uma área grande (3179,4 m<sup>2</sup>/m) para manter um metro de canal. Os valores das outras microbacias podem também ser considerados altos, pois ultrapassam valores acima de 2000 m<sup>2</sup>/m (GRAF. 4).



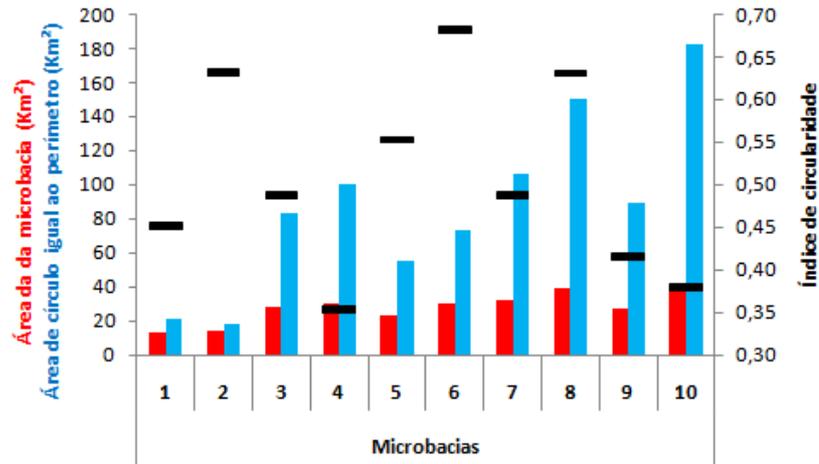
**GRÁFICO 4** - Coeficiente de manutenção, resultado da relação do valor um pela Densidade drenagem (km/km<sup>2</sup>)

As microbacias 1, 2, 5, 6 e 8 apresentaram índice de Kc próximo da unidade 1, tomando como referência de aproximação o valor de 1,20, indicando, assim, que são microbacias mais circulares, com tendências a cheias rápidas. Dessas a microbacia 8 apresentou valor de 1,11, sendo o mais próximo da unidade, considerando que terá, além de cheias rápidas, prováveis enchentes (GRAF. 5).



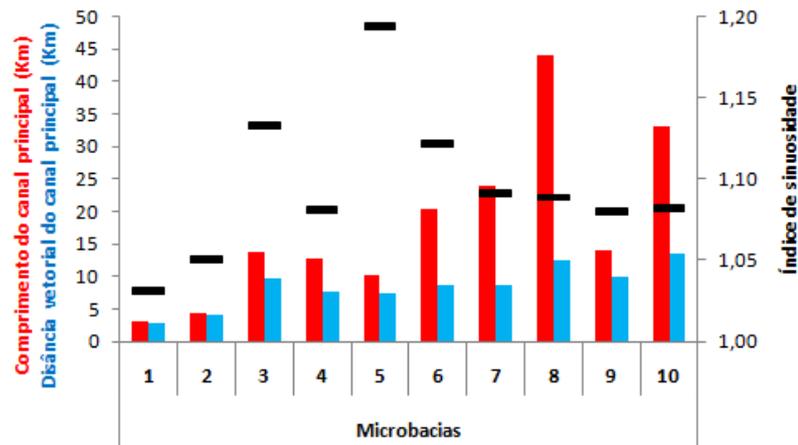
**GRÁFICO 5** - Coeficiente de compactidade, resultado da relação da área total da microbacia (km²) e o seu perímetro (km)

Para o resultado do Ic, as microbacias 2, 5, 6 e 8 obtiveram valores maiores que 0,51, sendo consideradas bacias mais circulares, favorecendo os processos de inundação, com tendências a cheias rápidas (GRAF. 6).



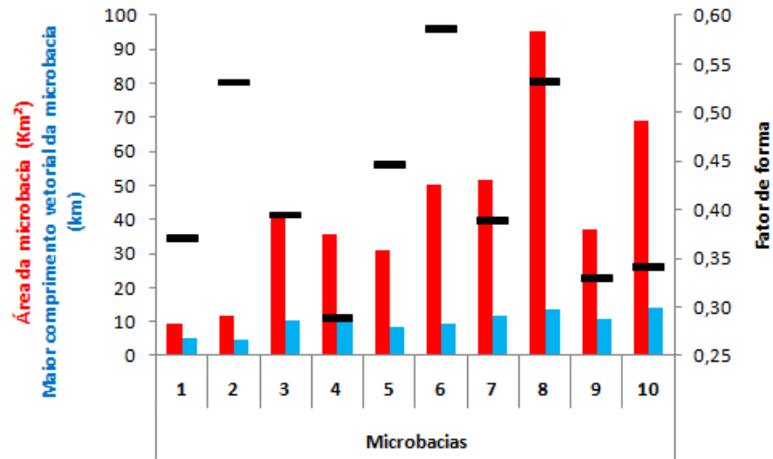
**GRÁFICO 6** - Índice de circularidade, resultado da relação da área de círculo igual ao perímetro (km<sup>2</sup>) e a área da microbacia (km<sup>2</sup>)

O Is para as microbacias apresentaram resultado acima de 1 e menor que 2 que demonstra que todos os canais apresentaram uma sinuosidade intermediária, mas com tendência de serem mais retilíneos (GRAF. 7).



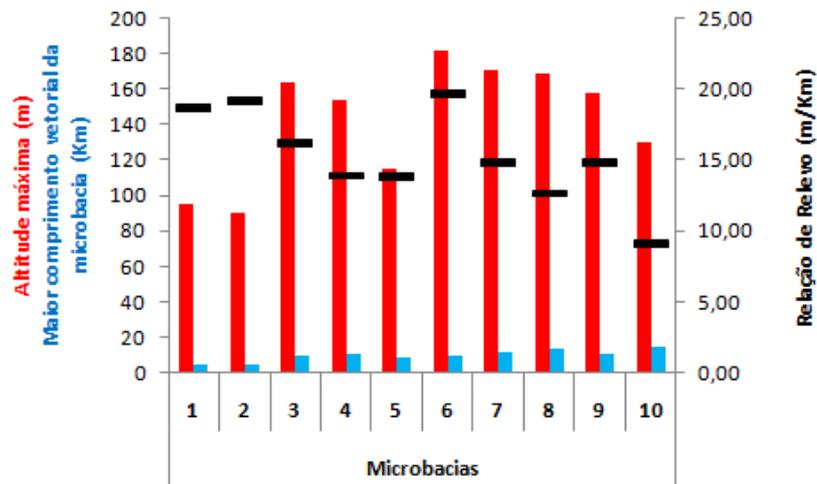
**GRÁFICO 7** - Índice de sinuosidade, resultado da relação do comprimento do canal principal (km) e a distancia vetorial do canal principal (km)

As microbacias 2, 6 e 8 apresentaram valores maiores que 0,50, reafirmando a condição do Ic, em que elas possuem formato semelhante ao de uma circunferência (GRAF. 8).



**GRÁFICO 8** - Fator de forma, resultado da relação da área total da microbacia (km<sup>2</sup>) e o comprimento vetorial da bacia (km)

A Rr das microbacias indica a declividade da bacia ao longo do rio principal. Nesse caso, a microbacia 10 apresentou o menor valor distância por escoamento, com valor de 9,14m/km e a maior foi a microbacia 6, com valor de 19,68m/km. Na sua maioria, o relevo das microbacias é semi-plano, ou seja, apresenta áreas de morros nas nascentes, com relevo irregular, o qual vai se abrandando até a foz, onde o relevo é plano (GRAF. 9).



**GRÁFICO 9** - Relação de relevo, resultado em relação da amplitude altimétrica da microbacia (m) e o comprimento vetorial da bacia (km)

Comparando os resultados Kf, Ic e Kc, que denotam um mesmo parâmetro, três microbacias se repetiram: 2, 6 e 8 com 100% de correspondência. A microbacia 5 se repetiu duas vezes e a microbacia 1, uma vez. Assim, as três microbacias que se repetiram têm provável tendência de enchentes, por meio dos resultados analisados. Villela e Mattos (1975) sustentam que a forma da bacia é determinada por índices, que se relacionam com formas geométricas conhecidas, Kf, Ic e Kc. A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Quanto maior o tempo de concentração, menor será a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características.

#### 4 CONCLUSÃO

Esta pesquisa identificou e interpretou, por meio de dados quantitativos, o comportamento da rede de drenagem, composta por veredas. Essa necessidade surgiu da falta de estudos referentes a essa área.

Os dados morfométricos permitiram distinguir comportamentos distintos na SBHRC, que enfatizaram as suas características físicas. As diferenças encontradas pela análise morfométrica refletem comportamentos distintos de material de origem e dinâmica da água superficial, quando comparados a outras bacias. Isso indica um provável comportamento hidrológico diferenciado, implicando na necessidade de realização de um planejamento, embasado no conhecimento científico dos recursos existentes na sub-bacia hidrográfica.

O padrão de drenagem da SBHRC caracteriza-se como dentrítico com baixo grau de ramificação hierárquica (quarta ordem). Os terrenos apresentam um bom grau de infiltração. A sub-bacia é alongada, sendo comprovado pelo  $I_c$ ,  $K_c$  e  $K_f$ . O rio principal tende a ser retilíneo, possibilitando um maior escoamento superficial, com uma menor tendência a enchentes. Isso denota um forte controle estrutural da drenagem, comprovado pelo  $I_s$ .

As microbacias tiveram resultados muito diferentes entre si e assemelham-se, devido ao seu tipo de classificação hierárquica. Essa análise individual de cada microbacia possibilitou identificar comportamentos distintos entre elas, comparando somente com análise da sub-bacia, o que torna de extrema importância a necessidade de um manejo específico diferenciado dentro da SBHRC, tomando precaução com as microbacias que tiveram tendências a cheias rápidas.

### **CAPÍTULO 3 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG**

#### **RESUMO**

A água é um bem de domínio público. É um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, que se deve assegurar à atual e às futuras gerações. Assim, o estudo físico de bacia hidrográfica é essencial para entender a variação da vazão, ao longo do tempo. As diversas atividades desenvolvidas em bacias hidrográficas, com alteração do uso e da ocupação do solo, interferem, diretamente, o regime temporal e espacial da vazão. A apreciação dos valores das medições de vazões que caracterizam uma região é uma das etapas mais importantes para o planejamento, o manejo e o aproveitamento dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. O objetivo deste estudo foi fazer o monitoramento da vazão em doze pontos, ao longo da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé (SBHRC), no município de Bonito de Minas-MG, para quantificar e avaliar a disponibilidade hídrica da rede de drenagem e a relação entre a vazão e a precipitação. Foi usado o método de medição "a vau", com uso de micromolinetes, no monitoramento de doze pontos, durante doze meses. Os resultados evidenciaram que a vazão média do rio Catolé foi de 2,819 m<sup>3</sup>/s e representa 36% da chuva. Por meio da análise de agrupamento, foi possível observar a formação de três grupos. A contribuição dos afluentes sobre a vazão da foz foi de 64,92% e o da foz (ponto 12) teve 35,08% sobre o total da vazão final, indicando uma representatividade satisfatória para microbacias. De acordo com os resultados, pode-se dizer que, por meio dos estudos do monitoramento da vazão, é possível antecipar acontecimentos e sugerir alternativas que conduzam a soluções para a gestão e o manejo, assim como reconhecer o potencial hídrico de uma determinada bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Vazão. Rio Catolé. Microbacias. Disponibilidade hídrica.

### CHAPTER 3 - WATER AVAILABILITY OF THE HYDROGRAPHIC SUB-BASIN OF THE CATOLÉ RIVER, BONITO DE MINAS – MINAS GERAIS STATE

#### ABSTRACT

The water is a public domain. It is a limited natural resource, endowed with economic value, which should ensure the current and future generations. Thus, the physical study of the watershed is essential to understand the variation of flow over time. The various activities developed in watersheds with change of use and the occupation of the soil interfere directly, the temporal and spatial arrangements of flow. The appreciation of the measured values of the flows that characterize a region is one of the most important steps for planning, management and utilization of water resources in river basins. The aim of this study was to monitor the flow in twelve points along the Hydrographic Sub-Basin of the Catolé river (SBHRC) in Bonito de Minas, in Minas Gerais State to quantify and assess the water availability of drainage network and the relationship between flow and precipitation. It was used the method of measuring "the ford", using micro reel in the monitoring of twelve points for twelve months. The results showed that the average flow of the Catolé River was 2.819 m<sup>3</sup>/s and 36% of the rain. Through cluster analysis it was possible to observe the formation of three groups. The contribution of the tributaries on the flow of the river mouth was 64.92% and of the mouth (point 12) had 35.08% of the total of the final flow, indicating a satisfactory representation for watersheds. According to the results, it may say that through the studies of the monitoring of the flow, it is possible to anticipate events and suggest alternatives that lead to solutions for the management and handling, as well as recognize the water potential of a given water basin.

**Keywords:** Flow. Catolé River. Watersheds. Water availability.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos brasileira, instituídos na Lei 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que, em casos de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais. Quanto aos objetivos, esse documento estabelece que se deve [...] "assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade da água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos".

O estudo de bacia hidrográfica, por meio do monitoramento da vazão de um curso de água, é importante para quantificar o volume de água em uma determinada rede de drenagem. Assim, as diversas atividades desenvolvidas em bacias hidrográficas com alteração do uso e ocupação do solo vêm interferindo, diretamente, no regime temporal e espacial da vazão e na qualidade da água. O monitoramento pode, então, fornecer e apresentar informações importantes sobre o equilíbrio da bacia em estudo (MAFFIA *et al.*, 2009).

Em relação à disponibilidade hídrica, a hidrologia é um dos estudos essenciais às análises e ao gerenciamento dos recursos hídricos. Um dos seus focos é quantificação das vazões, resultantes da chuva precipitada sobre uma bacia hidrográfica, ou seja, o processo de transformação de chuva em vazão. As diversas atividades desenvolvidas em bacias hidrográficas com alteração do uso e ocupação do solo interferem diretamente, o regime temporal e espacial da vazão. O seu monitoramento pode fornecer informações importantes sobre o equilíbrio de toda a rede drenagem (MAFFIA *et al.*, 2009).

A variação da vazão de água em um canal é influenciada por fatores geológicos, pluviométricos, topografia, tipo de vegetação e forma da bacia para o entendimento da variação da vazão, ao longo do tempo. Essa influência das chuvas na vazão de um canal, iniciada pela precipitação, parte é interceptada pela vegetação e parte se infiltra no solo, suprimindo a sua deficiência de umidade. Uma vez excedida a capacidade de infiltração, inicia-

se o escoamento superficial direto. A vazão, então, aumenta até atingir um máximo, quando toda a bacia estiver contribuindo. Terminada a precipitação, o escoamento superficial prossegue durante certo tempo e a curva de vazão vai diminuindo e retorna ao seu valor normal (VILLELA; MATOS, 1975).

No entanto, a falta de dados hidrológicos em pequenas bacias gera incertezas que podem afetar o gerenciamento dos recursos hídricos. Assim, os monitoramentos em bacias hidrográficas como um todo se tornam importantes, para o planejamento, o manejo e o aproveitamento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica específica (MELO; PAIXÃO, 2002), além de representarem um rápido intercâmbio com o meio, por meio de medições locais, que conduzirão a uma boa estimativa da disponibilidade hídrica (MORAES, 2007).

Portanto o objetivo desta pesquisa foi monitorar a vazão em doze pontos ao longo da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé (SBHRC), no município de Bonito de Minas-MG, para avaliar a disponibilidade hídrica da rede de drenagem e a relação entre a vazão e a precipitação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

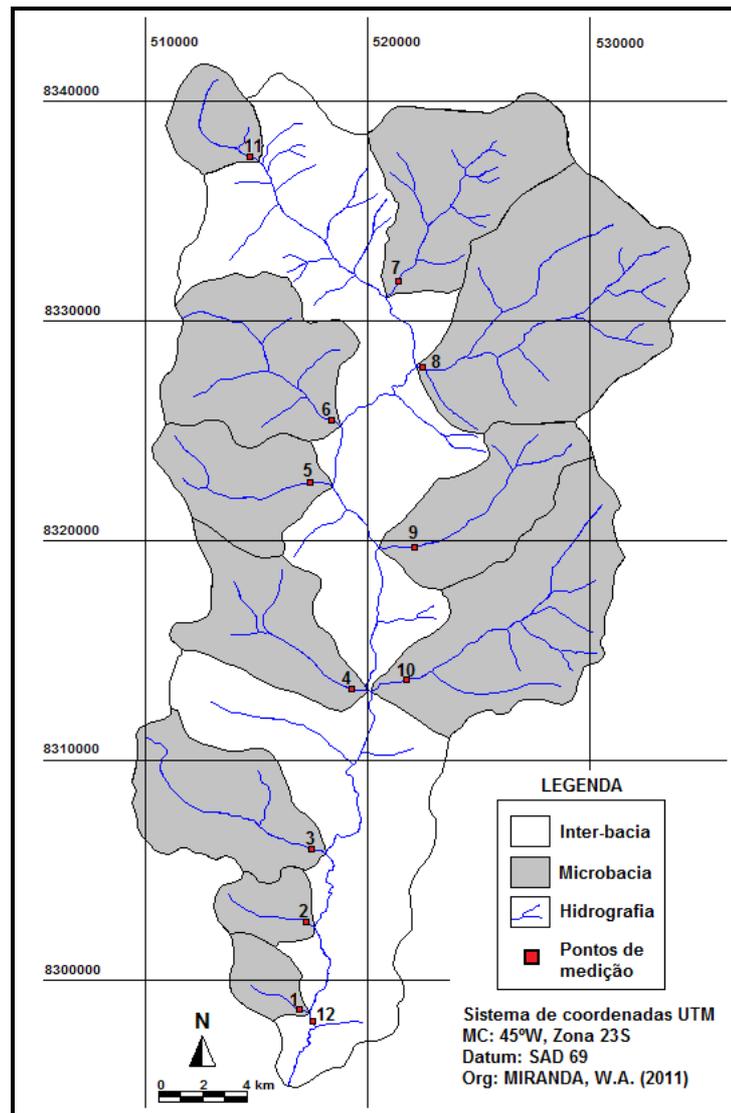
### 2.1 Pontos de monitoramento e localização

A escolha dos locais para monitoramento da vazão foi realizada em campo, tomando-se o cuidado de abranger toda a sua principal rede hidrográfica. A escolha dos locais foi determinada pelo acesso à rede de drenagem, onde se pudesse chegar com o veículo o mais próximo do exutório de cada afluente, abrangendo toda a SBHRC. Foram catalogados doze pontos onde, sendo que: 6 estão em afluentes da margem direita e 4, na margem esquerda, em córregos de veredas, 1, próximo da nascente do canal principal e 1, na foz (QUADRO 1, FIG. 1).

#### QUADRO 1

Pontos de monitoramento e suas coordenadas

Pontos	Local	Coordenadas UTM
1	Córrego da Vereda São Francisco	23L – 517055.35, 8298523.11
2	Córrego da Vereda Seca	23L – 516997.50, 8302710.77
3	Córrego da Vereda Palmeira	23L – 517676.55, 8305827.32
4	Córrego da Vereda da Porta	23L – 518874.07, 8313251.63
5	Córrego da Vereda Ribeirão de Areia	23L – 517859.27, 8322691.07
6	Córrego da Vereda Grande	23L – 516311.68, 8327181.21
7	Córrego da Vereda das Flores	23L – 520980.18, 8331204.89
8	Córrego da Vereda Capivara	23L – 522445.21, 8327801.61
9	Córrego da Vereda Catolé Pequeno	23L – 522209.52, 8319787.12
10	Córrego da Vereda Grumichá	23L – 523701.35, 8314557.10
11	Rio Catolé (nascente)	23L – 515503.30, 8336205.85
12	Rio Catolé (foz)	23L – 517270.39, 8297191.77



**FIGURA 1** - Mapa da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé e os locais dos pontos de monitoramento de vazão:  
**P1** - Córrego da vereda São Francisco,  
**P2** - Córrego da Vereda Seca,  
**P3** - Córrego da Vereda Palmeira,  
**P4** - Córrego da Vereda da Porta,  
**P5** - Córrego da Vereda Ribeirão de Areia,  
**P6** - Córrego da Vereda Grande,  
**P7** - Córrego da Vereda das Flores,  
**P8** - Córrego da Vereda Capivara,  
**P9** - Córrego da Vereda Catolé Pequeno,  
**P10** - Córrego da Vereda Grumichá,  
**P11** - Rio Catolé próximo da nascente e  
**P12** - Rio Catolé na foz.

## 2.2 A medição

Foram medidas as vazões na foz e na nascente do rio principal (rio Catolé) e na foz de cada microbacia de primeira, segunda e terceira ordem, totalizando-se 12 pontos de monitoramentos na SBHRC, no período de julho de 2009 a junho de 2010, nas épocas seca e chuvosa.

Utilizou-se o método "área-velocidade", por meio de medições da seção transversal molhada e da velocidade média da água com molinete (TUCCI, 1993), sendo uma técnica de medição direta convencional (medição a vau), que consiste no uso do molinete higrométrico, fixado em uma haste e o operador ficando de pé na água ao seu lado.

Para o cálculo da vazão, mediu-se a área do perfil transversal do rio ou córrego nos pontos pré-determinados. Para que a medição do perfil do rio se aproximasse da realidade do canal, foi medida em campo a largura do canal no ponto determinado, com uso de trena e régua de medição. Em seguida, foram medidas as profundidades da margem esquerda para a direita, em intervalos que variaram entre 0,10 a 0,30 metros, dependendo da largura e profundidade do mesmo e que pudessem determinar, com exatidão, o perfil de fundo daquele ponto (para medição do perfil: largura e profundidade) do canal do rio e/ou córregos (largura e profundidade). Foram utilizadas trenas de diferentes comprimentos.

Com as seções determinadas executou-se a medição de forma direta da velocidade, utilizando-se o molinete hidrométrico ou correntômetro de hélice, da marca HIDROMEC HC-01. A velocidade da água foi determinada por uma equação empírica, "equação do molinete", descrita por Gurley (1994)<sup>4</sup>:

$$V = a.N + b$$

Onde: **V** = Velocidade em metros por segundo; **N** = número de rotações por segundo; **(a)** e **(b)** = são fornecidos pelo fabricante.

---

<sup>4</sup> [http://www.gurley.com/Encoders/representation\\_USA.htm](http://www.gurley.com/Encoders/representation_USA.htm)

As medições com aparelho foram realizadas, começando-se da margem esquerda para direita submergindo o aparelho a 20%, 80% e/ou 60% de profundidade e fazendo três leituras no tempo de 20 segundos e posteriormente, submergindo novamente na seção seguinte. Devido ao leito do córrego apresentar-se bastante diversificado (areais no fundo, largura, profundidade e no fluxo da água), o número de seções por perfil transversal foi aumentado, de forma que as tomadas com molinete fossem o mais representativo, tentando diminuir o erro amostral e adequando a resposta de cada ponto, conforme a sua necessidade.

Para o cálculo da área da seção transversal foi usado o *software* Autocad Map 2.0®. Após as medições em campo da altura e profundidade de cada perfil, foi determinada a área em m<sup>2</sup>.

A partir da obtenção dos dados da área do perfil transversal e da velocidade média para cada um dos 12 pontos de coleta, foi possível realizar o cálculo da vazão proposto por Tucci (1993).

$$Q = A.V$$

Onde: **Q** é a vazão; **A** é a área do perfil transversal do canal e; **V** é a velocidade. \*A resposta é dado em m<sup>3</sup>/seg. ou multiplicando-se por 1000, tem-se a vazão em litros/seg.

### 2.3 Precipitação

Para se determinar as precipitações médias mensais na sub-bacia, foram selecionados três postos que se encontravam próximos à região de estudo. Foram utilizados dois postos de uso particular e um posto de empresa privada, levando-se em consideração a localização do posto, a quantidade e a qualidade dos dados disponíveis.

Foram tomadas como base para os dados de precipitação duas estações pluviométricas que se inserem no entorno do perímetro da SBHRC. A primeira estação pluviométrica fica no posto da COPASA MG - DRTM/ SPAM/ DVHDCOPASA MG – Sistema de controle climatológico na cidade de Bonito de Minas-MG, nas coordenadas geográficas UTM 23L 525917,

8306051 e a segunda e terceira ficam próximas ao perímetro oeste e sul da sub-bacia.

Por meio dos dados das médias mensais dos postos, criou-se gráfico de valores em milímetros de precipitação e de vazão em  $\text{m}^3/\text{s}$  dos pontos monitorados de toda a sub-bacia, gerando gráficos individuais da vazão e precipitação de cada mês no período de um ano.

## **2.4 Análises de agrupamento**

O agrupamento dos 11 pontos de monitoramento observados em grupos homogêneos foi realizado por meio do método de ligação completa, sendo que a distância Euclidiana Simples foi usada como função de agrupamento para medir a similaridade entre os mesmos.

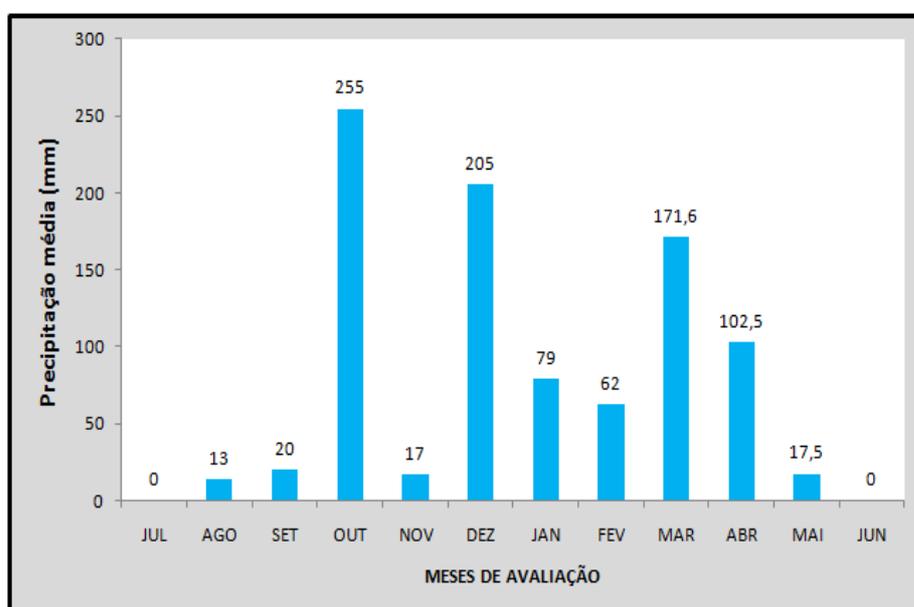
Os valores obtidos no monitoramento das vazões foram submetidos à análise de agrupamento, usando-se o *software* Fitopac®. Foram usadas técnicas hierárquicas para valores referentes aos valores mensais de vazão em  $\text{m}^3/\text{s}$ .

A partir de então, desenvolveu-se o processo de classificação por agrupamento da SBHRC, processo este que se baseia na identificação dos elementos que estão mais próximos entre si. Dessa forma, a partir do momento em que se trabalha com distâncias ou valores de similaridade os elementos mais próximos serão aqueles que apresentarem o menor valor, enquanto que, na condição de aplicar-se a correlação, os mais próximos serão identificados pelos maiores valores. Desse resultado, foi gerado gráfico do agrupamento estabelecido.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Dados de precipitação

Com os dados de precipitação, pôde-se considerar como período seco, do mês de julho a setembro de 2009 e do mês de abril a junho de 2010. O período chuvoso considerado na região é de outubro de 2009 a março de 2010, registrando média anual de pluviometria na região de 942,6 mm. O período chuvoso totalizou índice de 789,6 mm e o período seco de 153 mm. O mês de outubro se caracterizou como o mais chuvoso. Os meses de julho e junho foram considerados os mais secos, com diferença pronunciada de 255 mm referente à média mensal desses meses (GRAF. 1).



**GRÁFICO 1** - Série mensal da precipitação para Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, gerada a partir da média de 3 postos pluviométricos no período de julho de 2009 a junho de 2010

No período de um ano analisado, apenas dois meses não registraram precipitação. Essa característica não corresponde à existência de um padrão de sazonalidade nas precipitações da região, por apresentar períodos de alta e baixa pluviometria. As chuvas começaram em agosto/2009, com picos em

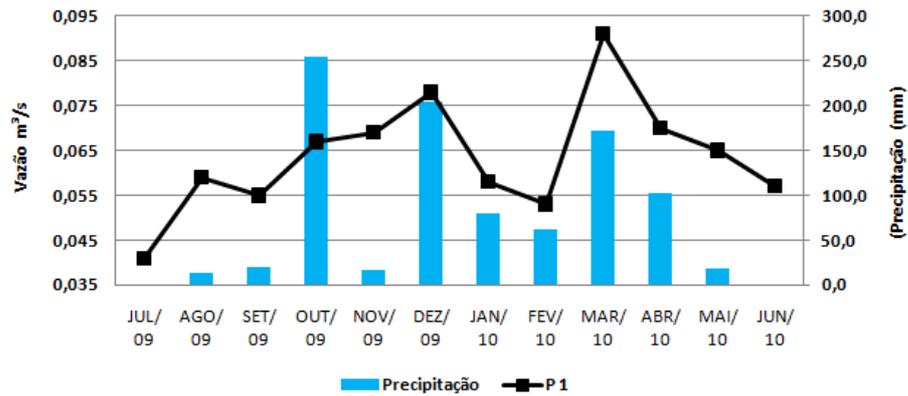
outubro/2009, dezembro/2009 e março/2010 isso reflete, diretamente, a vazão na sub-bacia. Segundo IGA (2006), as precipitações médias anuais registradas na estação meteorológica do município de Januária, região próxima (45 km) ao local de estudo, situam-se em torno de 1.057,4mm, em que o período mais chuvoso corresponde aos meses de outubro a março, sendo o mês de dezembro com o maior índice pluviométrico registrado, 238,9mm. O período mais seco na SBHRC corresponde aos meses de abril a setembro e o menos chuvoso em Januária foi em julho, com 3,1mm.

### **3.2 Pontos de monitoramento**

Em seguida serão apresentados os resultados das vazões por ponto de monitorado, dispostos em gráficos individuais de vazão com precipitação.

#### **PONTO 1 - Córrego da Vereda São Francisco**

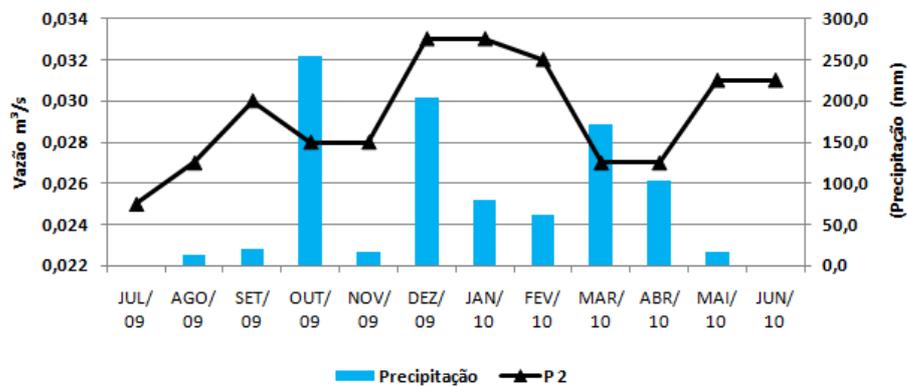
O monitoramento da vazão no ponto 1 registrou média anual de 0,063 m<sup>3</sup>/s, o que corresponde que a variação da vazão em relação à precipitação foi baixo. O maior pico de vazão foi registrado no mês de março, com 0,095 m<sup>3</sup>/s e a menor, com 0,041 m<sup>3</sup>/s uma diferença de 0,054 m<sup>3</sup>/s (GRAF. 2). A vazão na microbacia apresenta uma resposta equilibrada, acompanhando a variação da precipitação na região.



**GRÁFICO 2** - Vazão mensal no ponto de medição 1 (Córrego da Vereda São Francisco) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### PONTO 2 - Córrego da Vereda Seca

A média da vazão do ponto de monitoramento 2 foi de 0,029 m³/s. A vazão mínima foi de 0,025 m³/s, no mês de julho e a máxima, de 0,033 m³/s, no mês de dezembro e janeiro, com diferença de 0,008 m³/s. Isso implica em uma estabilidade da vazão na microbacia, não sendo afetada pela estiagem, mantendo, assim, uma vazão constante anual (GRAF. 3).



**GRÁFICO 3** - Vazão mensal no ponto de medição 2 (Córrego da Vereda Seca) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### PONTO 3 - Córrego da Vereda Palmeira

No ponto 3, a média da vazão foi de 0,181 m<sup>3</sup>/s. A vazão mínima foi de 0,150 m<sup>3</sup>/s, no mês de setembro e a máxima, de 0,207 m<sup>3</sup>/s, no mês de dezembro, com diferença de 0,057 m<sup>3</sup>/s. Isso indica um acentuado aumento da vazão após a precipitação, com queda gradativa da vazão entre os meses de dezembro/2009 até junho/2009 (GRAF. 4).

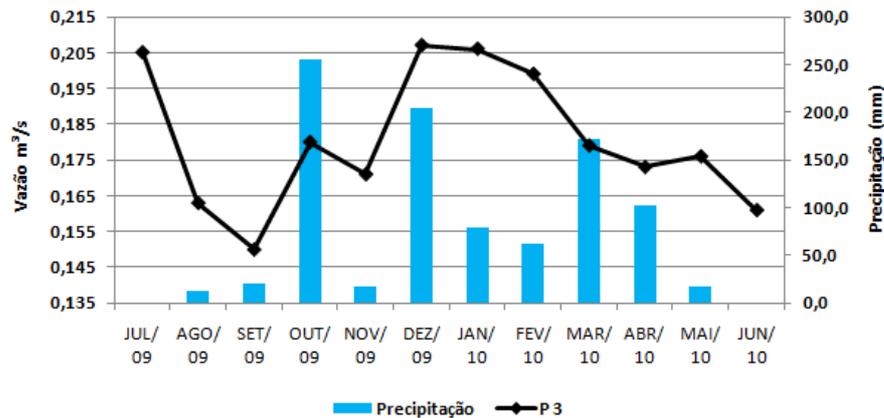
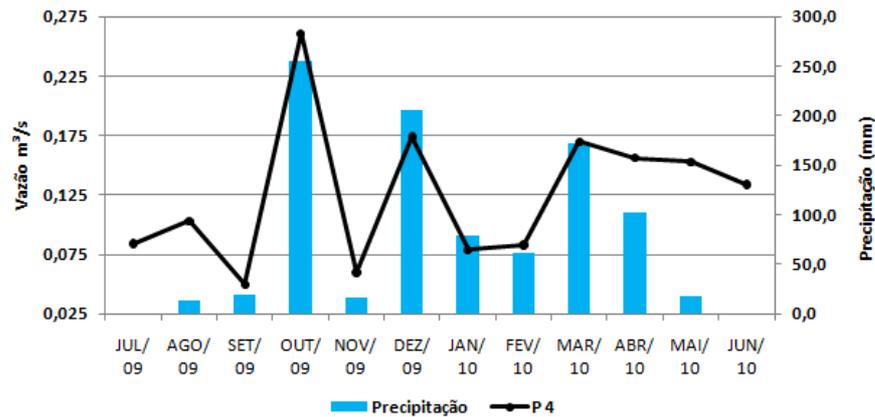


GRÁFICO 4 - Vazão mensal no ponto de medição 3 (Córrego da Vereda Palmeira) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### PONTO 4 - Córrego da Vereda da Porta

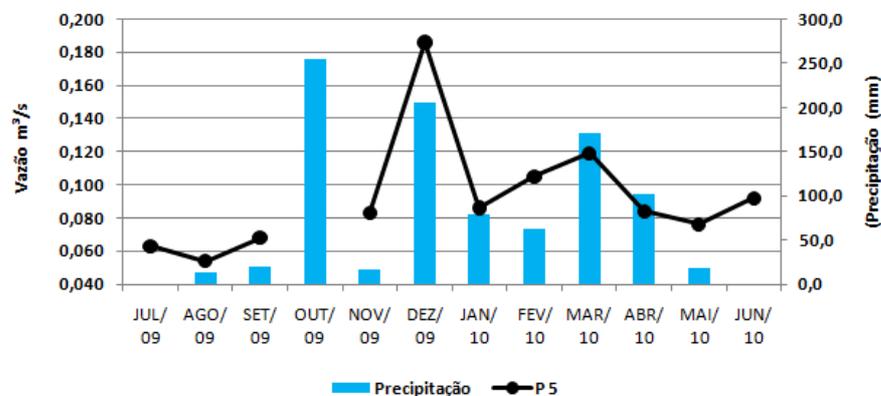
No ponto 4, a média da vazão foi de 0,129 m<sup>3</sup>/s. A vazão mínima foi de 0,050 m<sup>3</sup>/s, no mês de setembro e a máxima, de 0,261 m<sup>3</sup>/s, no mês de outubro, com diferença de 0,211 m<sup>3</sup>/s. O comportamento da vazão acompanha os picos de precipitação, indicando um retorno temporal imediato no escoamento superficial e sub-superficial (GRAF. 5).



**GRÁFICO 5** – Vazão mensal no ponto de medição 4 (Córrego da Vereda da Porta) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### PONTO 5 - Córrego da Vereda Ribeirão de Areia

No ponto 5, a média da vazão foi de  $0,085 \text{ m}^3/\text{s}$ , a vazão mínima foi de  $0,054 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de agosto e a máxima, de  $0,186 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de dezembro, com diferença de  $0,132 \text{ m}^3/\text{s}$ . A microbacia possui a mesma característica da microbacia do ponto 4, com resposta direta aos picos de precipitação. No mês de outubro, não foram coletados os dados de vazão, devido à intensa chuva na época de medição da vazão (GRAF. 6).

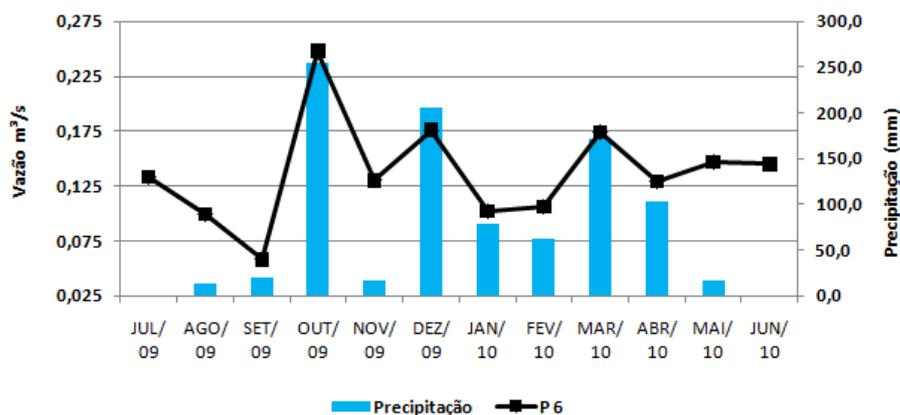


**GRÁFICO 6** - Vazão mensal no ponto de medição 5 (Córrego da Vereda Ribeirão de Areia) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

**Nota:** Os dados de vazão de outubro de 2009 não foram coletados

### PONTO 6 - Córrego da Vereda Grande

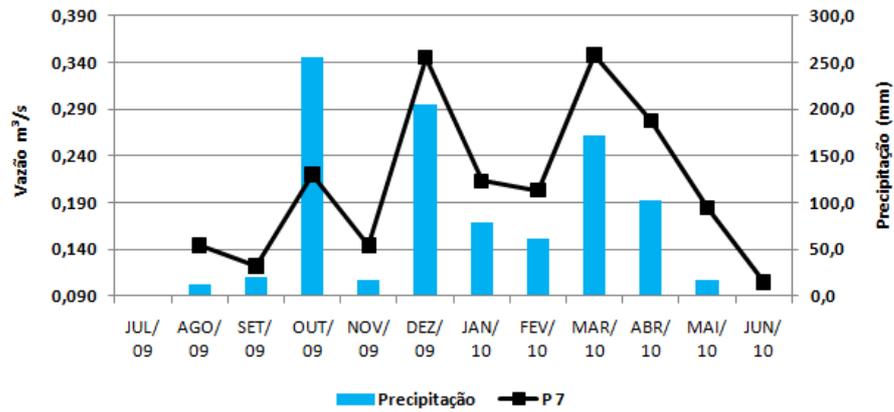
No ponto 6, a média da vazão foi de  $0,137 \text{ m}^3/\text{s}$ . A vazão mínima foi de  $0,058 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de setembro e a máxima, de  $0,248 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de outubro, com diferença de  $0,190 \text{ m}^3/\text{s}$ . A microbacia apresenta uma resposta direta com a precipitação, como observado nos pontos 4 e 5 (GRAF. 7).



**GRÁFICO 7** - Vazão mensal no ponto de medição 6 (Córrego da Vereda Grande) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### PONTO 7 - Córrego da Vereda das Flores

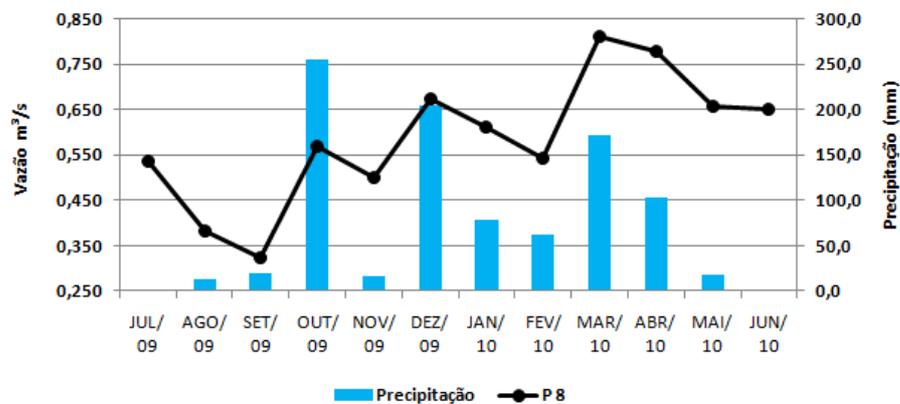
No ponto 7, a média da vazão foi de  $0,192 \text{ m}^3/\text{s}$ . A vazão mínima foi de  $0,105 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de junho e a máxima, de  $0,348 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de março, com diferença de  $0,243 \text{ m}^3/\text{s}$ . As vazões foram acumulativas entre os meses intermediários entre precipitações elevadas, fazendo que o pico de vazão mais alto fosse registrado no mês subsequente. Dados não coletados no mês de julho, devido ao erro de local (GRAF. 8).



**GRÁFICO 8** - Vazão mensal no ponto de medição 7 (Córrego da Vereda das Flores) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região  
 Nota: Os dado de vazão de julho de 2009 não foram coletados

### PONTO 8 - Córrego da Vereda Capivara

No ponto 8, a média da vazão foi de  $0,587 \text{ m}^3/\text{s}$ . A vazão mínima foi de  $0,324 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de agosto e a máxima, de  $0,812 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de março, com diferença de  $0,488 \text{ m}^3/\text{s}$ . Os dados apresentados seguem o mesmo padrão apresentado no ponto 7 (GRAF. 9).



**GRÁFICO 9** - Vazão mensal no ponto de medição 8 (Córrego da Vereda Capivara) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### PONTO 9 - Córrego da Vereda Catolé Pequeno

No ponto 9, a média da vazão foi de  $0,145 \text{ m}^3/\text{s}$ . A vazão mínima foi de  $0,086 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de setembro e a máxima, de  $0,330 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de outubro, com diferença de  $0,244 \text{ m}^3/\text{s}$ . A resposta da vazão em relação à precipitação mostra que os picos de chuva elevados deram uma resposta rápida na rede de drenagem da microbacia, evidenciando que se perde também rápido a água armazenada (GRAF. 10).

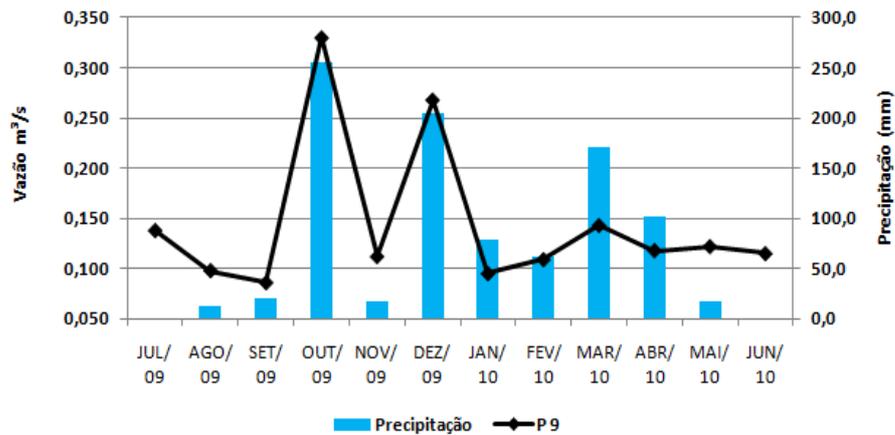
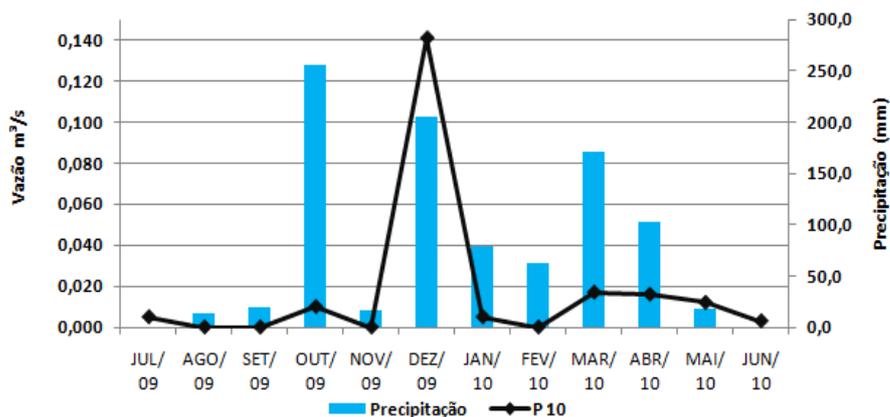


GRÁFICO 10 - Vazão mensal no ponto de medição 9 (Córrego da Vereda Catolé Pequeno) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### PONTO 10 - Córrego da Vereda Grumichá

No ponto 10, a média da vazão foi de  $0,017 \text{ m}^3/\text{s}$ . A vazão mínima foi de  $0,000 \text{ m}^3/\text{s}$ , nos meses de agosto, setembro, fevereiro e junho e a máxima, de  $0,141 \text{ m}^3/\text{s}$ , no mês de dezembro, com diferença de  $0,141 \text{ m}^3/\text{s}$  (GRAF. 11). Esse ponto é o mais crítico em relação à vazão. Durante metade dos meses de medição de vazão a microbacia esteve seca. A resposta de vazão é imediata. Com o momento da precipitação, a microbacia não apresenta característica de armazenamento de água no lençol freático, sendo perdida instantaneamente no período seco. Para Torres *et al.*(2009), a vazão do córrego influencia a qualidade da água, pois essa tende a piorar com a

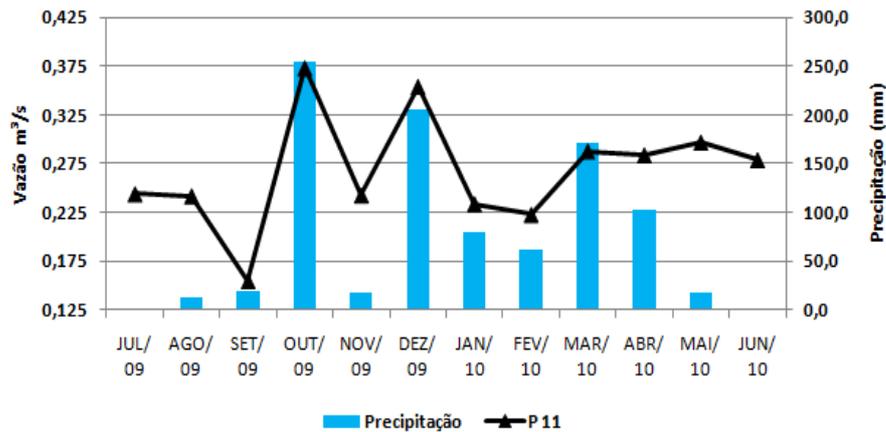
diminuição da vazão e com o efeito de diluição, pois ocorre concentração dos poluentes, estando relacionada à má conservação da microbacia, com impactos de erosão, uso/ocupação em área de preservação permanente (APP), desmatamento e assoreamento do córrego, também explicado por Bahia *et al.* (2009) e Bethonico e Cunha (2009), nos levantamentos dos impactos nas veredas na APA Estadual do rio Pandeiros e apresentado no capítulo 4.



**GRÁFICO 11** - Vazão mensal no ponto de medição 10 (Córrego da Vereda Grumichá) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

#### **PONTO 11 - Rio Catolé próximo da nascente**

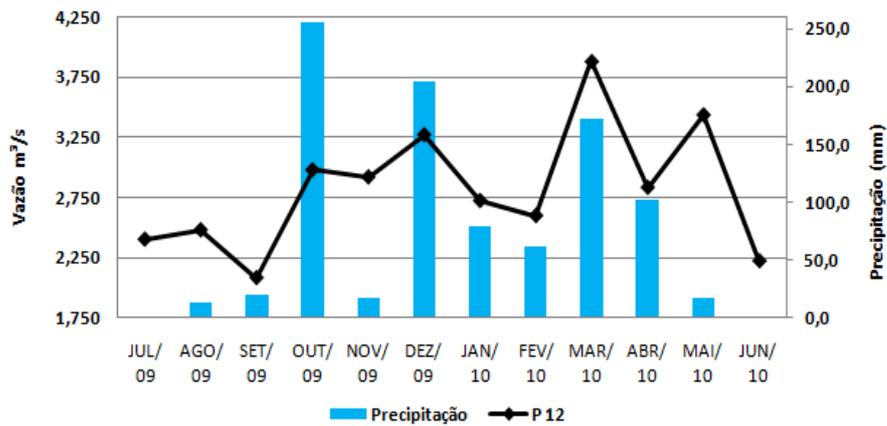
No ponto 11, a média da vazão foi de 0,268 m³/s. A vazão mínima foi de 0,155 m³/s, no mês de agosto e a máxima, de 0,373 m³/s, no mês de outubro, com diferença de 0,218 m³/s. A sua vazão apresenta constante com pequenas quedas e picos altos, registrados em set/2009, out/2009 e dez/2009 (GRAF. 12).



**GRÁFICO 12** - Vazão mensal no ponto de medição 11 (rio Catolé - nascente) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### PONTO 12 - Rio Catolé próximo da foz

No decorrer da pesquisa, o rio catolé apresentou uma grande variedade de vazões, sendo possível constatar períodos de cheia e de estiagem. A menor vazão registrada ocorreu no mês de setembro/2009 atingindo um valor de 2,078 m<sup>3</sup>/s e a maior foi encontrada no mês de março/2010, com valor registrado de 3,885 m<sup>3</sup>/s, com um aumento de 1,807 m<sup>3</sup>/s, no volume de água. Nesse ponto, a vazão variou nitidamente, conforme a estação chuvosa foi avançando, sendo que a maior precipitação ocorrida nesse período foi em outubro e dezembro. O que determinou, nesse ponto, um aumento do fluxo no escoamento direto o que gerou um aumento da vazão no mês de novembro, mesmo tendo chovido 17 milímetros, com uma resposta hidrológica à precipitação. No período chuvoso, os valores de vazão foram altos, considerando que a resposta da sub-bacia em relação à precipitação é correspondida, e o declínio da precipitação em janeiro e fevereiro não corresponde ao da vazão, indicando que a bacia consegue armazenar água por longo período de resposta (GRAF. 13).



**GRÁFICO 13** - Vazão mensal no ponto de medição 12 (rio Catolé próximo da foz) e os dados de precipitação da média mensal registrada na região

### 3.3 Análises por conjunto dos pontos monitorados

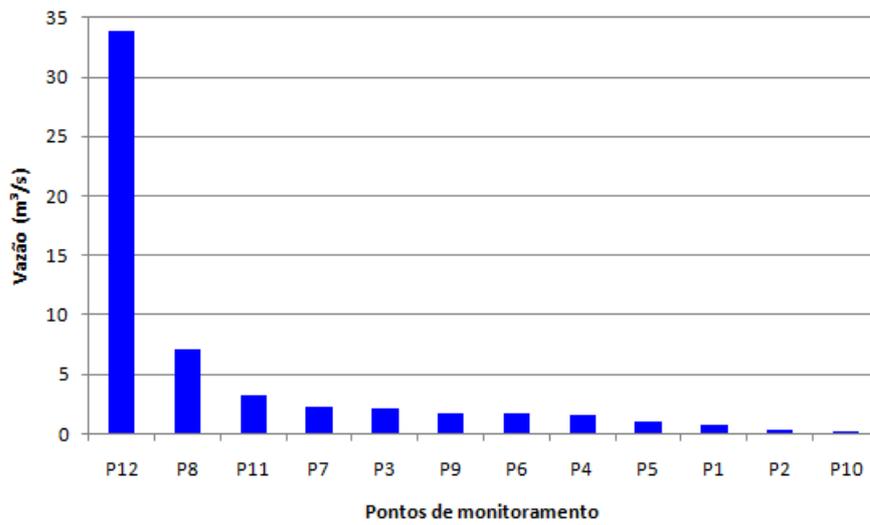
Em alguns momentos, o aumento da vazão não acompanha o aumento da precipitação imediatamente ou esse aumento na vazão é retardado, como pode ser observado nos pontos P2, P3, P11 e P12, (GRAF. 3, 4, 12 e 13). Nesses pontos, no período de estiagem, a vazão manteve-se constante, com pouca variação, o que representa a capacidade do solo em armazenamento de água com um equilíbrio maior entre a vegetação da microbacia. Alves (2005) admite que os meses mais secos apresentam uma vazão mínima constante, o que implica em que a bacia armazena água e libera de forma constante, sendo importante, quando se deseja fazer uso de água durante todo ano. Já no ponto P12, localizado na foz da sub-bacia, as chuvas causaram um aumento instantâneo na vazão, efeito direto em resposta aos afluentes do rio principal. Pode-se observar que, na distribuição regular tanto para vazão como para a precipitação, onde se observa o aumento das chuvas, há um aumento significativo da vazão, por serem variáveis diretamente proporcionais (PAULA *et al.*, 2009).

O comportamento da vazão em relação aos dados de precipitação demonstra, além de resultados numéricos, o comportamento da rede de drenagem, os pontos analisados estão pertencentes a uma microbacia que apresenta características físicas próprias, onde o uso e a ocupação do solo

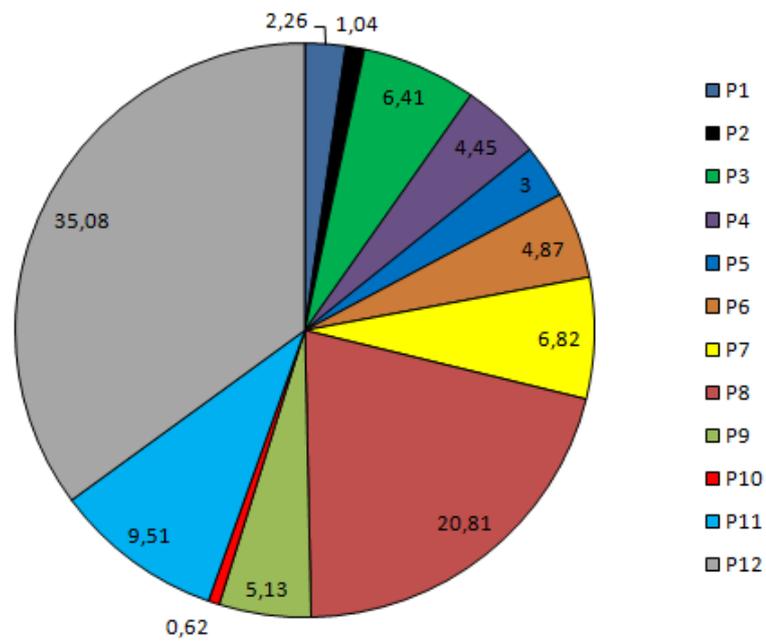
de cada uma delas repercutem diretamente no tempo de concentração e no escoamento da água e a topografia de pouca declividade é um fator que contribui para o escoamento lento, com o favorecimento das veredas.

É possível observar uma curva crescente das vazões no período de chuvas, o que leva à conclusão de que o trabalho com médias e dados mensais é suficiente para estabelecer e entender o comportamento da disponibilidade hídrica da sub-bacia para o tipo de trabalho proposto. Para Paula *et al.* (2009), que realizaram estudos com séries históricas na bacia do rio Doce, o trabalho com médias é insuficiente para estabelecer correlações mais aprofundadas, sendo útil apenas para conhecer o comportamento dessa variável.

A análise do conjunto das medições das vazões em relação à contribuição dos afluentes sobre a vazão da foz (ponto 12), indica que, somando-se todas as vazões de cada ponto dos doze meses monitorados, as vazões dos afluentes apresentaram contribuição de 64,92% sobre a vazão final do córrego principal, que apresentou 35,08% (GRAF. 14 e 15). Isso indica que os afluentes apresentam uma representatividade satisfatória para microbacia, com quase o dobro da contribuição para o rio, em termos de contribuição hídrica. Essa característica pode estar relacionada à preservação de microbacias, principalmente as que estão na cabeceira (P8, P7 e P11), que contribui com 37,14% da vazão e estão próximas a áreas de recarga da sub-bacia. Vanzela *et al.* (2010) admitem que as áreas ocupadas por matas favorecem a vazão, em virtude da maior cobertura, da estabilidade e da infiltração de água no solo, contribuindo, também, para a melhoria da qualidade da água e áreas habitadas (área urbana e moradias rurais), agricultadas (culturas perenes, perenes irrigadas e anuais), as matas degradadas e para a redução da vazão e da qualidade de água, em função da alteração na intensidade do escoamento superficial.

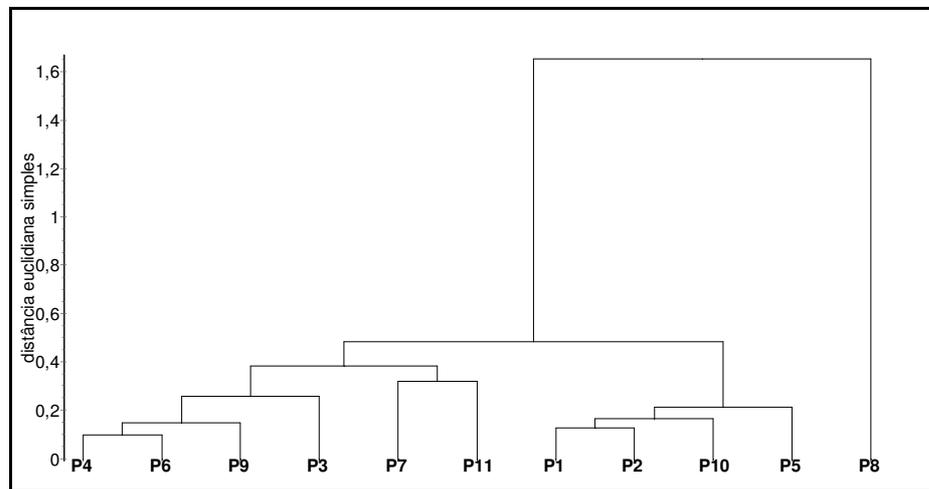


**GRÁFICO 14** - Vazão (m³/s) total dos pontos monitorados no período de 12 meses na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé



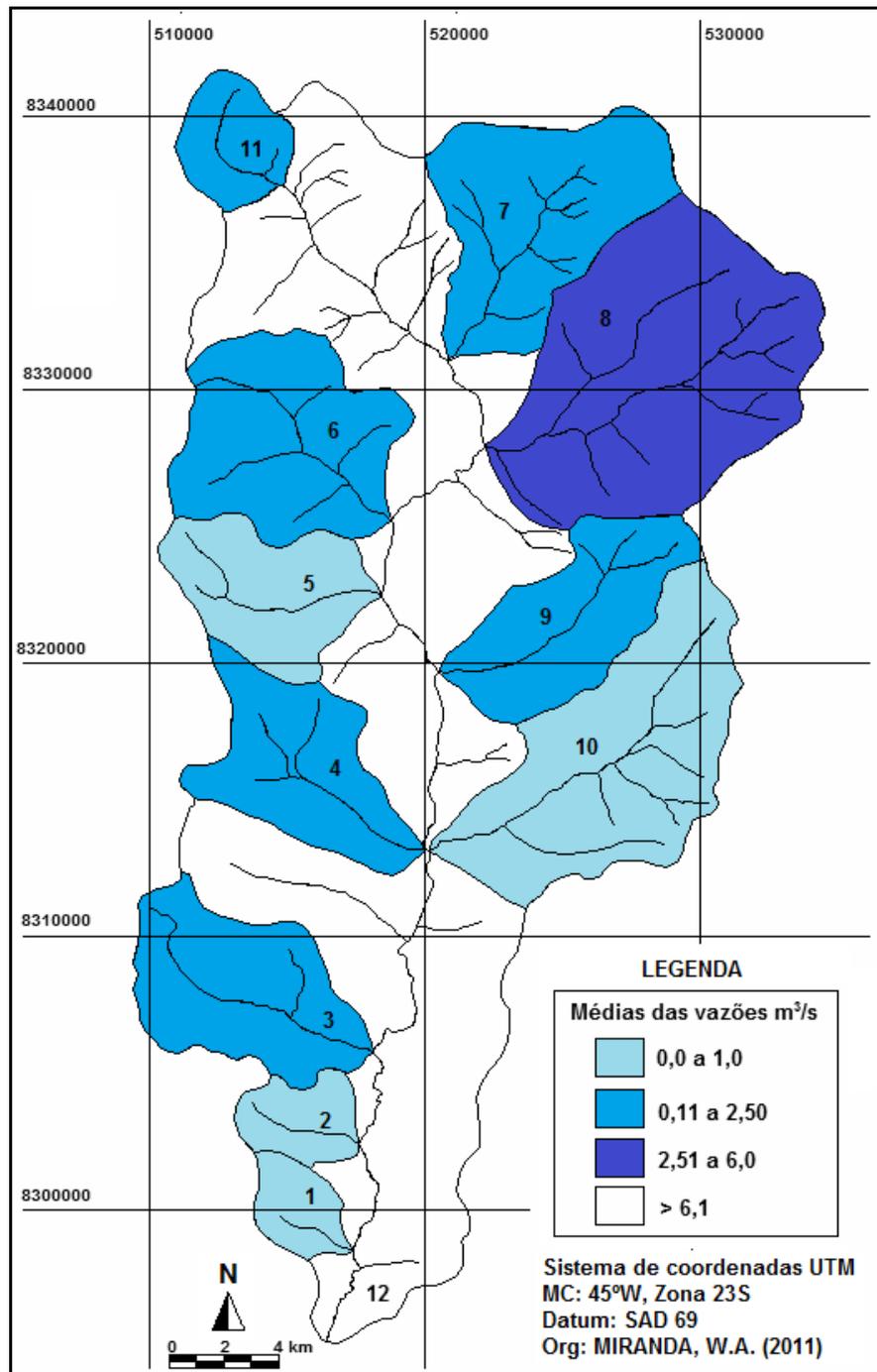
**GRÁFICO 15** - Contribuição da vazão em porcentagem por ponto monitorado na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé

Com a análise de agrupamento dos doze pontos de monitoramento foi possível observar que se formaram três grupos: o primeiro bloco, composto por 6 pontos de monitoramento: pontos 3, 4, 6, 7, 9, e 11. Por sua vez, o segundo bloco, é integrado por 4 pontos: pontos 1, 2, 5 e 10. O terceiro bloco é formado pelo ponto 8 (FIG. 2).



**FIGURA 2** - Agrupamentos por atributos das vazões realizados nas microbacias da Sub-Bacia Hidrográficas do rio Catolé por similaridade

Esses agrupamentos revelam uma distribuição de ordem ambiental e das características físicas de cada microbacia. A formação dos grupos demonstra a distribuição das contribuições por região na sub-bacia, sendo visualizadas no mapa de distribuição por agrupamento das vazões, médias mensais pelas microbacias de contribuição (FIG. 3). O objetivo de aplicar essa técnica de agrupamento foi o de detectar a formação de classes de vazões, a partir de atributos comuns, que, neste caso, foram monitoramento da vazão. Esse resultado pode auxiliar na prevenção de impactos ambientais e no gerenciamento de bacias hidrográficas, sendo apresentado na SBHRC para análise.



**FIGURA 3** - Mapa da distribuição por agrupamento das vazões médias mensais pelas microbacias de contribuição, no período de jul/2009 a jun/2010 na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé

Analisando os dados dos períodos de maior e menor vazão, o rio principal (Catolé) apresenta uma grande variação no canal, com alterações de fluxo. O regime hidrológico caracteriza-se por uma baixa periodicidade, sem período sazonal definido de cheia e estiagem. Esse fato pode estar correlacionado à capacidade de armazenamento da sub-bacia, fazendo com que as maiores vazões ocorram nos períodos de recarga do lençol freático, atribuindo valores de descargas que diminuem, à medida que a precipitação cessa.

Esses dados sugerem uma correlação razoável entre chuva da região e a vazão no final da sub-bacia. Os dados obtidos estabelecem a relação aproximada Q/P (vazão/precipitação) de 36%. Ou seja, cerca de 36% da chuva sai na forma de vazão. Provavelmente, a precipitação na área à montante da bacia tem grande interferência nos valores da vazão de saída.

#### 4 CONCLUSÃO

A pesquisa e a compreensão das séries anuais de vazão ao longo de uma bacia hidrográfica no rio principal e em todos os seus principais tributários são fundamentais aos processos de análise, de gestão e de manejo dos recursos hídricos.

O uso do método para quantificar a disponibilidade hídrica na sub-bacia e a contribuição de cada microbacia constitui-se numa alternativa interessante para síntese de dados hidrológicos em bacias sem dados. O monitoramento exercido com registros a intervalos de tempo mensal permitiu registrar a ocorrência de vazões, de modo compatível com a necessidade de avaliação de disponibilidades hídricas fluviais, evitando-se, portanto, a construção de calhas, cujo conhecimento é indispensável a muitos projetos.

A análise dos resultados apresentados nos gráficos de vazão e precipitação, considerando a limitação de dados de dozes meses, permitiu identificar um padrão da vazão na sub-bacia como para as microbacias. Os maiores índices de vazão e o aumento da área molhada foram proporcionais aos períodos de maior precipitação, os quais foram registrados nos meses de outubro, dezembro e março.

## **CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DO USO/OCUPAÇÃO E LEVANTAMENTO DE IMPACTOS NAS VEREDAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ, BONITO DE MINAS-MG**

### **RESUMO**

O bioma Cerrado é constituído por diversos ecossistemas. O subsistema vereda é constituído por uma diversidade ambiental de extrema importância. O uso e a ocupação humana, principalmente nas veredas para múltiplos usos, tais como: o solo, que é riquíssimo em nutrientes e principalmente as águas têm afetado, de forma lenta e contínua a degradação desses ambientes. Na execução desta pesquisa para o entendimento das causas e dos efeitos das ações humanas sobre o ambiente, foram realizadas pesquisas bibliográficas, cujo resultado, corroborado por pesquisas de campo, culminou em uma proposta metodológica sobre a temática do grau de degradação das microbacias com veredas. Com levantamento dos indicadores de impactos encontrados em veredas e elaboração de mapas de uso/ocupação, foi possível identificar as condições ambientais de dez microbacias, constituídas de veredas na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé (SBHRC). Os resultados mostraram que a microbacia da vereda das Flores apresentou ambiente grau baixo de impacto e a vereda da Grumichá obteve índice de muito alto impacto. O uso da metodologia dos indicadores de impacto de veredas correspondeu às necessidades da pesquisa, sendo de fácil aplicação com resposta direta às intervenções antrópicas nas microbacias com veredas. Dessa forma, a presente pesquisa contribui para o manejo sistêmico e eficaz na sub-bacia e na APA Pandeiros.

**Palavra-chave:** Veredas. Impacto Ambiental. Uso/Ocupação.

**CHAPTER 4 - CHARACTERIZATION OF THE USE/OCCUPATION AND SURVEY OF IMPACT ON THE PATHS OF THE HYDROGRAPHIC SUB-BASIN OF THE CATOLÉ RIVER, IN BONITO DE MINAS – MINAS GERAIS STATE**

**ABSTRACT**

The Cerrado biome is constituted of several ecosystems. The path is constituted of a subsystem environmental diversity of the extreme importance. The use and human occupation, especially in the paths for multiple uses such as soil, which is rich in nutrients and water are primarily affected, in such a slow way slow and continuous degradation of these environments. It was realized bibliographic searches, whose results culminated by field research, culminating on a methodological proposal on the issue of the degree of degradation of watersheds with paths. With survey of the indicators of impacts found in paths and elaboration of maps use/occupation, it was possible to identify the environmental conditions of ten watersheds, consisted of paths in the hydrographic sub-basin of the Catolé River (SBHRC). The results showed that the watershed of the path of Flores presented a low degree of environmental impact and the path of the Grumichá gained very high impact index. The use of the methodology of impact indicators of paths corresponded to the needs of the research, being an easy application with direct response to human interventions in watersheds with paths. Thus, this research contributes to the systematic and effective management in hydrographic sub-basin and in the APA Pandeiros.

**Keywords:** Paths. Environmental Impact. Use/Occupation.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, dentro da sua grande biodiversidade destaca-se o bioma cerrado, ocupando aproximadamente 22% do território. Por causa do modelo de ocupação do Brasil, cerca de 80% do cerrado já foram ocupados e modificados pelo homem, por causa da expansão agropecuária, da urbanização e da construção de estradas. Desse montante, 40%, ainda conservam as suas características iniciais e os outros 40% já às perderam totalmente, mas são somente 19,15% que ainda possuem a vegetação original em bom estado de conservação (FERREIRA *et al.*, 2009).

Dentre as fitofisionomias do cerrado, as veredas, subsistemas úmidos que participam do controle do fluxo do lençol freático do equilíbrio hidrológico dos cursos d'água, são importantes para a perenização dos córregos e rios à jusante. São uma das fitofisionomias mais sensíveis à alteração e de pouca capacidade regenerativa, quando perturbadas (CARVALHO, 1991), pois o uso/ocupação gerados por atividades humanas têm afetado, diretamente, a diminuição da vegetação nativa do cerrado.

O uso e a ocupação do solo estão relacionados à degradação do ambiente pela ação antrópica, tanto direta quanto indiretamente. Essas ações podem variar em grau de intensidade, conforme a função que assumem, decorrente da apropriação dos seus recursos naturais, priorizando-se o fator socioeconômico, em detrimento do ambiente físico, transformando-o em um espaço que demanda a sua exploração econômica, criando uma nova dinâmica na relação homem/natureza, com consequências para o meio natural (CHUEH; SANTOS, 2005).

Com a intensificação do processo de uso e de ocupação do solo, tem ocorrido a degradação das veredas, além da devastação de áreas do seu entorno, alterando, completamente, a paisagem e os fluxos de energia entre os subsistemas, mas ainda não há estudos concretos sobre os efeitos dessas alterações (FERREIRA *et al.*, 2009).

Os métodos de análise de impacto são instrumentos de apoio à realização de estudos de impacto ambiental, os quais são aplicados para ordenar, agregar, quantificar e representar, graficamente informações

geradas nos estudos (ABDON, 2004). No entanto, não há metodologia completa e ideal, podendo-se adaptar às condições específicas de cada estudo e da realidade local e nacional (BASTOS; ALMEIDA, 1999). De qualquer forma, todas devem, necessariamente, atender a requisitos, a normas legais ou ao tempo, aos recursos e aos dados disponíveis.

Nesse sentido, objetivou-se identificar e analisar as modificações, decorrentes das ações antrópicas nas veredas da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé (SBHRC), município de Bonito de Minas-MG; determinar atributos relacionados ao uso/ocupação desses e propor uma metodologia de indicadores de impactos de veredas que possa determinar o grau de intervenção nas microbacias.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 As microbacias de avaliação**

Foram escolhidas as mesmas microbacias da SBHRC apresentadas no capítulo 2 e 3, por apresentarem córregos com veredas, na sua totalidade. As veredas avaliadas são a fitofisionomia, com a presença da palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* emergente, conhecida popularmente como buriti, em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas (RIBEIRO; WALTER, 1998). Elas estão sobre a formação geológica do Grupo Urucuia de arenito conglomerado, em altitude que variam entre 550 metros a 750 metros. A precipitação média registrada no período de estudo na sub-bacia foi de 942,6 milímetros (Capítulo 3).

### **2.2 Amostragem**

Foram realizadas viagens mensais a campo de maio de 2009 a agosto de 2010, para o levantamento dos impactos, com verificações “*in locu*”. Para registro, foi utilizada máquina fotográfica digital (SAMSUNG 301), com resolução de três megapixels e GPS (GARMIM ETREX), para a marcação de pontos. Todos os pontos observados foram relacionados quanto às características físicas e ambientais ou ao tipo de uso e do impacto observado, quando esse se fazia presente. Foram mapeados 194 pontos de impactos, tanto nas veredas como no entorno abrangendo o limite do perímetro de cada microbacia.

### **2.3 Mapa da SBHRC e das dez microbacias de uso/ocupação**

Para geração do mapa da SBHRC, em formato de imagem de satélite, foi utilizada a base cartográfica georreferenciada da SBHRC, capítulo 2. Seguidamente, o arquivo foi exportado em formato *shapefile* (*shp*) e importado para o *software* SPRING®. Adquiriu-se uma imagem IRS-P-6

(Resourcesat-1), junto ao Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE (2010)<sup>5</sup>, de 13/06/2010, órbita/ponto 331/088, editada nos canais: R3 G4 B5. Esse arquivo foi processado no Impima 5.0.1, onde foi recortado o retângulo envolvente de interesse e salvo em formato imagem SPRING. Após tal procedimento, a imagem foi manuseada no SPRING, para recorrer ao registro da mesma, com base nos pontos georreferenciados, obtidos com o IGA (2006). Simultaneamente, para maior precisão dos pontos de controle, a imagem foi manuseada no AutoCAD Map e posicionada sob a base vetorial, previamente construída, que delimita a SBHRC. Os comandos utilizados foram o *MOVE*, para mover o ponto de referência reconhecido nas imagens (meandros do rio Catolé) para o ponto referenciado por coordenadas conhecidas (UTM N8317262.349, E673707.700), presente na base vetorial. Posteriormente, acionou-se o comando *SCALE*, para efetuar o “efeito escala” na imagem, gerando a devida proporção para representar as feições de forma espacialmente referenciada, com base na coordenada retro citada e outra, na diagonal, a nordeste (UTM N8347850. 558, E514707.849). Sucessivamente, comparando as feições da imagem, então georreferenciada no AutoCAD, procedeu-se ao registro da mesma no ambiente SPRING, onde foram usados doze (12,0) pontos para controle, erro obtido igual a zero (0,0). A imagem IRS-P6 (Resourcesat-1) utilizada, proveniente da tecnologia chinesa, está disponível a partir de um acordo entre o China e o Brasil, em 2009, o qual capacitou esse país a receber e distribuir imagens do território brasileiro, por meio dos sensores AWiFS e LISS-III. Tais imagens possuem resolução espacial de 23,5m e resolução temporal de 26 dias (RUDORFF *et al.*, 2009).

Com o mapa gerado da SBHRC, esse foi sobreposto ao mapa da FIG. 5 do capítulo 2, no programa Autocad Map 2.0® e foram gerados dez mapas de uso/ocupação das microbacias delimitadas. Simultaneamente, para maior precisão dos pontos de controle, a imagem foi manuseada e posicionada sob a base vetorial construída, que delimita as áreas de cultivo, áreas degradadas, pastagens, estradas, vegetação, solo exposto e outros de cada

---

<sup>5</sup> <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>

microbacia. Os pontos de residências e que não tiveram acessos nas microbacias foram visualizados no programa livre *Google Earth*. Com todas as áreas identificadas e delimitadas no mapa, procedeu-se à etapa final de colocar cor na imagem e detalhes de legenda, referente aos polígonos representativos de cada categoria de classe, sendo as classes estabelecidas em conformidade com os aspectos da vegetação e da interferência da ocupação humana nas suas diversas formas de uso do solo, sendo feitos no programa para Corel Draw 11®, para efetivação e conclusão dos mapas.

## 2.4 Indicadores de impactos de veredas da SBHRC

Para se atingir o objetivo proposto, a metodologia utilizada foi descritiva, envolvendo uma abordagem quantitativa, com um contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente (PRIMO; VAZ, 2006)<sup>6</sup>. Foram aplicadas técnicas destinadas ao levantamento e a coletas de dados como: pesquisa na literatura especializada, para conhecimento dos tipos de avaliação, de diagnósticos, de métodos, de protocolos, de indicadores e de avaliação de impactos ambientais usados para o uso e a ocupação de bacias hidrográficas.

Foram seguidas as ideias dos autores que propuseram as seguintes metodologias: avaliação rápida *in situ*, proposta por Callisto *et al.* (2002); sistema de avaliação ponderada de impacto ambiental de atividades do novo rural (APOIA-Novorural), desenvolvido por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente (RODRIGUES *et al.*, 2003); índice de degradação ambiental (IDA) e conceitos de Ecodinâmica, desenvolvidos por Tricart (1977); métodos de classificação ambiental, formulados por Ross (1994), com o “Modelo de Fragilidade Potencial Natural com o apoio nas classes de declividade” e o “Modelo de Fragilidade Potencial Natural, com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo”; método de avaliação ambiental estratégica (AAE), apresentado por Abdon (2004) e no diagnóstico físico-conservacionista

---

<sup>6</sup> <http://www.ftc.br/revistafsa>

(DFC), elaborado por Beltrame (1994), que tem como objetivo determinar o potencial de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica.

Fez-se uma adaptação da metodologia para mapeamento de áreas de risco geomorfológico proposto por Oliveira *et al.* (2004).

Os procedimentos utilizados para o desenvolvimento das análises ambientais seguiram as diretrizes definidas na Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986<sup>7</sup>, da Política Nacional do Meio Ambiente, no Brasil.

Os procedimentos para a organização das informações e identificação, da análise dos impactos ambientais foram os utilizados em estudos de impacto ambiental, que constam na literatura especializada e apresentada no estudo.

O método aqui adotado é baseado em um diagnóstico direto de observação, por meio da descrição dos indicadores de impactos provenientes das ações antrópicas, causados aos ambientes naturais, com consequência para as veredas da SBHRC. Dentro da proposta, avalia-se todo o trecho da microbacia com veredas, por meio de observação *in locu*, anotando-se e mapeando-se, com GPS, os impactos das ações humanas nesses ambientes. Nos trechos não percorridos, por motivo de logística, foi utilizado como instrumento de avaliação mapa das imagens de satélite.

Em seguida, os princípios gerais foram analisados, tendo como referência a sua aplicabilidade às microbacias compostas por veredas. A partir da identificação dos pontos de impactos, decorrentes da ação antrópica, foi proposta uma metodologia de avaliação de indicadores de impacto para veredas, identificando-se e analisando os ambientes que sofreram a ação, como rede de drenagem, solo, relevo e vegetação (QUADRO 1).

---

<sup>7</sup> <http://www.mma.gov.br/port/conama>

### QUADRO 1

Características analisadas para definição do uso ou ocupação das veredas da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé

ATIVIDADE OU OCUPAÇÃO NA VEREDA	DEFINIÇÃO
1 <b>Perenização da vereda</b>	É a quantidade de água que passa em determinado ponto sendo considerado se naquele córrego, as suas águas correm o ano todo ou secam em algum período do ano. Dados podem ser adquiridos por entrevistas a moradores locais ou por monitoramento da vazão ao longo do ano.
2 <b>Residências na APP da vereda</b>	É todo tipo de construção que serve de abrigo humano (cabanas, barracões, casa, palhoças, etc.) estando dentro da área de preservação permanente (APP), definida pela Resolução do CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002 <sup>8</sup> e pela Lei Estadual nº 9682, de 12 de outubro de 1988, como: as veredas do vale do São Francisco em função da importância que desempenham na região [...]. Assim foi considerada para as veredas de superfície aplainadas e para veredas de várzea, uma faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de oitenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado.
3 <b>Residências no entorno da vereda</b>	É todo tipo de construção que serve de abrigo humano (cabanas, barracões, casa, palhoças, etc.) estando fora da APP e assim definida como entorno o limite da microbacia.
4 <b>Cultivo no entorno da vereda</b>	São as culturas de subsistência ou não plantadas pelo homem, sendo cultivada fora da APP e assim definida como entorno ou dentro do limite da microbacia.
5 <b>Cultivo na APP da vereda</b>	São as culturas de subsistência ou não plantadas pelo homem dentro da APP definida pela Resolução do CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002 <sup>1</sup> , e pela lei estadual nº 9682, de 12 de outubro de 1988, como: as veredas do vale do São Francisco em função da importância que desempenham na região [...]. Assim foi considerada para as veredas de superfície aplainadas e para veredas de várzea, uma faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de oitenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado.
6 <b>Criação de animais na vereda</b>	São todos os animais domesticados pelo homem usados de forma comercial e criados nas veredas. A proposta utiliza como parâmetros a criação de animais de médio porte, tais como: bovinos, equinos, suínos e caprinos.
7 <b>Uso da água da vereda para uso doméstico</b>	É considerada aquela em que o homem utiliza as águas da vereda para uso de fazeres domésticos. Ex. lavar roupas e utensílios de cozinha.

<sup>8</sup> <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?>

8	<b>Captação de água da vereda, por meio de motobomba</b>	É considerada aquela em que o homem utiliza de bombas (elétricos ou a combustão) para tirar água do seu córrego para usos diversos.
9	<b>Captação da água da vereda, por meio de canal secundário</b>	É considerada aquela em que o homem utiliza técnicas de barramento do curso d'água à montante, para desviar parte das águas do córrego por canal (secundário) aberto, para levar água às partes elevadas na jusante por gravidade.
10	<b>Travessia com ponte na vereda</b>	São construções em estradas para transpor rios e córregos, sendo a sua técnica considerada de construção o concreto.
11	<b>Travessia a vau na vereda</b>	São travessias em córregos onde passam estradas de terras dentro do leito do córrego. Esses locais, geralmente, são em pequenos córregos de pouca vazão, pois veículos passam nesses locais.
12	<b>Travessia com barramento e manilhas na vereda</b>	São construções em estradas para transpor rios e córregos, sendo consideradas as suas técnicas de construção manilhas de concreto sobre o leito do córrego, com camadas de terra por cima, que geralmente formam um barramento e as águas passam pela manilha.
13	<b>Estradas no entorno da vereda</b>	São estradas de terra que estão fora da APP. Definido como entorno o limite da microbacia.
14	<b>Estradas margeando a vereda</b>	São estradas de terra que foram feitas, margeando as veredas, entre o solo hidromórfico e a vegetação do cerrado.
15	<b>Erosão e voçoroca com consequência para vereda</b>	Os tipos de erosão a serem observados com consequência direta para as veredas são provocadas pelo carreamento de sedimento para a vereda e seu canal principal. As formas de identificação desse tipo de impacto são observadas em estradas de terras e áreas de pastagens que são observadas com surgimento de sulcos, buracos em áreas com solos expostos. A voçoroca é um processo que se destaca devido à sua amplitude (tamanho) e efeitos adjacentes.
16	<b>Área degradada na microbacia da vereda</b>	Foram consideradas para esta pesquisa as áreas como degradadas as pastagens, o solo exposto, a área desmatada, a área gradeada inseridos dentro do limite da microbacia.

Previamente listados os dezesseis indicadores de impactos, a esses foram atribuídos características e valores, baseados e adaptados da metodologia de Oliveira *et al.* (2004).

A partir desses levantamentos, pôde-se estabelecer as ocorrências das atividades ou ocupação na vereda, dividindo-se em muito alto, alto, médio e baixo. Para hierarquização, foram atribuídos valores de 0 e 1 para os parâmetros considerados, de acordo com sua ocorrência, como pode ser observado no QUADRO 2.

QUADRO 2

Parâmetros utilizados para definição de ocorrências das atividades ou ocupação nas veredas da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé

Nº	ATIVIDADE OU OCUPAÇÃO NA VEREDA	CARACTERÍSTICA	VALOR
1	Córrego da vereda	Perene	0
		Seca num período do ano	1
2	Residências na APP da vereda	Não tem	0
		Tem residências	1
3	Residências no entorno da vereda	Não tem	0
		Tem residências	1
4	Cultivo no entorno da vereda	Não tem	0
		Tem Cultivo	1
5	Cultivo na APP da vereda	Não tem	0
		Tem cultivo com Irrigação	1
6	Criação de animais na vereda	Não tem	0
		Tem animais domesticados	1
7	Uso da água da vereda para uso doméstico	Não tem	0
		Usa para uso doméstico	1
8	Captação de água da vereda, por meio de motobomba	Não tem	0
		Uso de bombeamento	1
9	Captação da água da vereda, por meio de canal secundário	Não tem	0
		Usa canal de elevação	1
10	Travessia com ponte de concreto na vereda	Não tem	0
		Tem ponte de concreto	1
11	Travessia a vau na vereda	Não tem	0
		Tem travessia a vau	1
12	Travessia com barramento e manilhas na vereda	Não tem	0
		Tem travessia com barramento	1
13	Estrada no entorno da vereda	Não tem	0
		Tem Estradas no entorno	1
14	Estradas margeando a vereda	Não tem	0
		Tem estradas margeando a vereda	1
15	Erosão e voçorocas com consequência para a vereda	Não tem	0
		Tem erosão nas estradas	1
16	Área degradada na microbacia com vereda	Não tem	0
		Tem área degradada	1

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.*, 2004.

A caracterização dos indicadores de impacto segundo essas unidades possibilitou a divisão do espaço, baseado na soma dos valores atribuídos às características que apresentam (adaptado de Oliveira *et al.*,2004):

- **Grau baixo (cor verde):** constitui as áreas que tenham apresentado soma igual a 0, 1, 2, 3 e 4.
- **Grau médio (cor amarelo):** constitui as áreas que tenham apresentado soma igual a 5, 6, 7 e 8.
- **Grau alto (cor laranja):** constitui as áreas que tenham apresentado soma igual a 9, 10, 11 e 12.
- **Grau muito alto (cor vermelho):** constitui as áreas que tenham apresentado soma igual a 13, 14, 15 e 16.

Assim, os graus apresentados são descrições das alterações provocadas pelas atividades humanas, e, a partir dessa análise, considerou-se o seguinte critério de classificação dos impactos (QUADRO 3).

**QUADRO 3**

Estado de impacto na microbacia e rede drenagem das veredas

<b>Microbacias com muito alto grau de impacto</b>	São as microbacias onde as veredas e a sua rede drenagem encontram-se descaracterizadas, a vegetação encontra-se degradada ou ocupada por cultivo, seu córrego seca, a ocupação ao longo da APP e do seu entorno por moradias é muito alta.
<b>Microbacias com alto grau de impacto</b>	São aquelas onde as veredas já mostram vestígios de alterações, com alguns trechos descaracterizados por cultivos, canalizados, mas ainda ocorrem trechos com baixa intervenção antrópica.
<b>Microbacias com médio grau de impacto</b>	São aquelas microbacias onde as intervenções mais significativas estão associadas à retirada da vegetação das margens para dar lugar à ocupação. Entretanto, ainda há trechos sem ocupação, apesar da degradação da APP.
<b>Microbacias com baixo grau de impacto</b>	São aquelas onde predominam as características físicas naturais de vegetação, com poucas atividades rurais, ou seja, a ocupação ao longo das APP por moradias é baixa ou quase nula.

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA *et al.*, 2006.

### **3 RESULTADO E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Análise dos indicadores de impactos**

Os resultados observados no QUADRO 4, evidenciam a real situação da problemática ambiental em que se encontram as veredas, que são objeto principal do estudo. Elas apresentaram resultados distintos, onde constata-se que a Vereda das Flores (7) foi a que apresentou menos indicadores de impacto. As Veredas São Francisco, Seca, Palmeira, Porta, Ribeirão de Areia, Grande e Capivara (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8) apresentaram nível médio de impacto. A Vereda Catolé Pequeno (9) teve resultado de nível alto de impacto e a Vereda Grumichá (10) obteve índice de muito alto impacto.

## QUADRO 4

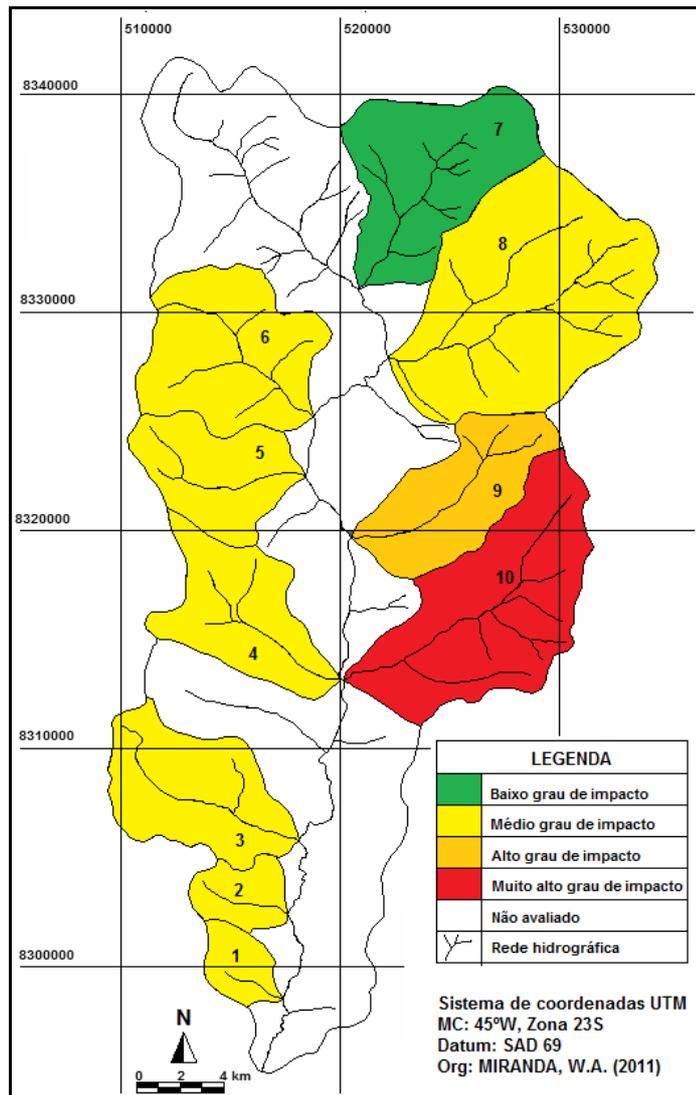
Resultados das ocorrências de atividades ou ocupação observadas nas dez microbacias da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé

ATIVIDADE OU OCUPAÇÃO NA VEREDA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Perenização do córrego da vereda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	Residências na APP da vereda	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
3	Residências no entorno da vereda	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
4	Cultivo no entorno da vereda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	Cultivo na APP da vereda	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
6	Criação de animais na vereda	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7	Uso da água da vereda para uso doméstico	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
8	Captação de água da vereda, por meio de motobomba	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	Captação da água da vereda, por meio de canal secundário	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	Travessia com ponte	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
11	Travessia a vau	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
12	Travessia com barramento e manilhas	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
13	Estrada no entorno da vereda	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
14	Estradas margeando a vereda	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
15	Erosão e/ou voçoroca com consequência para vereda	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	Área degradada na microbacia com vereda	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>14</b>

Nota: 1 - Microbacias da Vereda São Francisco, 2 - Microbacias da Vereda Seca, 3 - Microbacias da Vereda Palmeira, 4 - Microbacias da Vereda da Porta, 5 - Microbacias da Vereda Ribeirão de Areia, 6 - Microbacias da Vereda Grande, 7 - Microbacias da Vereda das Flores, 8 - Microbacias da Vereda Capivara, 9 - Microbacias da Vereda Catolé Pequeno e 10 - Microbacias da Vereda Grumichá.

A visualização das microbacias, de acordo com o grau de intervenção dos impactos (FIG. 1), permitiu identificar e correlacioná-los à expansão rural, sendo que as maiores intervenções (muito alto e alto) estão relacionadas às áreas que estão próximas ao adensamento populacional, como a cidade de Bonito de Minas, sendo influenciada pelas suas atividades e pelas condições das vias de acesso. As microbacias com médio impacto estão relacionadas a áreas com pouco adensamento e são ocupadas próximas as fozes de cada microbacia exatamente onde são registradas as intervenções, como estradas, travessias e áreas degradadas. A microbacia de baixo impacto foi

aquela em que ainda não são encontradas atividades rurais apresentando suas características naturais.



**FIGURA 1-** Mapa do grau de impacto nas microbacias da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé:

- 1 - Microbacia da Vereda São Francisco,
- 2 - Microbacia da Vereda Seca,
- 3 - Microbacia da Vereda Palmeira,
- 4 - Microbacia da Vereda da Porta,
- 5 - Microbacia da Vereda Ribeirão de Areia,
- 6 - Microbacia da Vereda Grande,
- 7 - Microbacia da Vereda das Flores,
- 8 - Microbacia da Vereda Capivara,
- 9 - Microbacia da Vereda Catolé Pequeno e
- 10 - Microbacia da Vereda Grumichá.

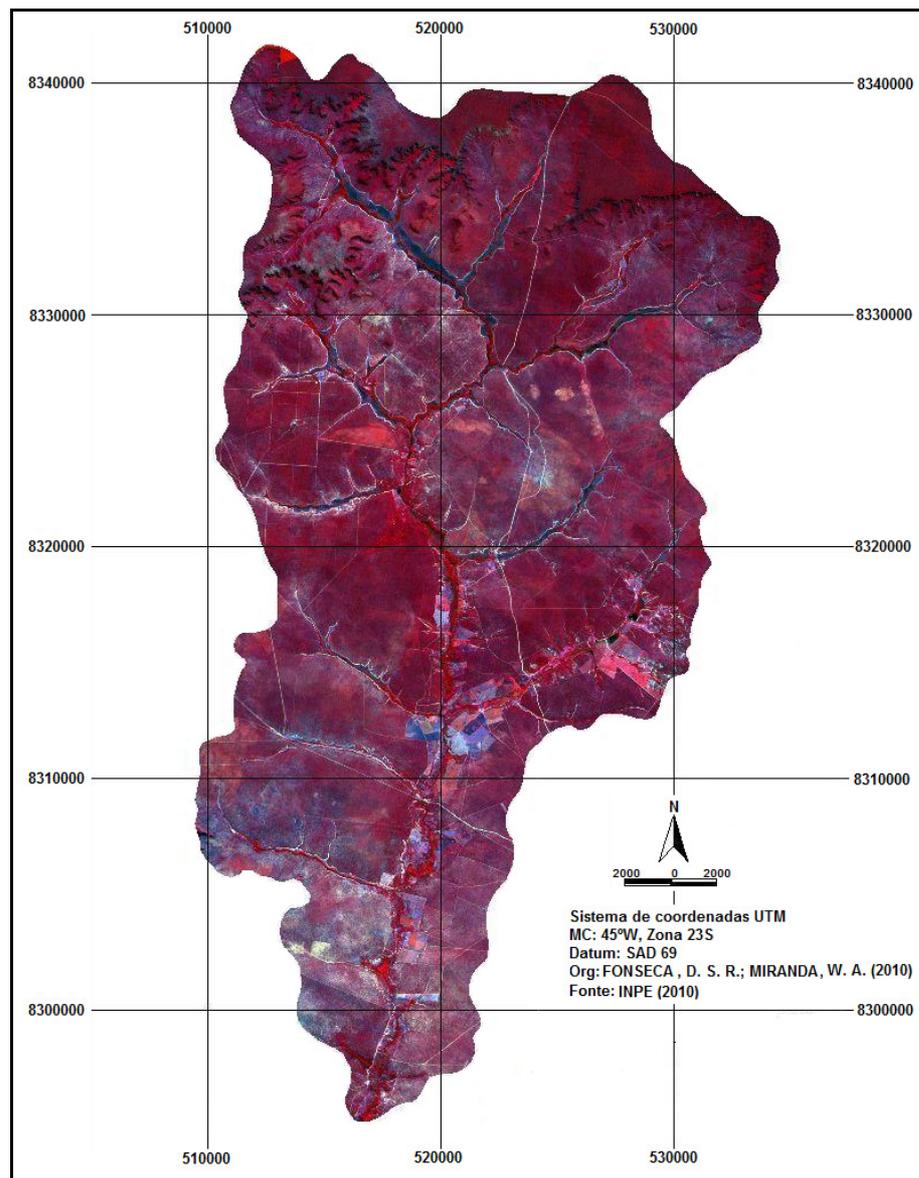
As perturbações nas microbacias não diferem daquelas encontradas nas diversas bacias hidrográficas que formam cursos d'água, onde a ocupação humana ocorre de forma desordenada. Mas dada a importância das veredas para a manutenção do cerrado, do equilíbrio ambiental e da população que direta ou indiretamente se utiliza desse bem natural, cabe aqui descrever os principais tipos de ação que estão proporcionando uma degradação contínua nesse ambiente.

### **3.2 Análise dos impactos nas microbacias da SBHRC**

Para melhor compreensão da distribuição espacial das microbacias, foi realizada análise de cada microbacia, sendo discutidos os indicadores de impacto por grau de intervenção (FIG. 1).

Com o levantamento dos dados, a partir do mapeamento das referidas microbacias, constatou-se que quase todas elas passam por processo de ocupação, sem critério de preservação das áreas que devem ser mantidas para assegurar melhor qualidade do ambiente, nesse caso, as veredas.

A análise do uso ocupação das microbacias da SBHRC ocorreu por meio da definição de áreas distintas, em forma de expressão poligonal. A individualização dos polígonos na imagem de satélite de alta resolução (FIG. 2) definiu os diferentes usos da terra apresentados nos mapas (FIG. 3 a 12).



**FIGURA 2** - Mapa da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catolé, por meio de imagem de satélite

### 3.2.1 Microbacia com baixo grau de impacto

#### Microbacia da Vereda das Flores

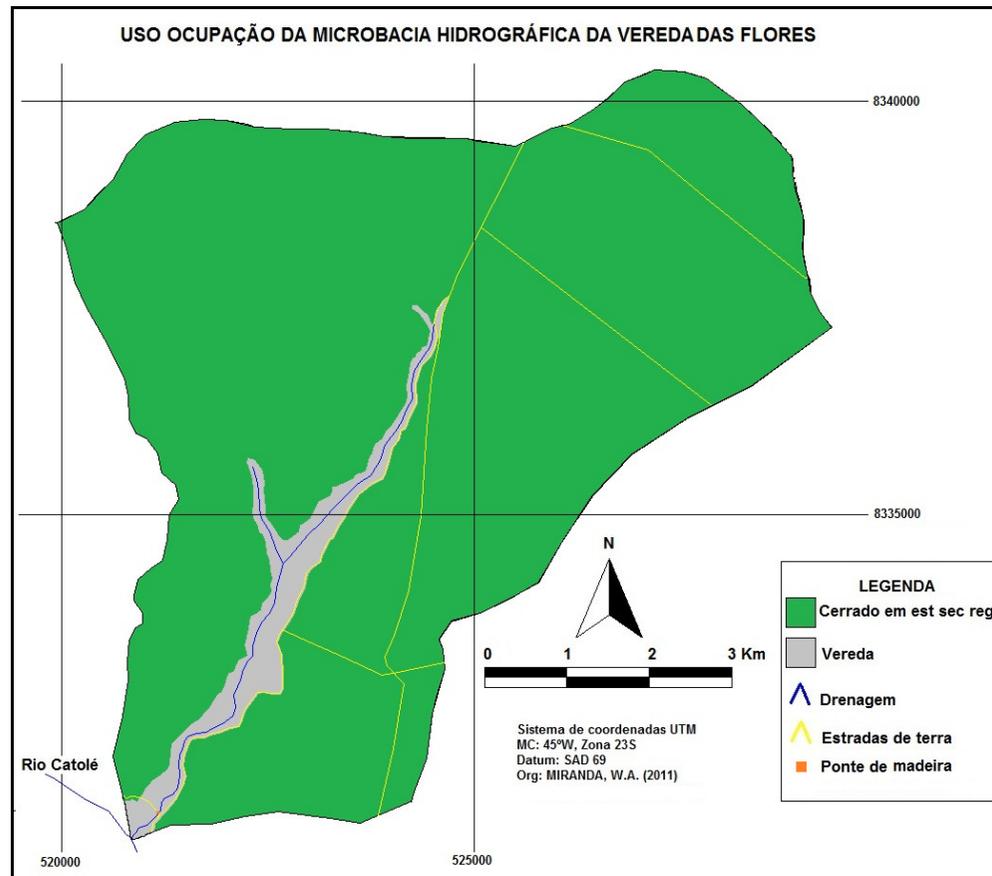
A Microbacia da Vereda das Flores possui 51,44 km<sup>2</sup> de área e nela, não foi observada área degradada. A área da vereda corresponde a 4,68% de toda área, sendo observado no mapa na cor cinza (FIG. 3).

Alguns pontos de impacto foram observados, os quais classificaram como nível aceitável, tais como estradas margeando a vereda (APÊNDICE A, FIG. 18) e seu entorno e travessia no córrego da vereda com ponte de madeira. Esses podem trazer diversos tipos de impactos como carreamento de sedimentos e particulados para a vereda, barulho de veículos e erosão. Devido a fatores de ordem maior, foram observados indícios de queimada na vereda (APÊNDICE A, FIG. 15 e 16). Algumas veredas da região têm sofrido queimadas ao longo dos anos, contribuindo mais para os impactos inerentes às ações humanas. Segundo Bahia *et al.* (2009), um dos processos desencadeadores de degradação nas veredas da bacia do rio Pandeiros, são as queimadas. Devido à presença do solo turfoso e à grande quantidade de serrapilheira, que são combustíveis naturais para o fogo, ocasionam a destruição da flora nativa, a fuga e morte da fauna. Essas queimadas provocam a perda da microbiota e dos nutrientes que compõem os estratos superiores do solo, por meio da volatilização, causando o empobrecimento do mesmo. Nos estudos sobre as queimadas na vereda do Peruaçu-MG, Maillard *et al.* (2009) destacam as consequências dos incêndios florestais para esses ambientes e ressaltam que a devastação dos estratos herbáceos e arbustivos é dada pelas altas temperaturas e podem conduzir a fervura da seiva, como no tronco de buriti.

Essas queimadas são ações associadas à prática da pecuária extensiva, para estimular a brotação do capim. Porém provocam a impermeabilização da camada superficial do solo, reduzindo a infiltração da água da chuva, com consequência imediata na recarga hídrica da bacia. De acordo com dados do IEF (2006)<sup>9</sup>, essas ações levaram à redução expressiva do volume de água nos últimos 25 anos na região (BETHONICO, 2009).

---

<sup>9</sup> <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas>



**FIGURA 3 -** Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda das Flores

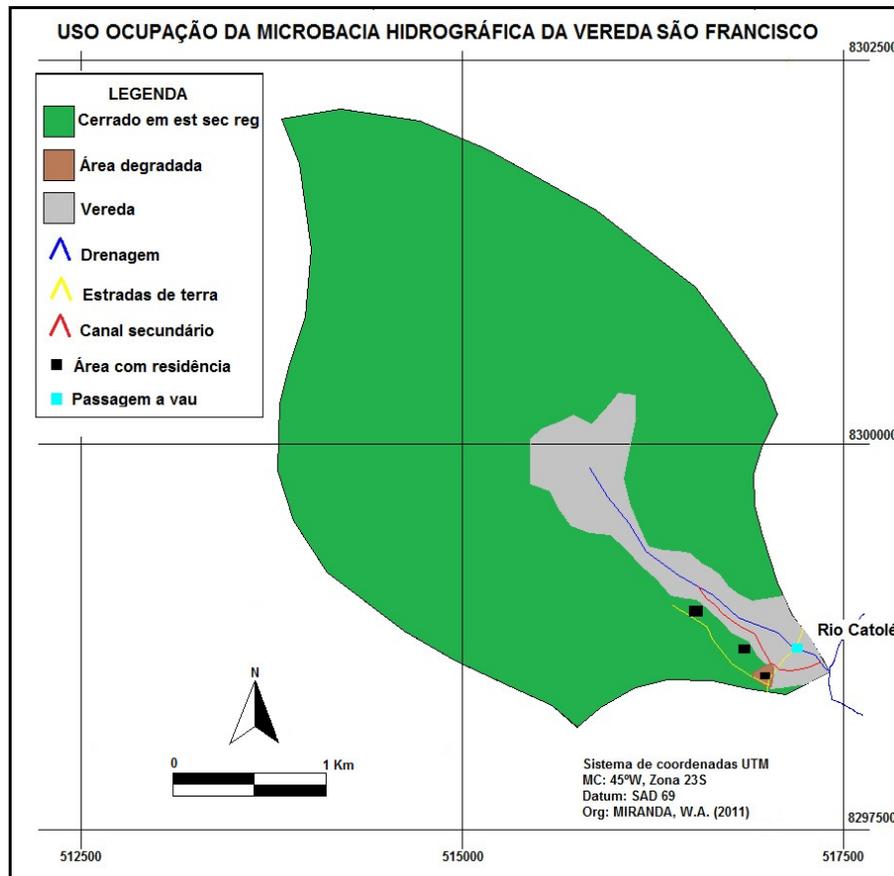
### 3.2.2 Microbacia com médio grau de impacto

#### Microbacia da vereda São Francisco

A Microbacia da Vereda São Francisco está localizada próxima da foz do rio Catolé. A sua microbacia possui 9,57 km<sup>2</sup> e está entre a comunidade São Francisco e a cidade de Bonito de Minas. Devido ao acesso entre ambas, a vereda apresenta alguns tipos de impacto, como estrada que corta a vereda do tipo "a vau", provocando o carreamento de sedimentos para o córrego (APÊNDICE C, FIG. 25).

Bahia *et al.* (2009), nos levantamentos dos impactos nas veredas da Bacia Hidrográfica do rio Pandeiros (BHRP), admitem que o planejamento equivocado e a má conservação das vias de acesso provocam a abertura de estradas vicinais, caminhos e trilhas com consequências às áreas de APP, devido a processos de erosivos e deposição de sedimentos no interior das veredas, em função da ausência de sistemas de drenagens.

A microbacia possui 0,13% de área degradada (FIG. 4), ocasionada por corte e limpeza de vegetação arbustiva, causando erosão laminar no solo. Outro impacto constatado é o uso de canal secundário de água, que é usado para levar água às residências afastadas do córrego. Para isso, foi realizado um pequeno barramento para utilização da água que é conduzida por gravidade, por meio de valas no solo até o ponto desejado. Esse desvio do córrego faz diminuir a vazão à jusante, pois a água não retorna ao leito normal.

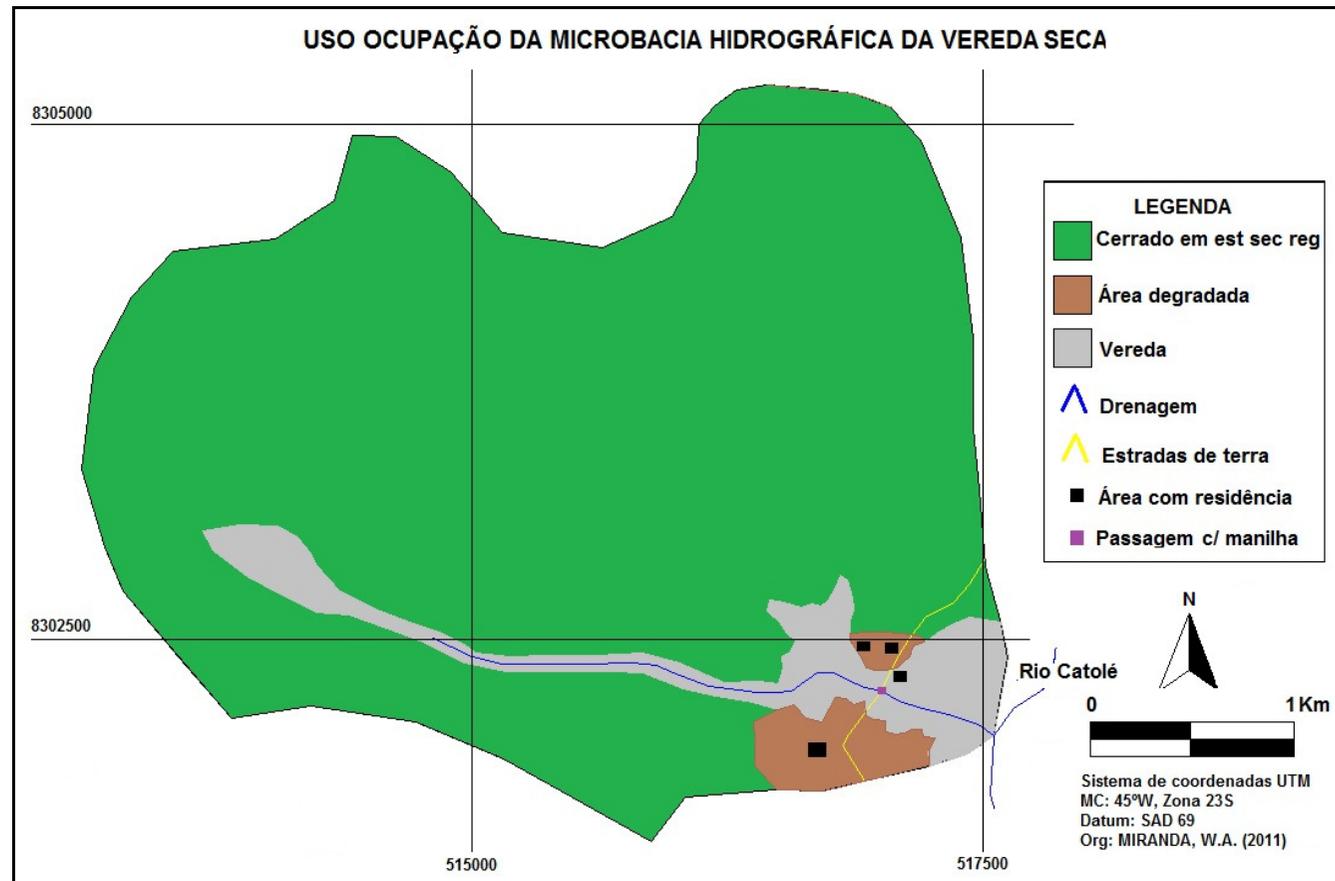


**FIGURA 4 -** Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda São Francisco

Não foi mensurado o número de habitantes na microbacia, e sim a quantidade de construções que serve de abrigo para o homem. Das três residências, nessa microbacia, duas estão na APP da vereda. O impacto provocado por elas é a compactação da área em volta da casa, o lixo jogado no terreno e o saneamento básico, que não está disponível. Na BHRP, não há saneamento básico e mais de 80% da população não possuem serviço de água tratada (IGA, 2006).

### **Microbacia da Vereda Seca**

A Microbacia da Vereda Seca possui 11,73 km<sup>2</sup> de área e 1,10% de área degradada, ocasionada por corte de limpeza de vegetação arbustiva, causando erosão laminar no solo. Há uma estrada de terra que corta a vereda e o seu córrego, que está sobre manilhas de concreto (APÊNDICE C – FIG. 26). Esse tipo de travessia provoca o barramento, apresentando um maior dano na vereda, devido ao aspecto construtivo inadequado, provocando o seu alagamento, com morte da vegetação nativa e aumentando a deposição de sedimento no seu leito. Próximo desse ponto, há um desvio, por meio de canal, provocando o carreamento de areia para dentro da vereda (FIG. 5).

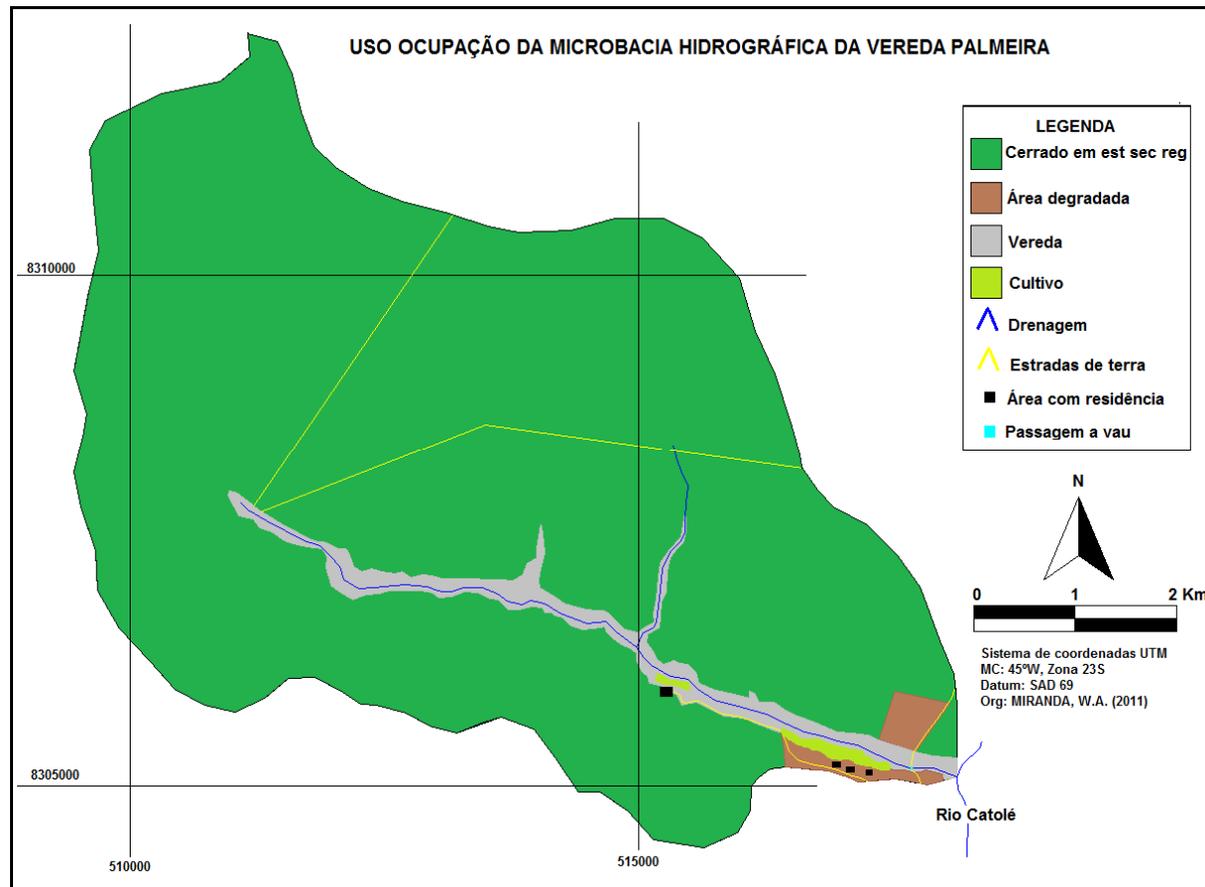


**FIGURA 5** - Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Seca

Na parte central da vereda, foi observada uma pequena área de cultivo de subsistência de feijão, entre as palmeiras do buriti, margeando o córrego, com uso de técnicas de canais para a irrigação por superfície. Nos estudos, IGA (2006) admite que, na BHRP, a agricultura é praticada nas várzeas do ribeirão Pandeiros e afluentes e também no entorno das veredas, com predominância, na região, da agricultura cíclica familiar, principalmente de mandioca, milho, arroz e feijão.

#### **Microbacia da Vereda Palmeira**

A microbacia da vereda Palmeira possui 40,63 km<sup>2</sup>, sendo que 1,67% da área apresentam problemas ambientais, como: pastagem degradada e solo exposto, desmatamento, vegetação arbustiva, causando compactação do solo, lixiviação e erosão laminar no solo (FIG. 6) (APÊNDICE A, FIG. 13 e 19).



**FIGURA 6** - Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Palmeira

Essas áreas impactadas estão próximas da foz, onde se concentrou a ocupação humana, registrada por residências próximas do córrego da vereda. Das quatro residências catalogadas e registradas, três estão dentro da APP da vereda, provocando degradações, como limpeza e compactação do solo. Próximos a essas casas, há cultivos diretamente na vereda, como mandioca, milho e feijão, para subsistência dos moradores locais (APÊNDICE B – FIG. 21).

Em estudos na BHRP e no Catolé, Bethonico (2009) sustenta que as comunidades rurais e moradores desenvolvem a agricultura de subsistência, principalmente com o cultivo do feijão, arroz, mandioca, milho e cana. Existem, também, algumas propriedades que praticam a pecuária extensiva.

A prática usada no cultivo é o dreno do córrego para seu entorno. Essa técnica de dreno foi incentivada na década de 1980, quando da implantação do programa Provárzea, promovendo a redução da umidade do solo. Essas ações aceleraram o escoamento da água das veredas, que funcionam como reservatório natural para o abastecimento das nascentes e dos córregos, comprometendo a perenização dos rios (BETHONICO, 2009).

O córrego dessa vereda possui boa vazão durante o ano todo. Moradores locais usam a água da vereda para lavar roupas, utensílios domésticos e para banho, fato registrado em campo, o que pode provocar o índice de coliformes fecais para a vereda e a diminuição da biodiversidade, provocada por produtos químicos (APÊNDICE C – FIG. 27).

Nesse mesmo ponto, uma estrada passa pelo córrego e, devido às condições de erosão severa da estrada, o mesmo tem ocasionado o carregamento de grande quantidade de areia diretamente para a vereda.

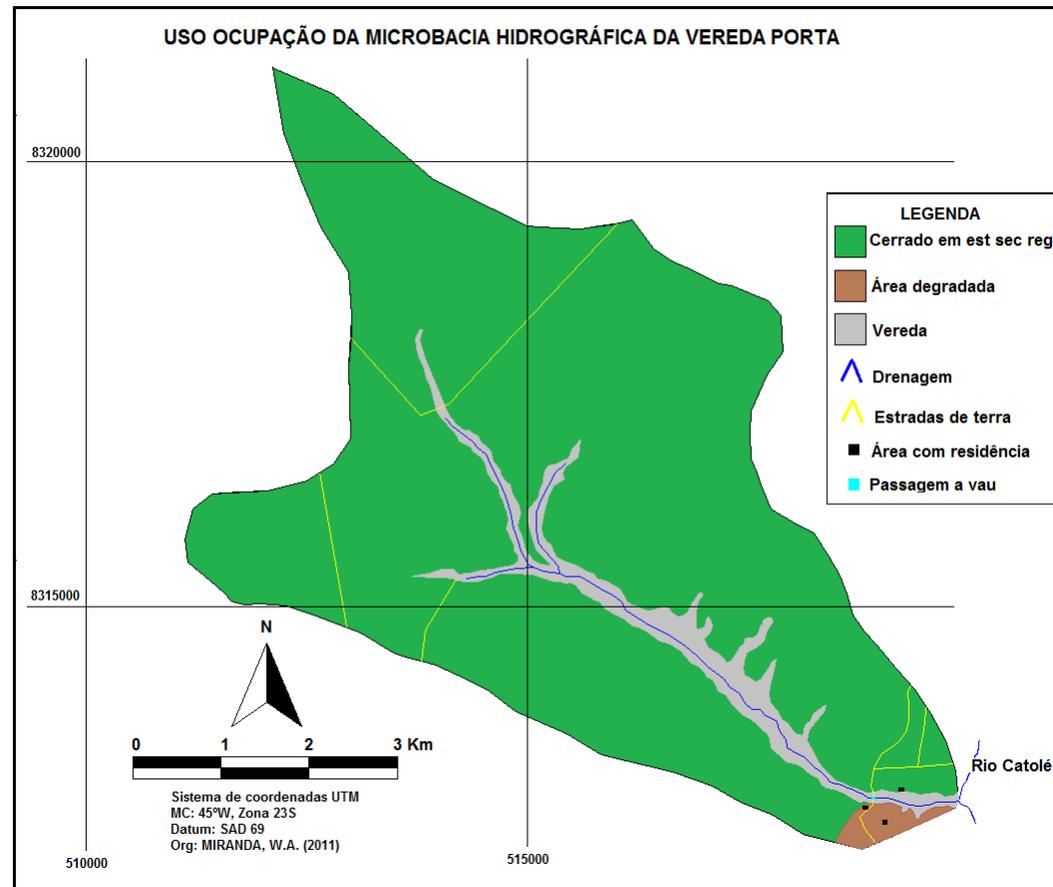
### **Microbacia da Vereda da Porta**

A Microbacia da Vereda da Porta possui 35,47 km<sup>2</sup> de área e apenas 0,95% de área degradada, ocasionado por pastagem com solo exposto, que causa vários tipos de erosão e carregamento de materiais particulados para dentro da vereda e introdução de espécies exóticas entre a vegetação em regeneração.

O desmatamento de áreas próximas às veredas é comumente realizado pelos veredeiros para a formação de pastagens pela agricultura de subsistência, reflorestamentos, monoculturas e/ou ocupada por animais domesticados, com agravo para vegetação herbácea e para o solo (BAHIA *et al.*, 2009).

Para o IGA (2006), na BHRP, onde o rio Catolé é afluente, ocorrem em áreas com solo exposto ou com cobertura vegetal degradada ou fragilizada, devido ao desmatamento, às queimadas, ao carvoejamento e ao pastoreio intensivo.

Nessa microbacia, a ocupação humana foi identificada por três residências, próximos da foz, onde a vereda possui maior área de inundação, sendo aproveitada para áreas de pastagem. Dentre elas, duas estão em APP da vereda, com consequências direta para a degradação do solo, por meio da sua compactação (FIG. 7).



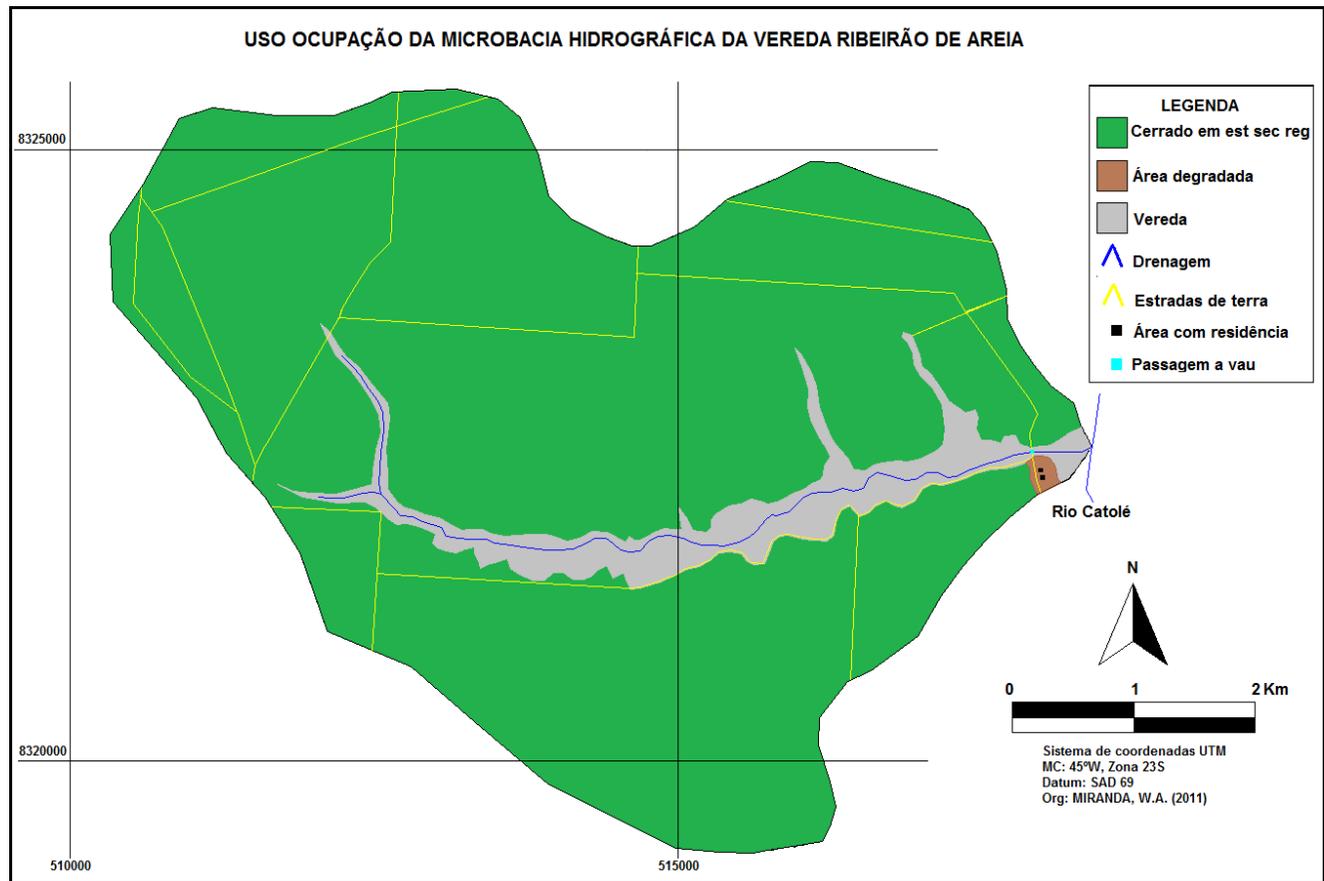
**FIGURA 7 - Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda da Porta**

O córrego da vereda é perene durante todas as estações do ano. As ocupações humanas ocorreram próximas da foz, onde uma pequena estrada de terra passa pela vereda "a vau", para chegar a outras propriedades. Nessa estrada, foi observada erosão em sulcos, sendo carregados sedimentos para dentro do córrego. Outras estradas de terra passam na microbacia na parte à jusante, bem na nascente da vereda, ocasionando os mesmos impactos.

Próximo desse ponto foi observada a utilização de motobomba para puxar água da vereda e levá-la à propriedade próxima, para uso diverso (APÊNDICE C, FIG. 28).

### **Microbacia da Vereda Ribeirão de Areia**

A Microbacia da Vereda Ribeirão de Areia possui 30,75 km<sup>2</sup> de área e apresenta 0,18% de área degradada, próximo da foz, ocasionada por pastagem degradada com solo exposto, que causa vários tipos de erosão e carregamento de materiais particulados para dentro da vereda, com ocupação de duas residências dentro da APP (FIG. 8).



**FIGURA 8** - Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Ribeirão de Areia

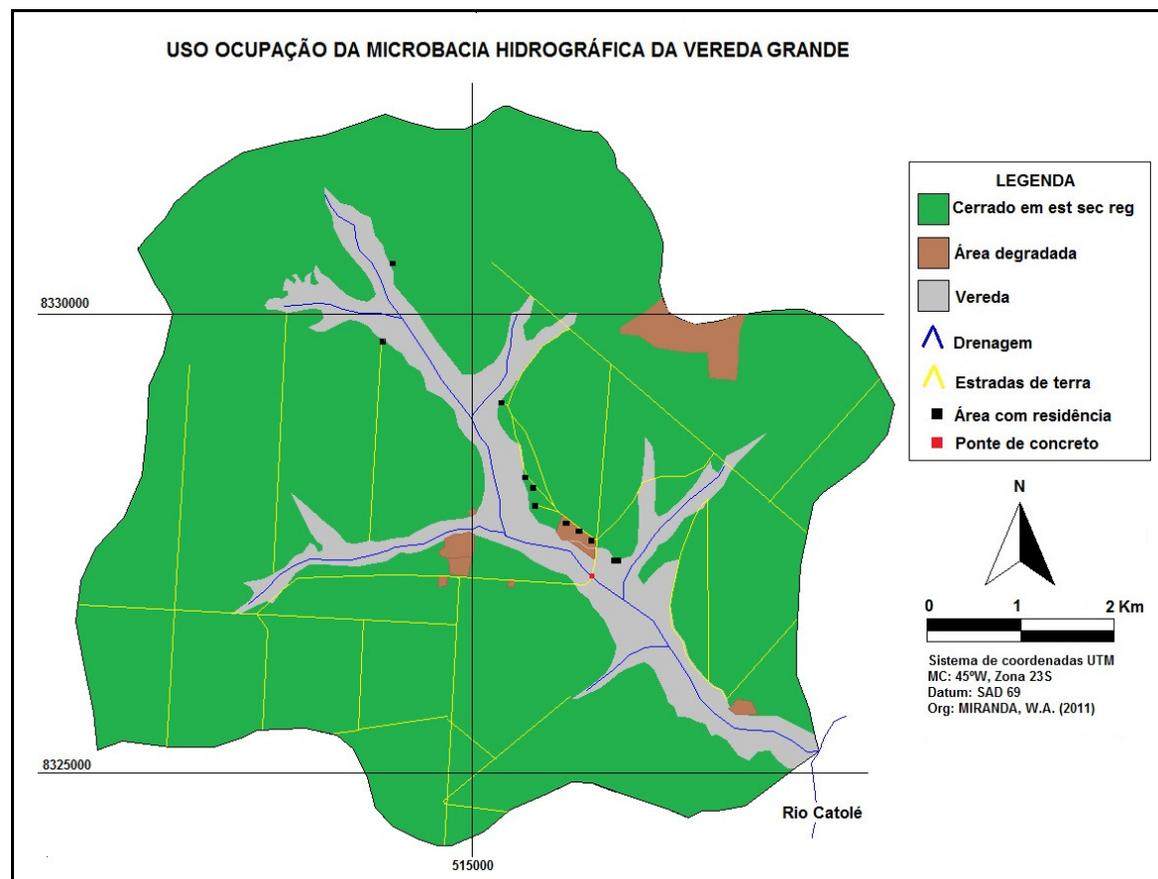
O córrego possui vazão constante e é perene. A água límpida nas veredas limita-se às áreas em que há baixa influência antrópica e presença de vegetação primária ou remanescente, conforme Viana (2006). Na BHRP, inúmeros cursos de água são intermitentes e efêmeros. Essa distribuição irregular das disponibilidades hídricas superficiais sofre influência das características hidrológicas, meteorológicas e geológicas da região, sendo os fatores antrópicos os que mais contribuem para o assoreamento da drenagem.

Há várias estradas na microbacia. Destacou-se a estrada que passa no entorno da vereda entre a vegetação de gramínea e a do cerrado. Essa percorre toda a vereda, margeando seus contornos bem na parte areal da vereda. Foi observada erosão nessa estrada, com consequência direta de carreamento para a vereda, além do tráfego de veículos que, por meio de barulhos, afugenta os animais silvestres ou atropela os mesmos.

Parte da microbacia que, no passado, foi desmatada, teve suas áreas ocupadas por reflorestamento de eucalipto, uma prática que deixou vários tipos de impacto, pois essas monoculturas eram implantadas até dentro das APP e, depois de anos, ainda sendo observadas algumas árvores em meio à vegetação do cerrado em regeneração (APÊNDICE A – FIG. 14).

### **Microbacia da Vereda Grande**

A Microbacia da Vereda Grande possui 50,12 km<sup>2</sup> de área e 0,53% de área degradada, ocasionada por pastagem com solo exposto, que causa vários tipos de erosão e carreamento de materiais particulados para a vereda (FIG. 9).



**FIGURA 9** - Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Grande

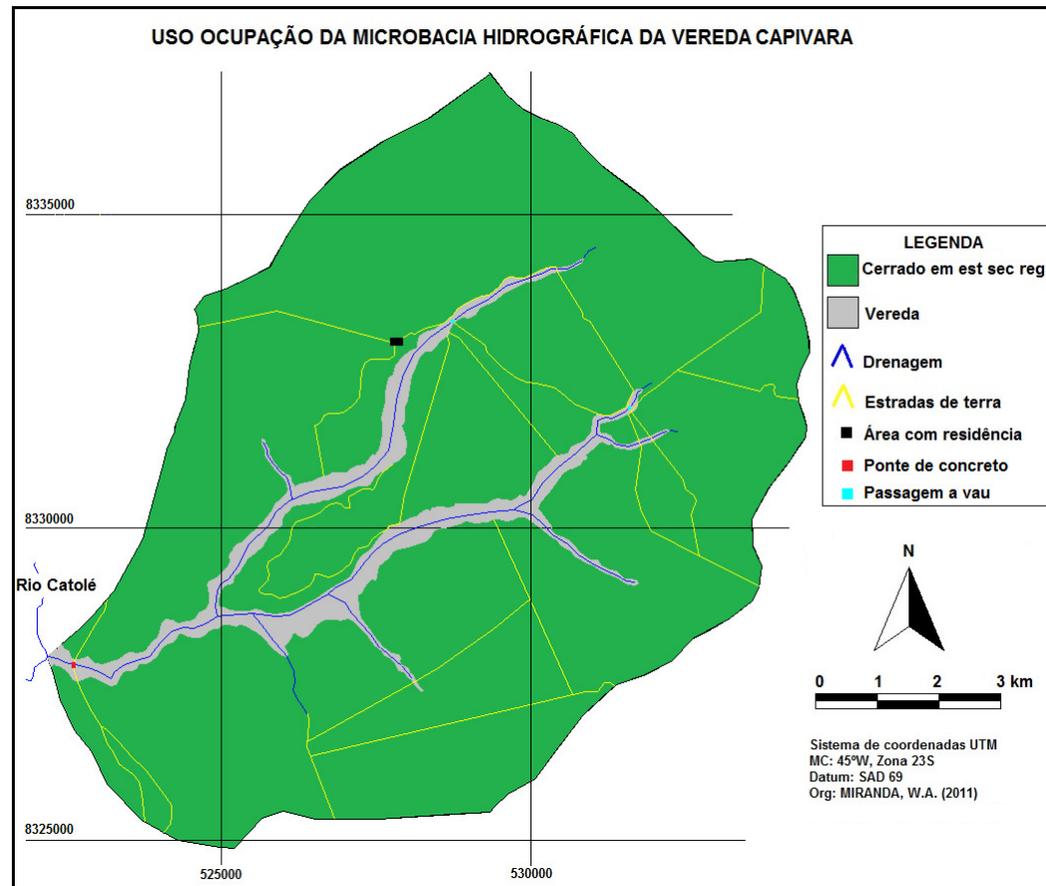
A ocupação humana na microbacia está localizada mais ao centro sendo comprovada por 14 residências, que trazem vários tipos de impactos. Dessas 6 estão em área de APP, agravando mais ainda os problemas de consequência direta para as veredas (APÊNDICE B, FIG. 23).

As estradas de terra que cortam a microbacia são antigas estradas talhões de área de reflorestamento. Hoje, a maioria delas está abandonada. Os impactos decorrentes desse abandono são que, devido ao solo ser de fácil erodibilidade, esses talhões geralmente terminavam dentro das veredas, o que leva o carreamento de sedimentos. A estrada que corta o córrego da vereda passa por uma ponte de concreto, o que ameniza os impactos nesse local.

Bethonico (2009) relata, no seu estudo, que o desmatamento, associado ao momento dos incentivos fiscais para as empresas de reflorestamento, nas décadas de 1970 e 1980, quando não foram respeitadas as matas ciliares e ações de conservação do solo, causaram, na BHRP, o assoreamento de várias nascentes, que se tornaram intermitentes.

#### **Microbacia da Vereda Capivara**

A Microbacia da Vereda Capivara possui 95,07 km<sup>2</sup> de área e não apresenta área degradada. A sua vereda possui 6,34% da microbacia (FIG. 10).



**FIGURA 10** - Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Capivara

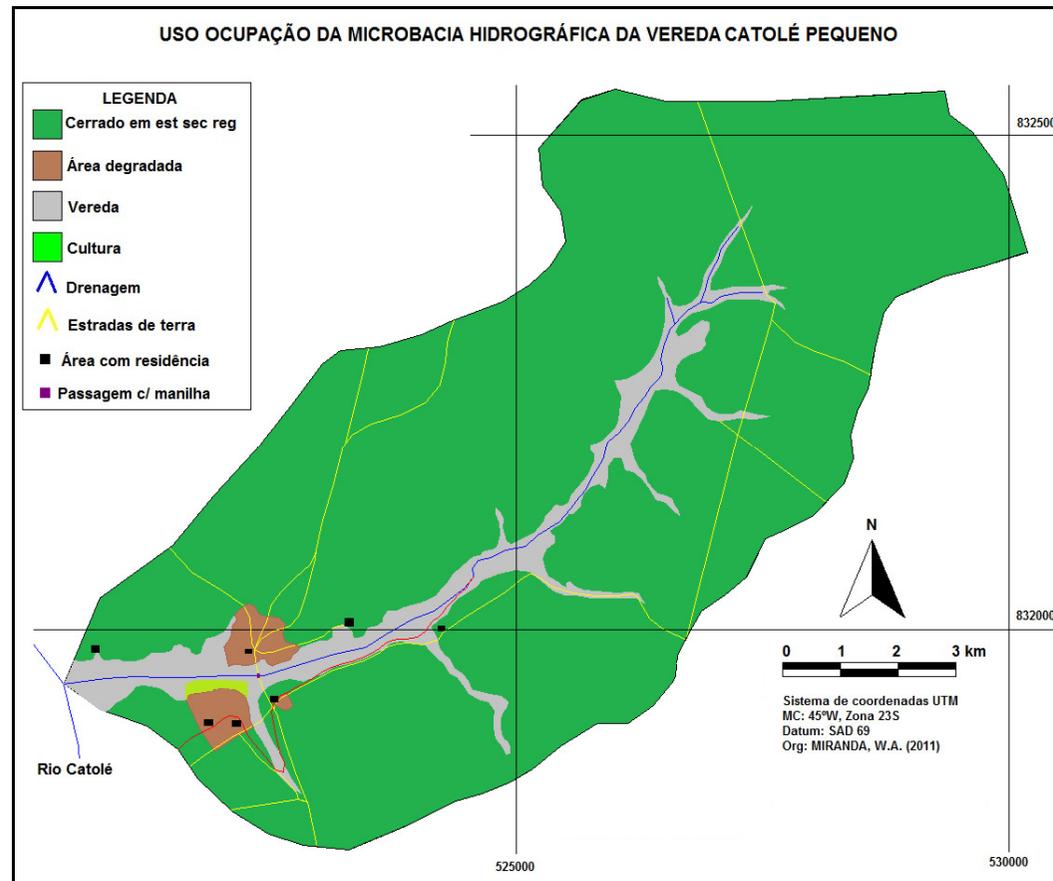
A Vereda Capivara possui travessia com ponte em concreto, não comprometendo a condição física do córrego. A ocupação humana está localizada ao norte da microbacia, com uma residência, que, devido às condições, provoca vários tipos de impacto e, devido à proximidade com a vereda, pode ocasionar erosão, contaminação do solo por substâncias químicas, quando manuseadas de forma incorreta, fato não registrado em campo.

Há várias estradas de terra no entorno da vereda. Duas cortam o córrego da vereda "a vau" e a estrada principal atravessa a vereda e seu córrego com uma ponte de concreto. Nesse ponto, foram observados vários tipos de lixos que são carreados para dentro da vereda (APÊNDICE B – FIG. 24). Devido a um grande projeto de reflorestamento de eucalipto na cabeceira da SBHRC, alguns trechos da estrada principal foram refeitos fora das APPs, com o uso de barraginhas de contenção de sedimentos. Esse é um ponto positivo, pois beneficia os moradores locais e preserva as APP das veredas.

### **3.2.3 Microbacia com forte grau de impacto**

#### **Microbacia da Vereda Catolé Pequeno**

A Microbacia da Vereda Catolé Pequeno possui 37,25 Km<sup>2</sup> de área e 1,61% de área degradada. A área da vereda corresponde a 7,91% da microbacia e possui 2,13% de sua área sendo utilizadas para o cultivo (FIG. 11).



**FIGURA 11** - Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Catolé Pequeno

Na área degradada, foram observadas: pastagem degradada, solo exposto e área com cerrado desmatado. São áreas com parte dentro das APPs, onde os impactos ali gerados são incididos diretamente para a vereda e a sua drenagem. Foram observadas em campo duas áreas degradadas, com remoção da vegetação e solo, para a retirada de cascalho usado na estrada de terra principal que sai da cidade de Bonito de Minas, passa pela vereda Grumichá, Catolé Pequeno, Capivara e Flores, seguindo para rio Cochá.

Foram observados cultivos de subsistência animal, com cultivo de sorgo. O uso das veredas para plantio de algum tipo de cultivo é uma prática muito utilizada pelos veredeiros, devido à falta de água em certas regiões. Ramos *et al.* (2006) relatam que, em pequenas propriedades rurais, próximas ao setor urbano, os solos das veredas no triângulo mineiro são utilizados para o cultivo de mandioca, abóbora, vagem, quiabo, jiló, inhame, batata-doce, milho, feijão, cana e capim. Nesse caso, as veredas são drenadas. Essa prática pode levar a ocorrência de metais pesados, conforme Viana (2006), como cobre e zinco, em áreas próximas às plantações de grãos e silvicultura nas veredas do rio Formoso.

As estradas contidas na microbacia são de terra e algumas delas estão margeando a vereda, aumentando o agravo ambiental. Próximo da foz, a estrada principal atravessa o córrego da vereda, com o uso de manilhas de concreto, formando um barramento no seu leito. Devido à má construção da travessia, essa tem contribuído para impacto direto para o córrego, levando grande quantidade de sedimentos de areia e pedra para o mesmo. Viana (2006) destaca que a construção de barragem associada às atividades existentes ao longo da bacia, próximo às margens das veredas, reduz o fluxo, rebaixa o nível da água, aumentando o grau de assoreamento e alterando a composição química da água pelo tempo de permanência na mesma.

As ocupações humanas na microbacia se desenvolveram ao sul da microbacia, sendo comprovadas por 7 residências, sendo 1 delas dentro da APP da vereda.

Nessa parte da microbacia é observado o uso de canal secundário de elevação, para transporte de água em gravidade para as propriedades (APÊNDICE C, FIG. 29).

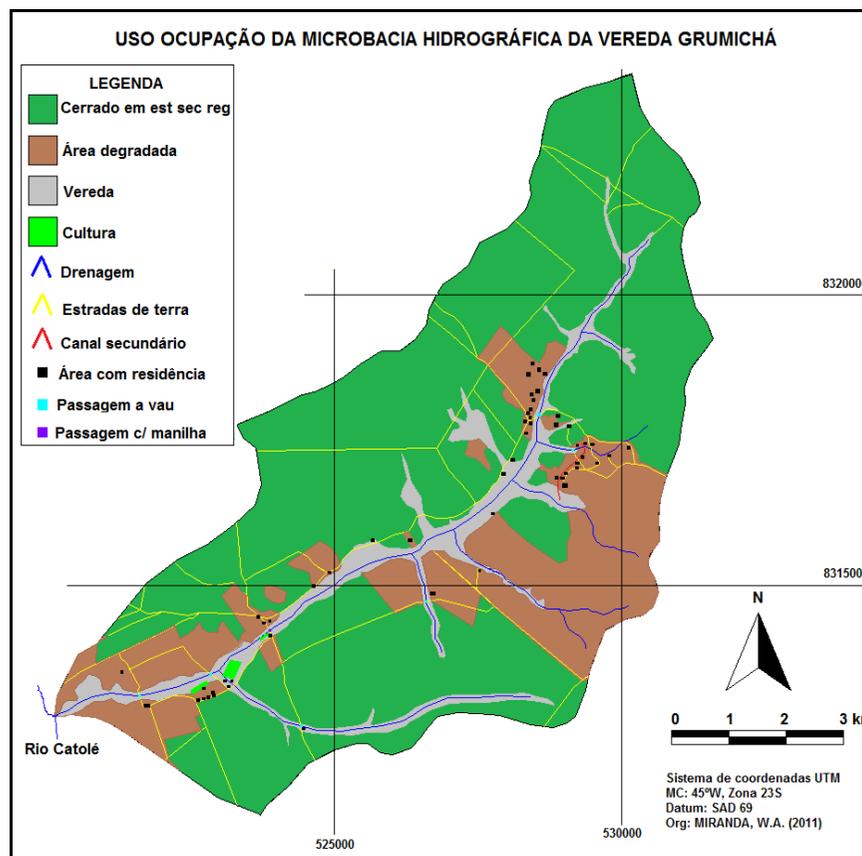
### **3.2.4 Microbacia com muito forte grau de impacto**

#### **Microbacia da Vereda Grumichá**

A Microbacia da Vereda Grumichá possui 69,1 km<sup>2</sup> de área com 21,49% de área degradada, ocasionada por desmatamento, pastagem degradada e solo exposto (FIG. 12).

A retirada da vegetação nativa foi muito utilizada para a exploração de carvão, sendo comprovado em campo pela grande quantidade de fornos ainda existentes na microbacia que serviram de matéria-prima aos fornos das siderúrgicas, provocando o rompimento dos sistemas naturais, deixando um rastro de impactos no ambiente. Essa prática, aliada a outras, fez com que o córrego da vereda secasse por cinco meses, no período de estudo. Segundo depoimentos, apresentados por Bethonico e Cunha (2009), o secamento do córrego da vereda, tem levado as comunidades a perfurar poços para conseguir água, devido ao desmatamento realizado na cabeceira desmatada para a produção de carvão.

Segundo o IGA (2006), esses impactos, associados às atividades de carvoejamento, de pastoreio intensivo, de práticas de queimadas, de reflorestamento e à ampliação das plantações nas áreas de recarga de aquíferos, têm provocado o secamento das veredas da BHRP, onde se concentram todas as atividades impactantes no ambiente. Para Boaventura (1988), a degradação do ambiente de vereda pode ser causada por diversos fatores, principalmente os empreendimentos industriais, agrossilvipastoris, mineração e estradas.



**FIGURA 12 -** Mapa de uso e ocupação da Microbacia da Vereda Grumichá

Essa microbacia vem sendo explorada por muitos anos, o que a comprova porcentagem da área degradada em relação às outras microbacias. Outro fator que agrava esse impacto é a ocupação humana, principalmente na vereda, sendo registrada por 54 residências, que trazem vários tipos de impactos (APÊNDICE B, FIG. 20). Dessas, 29 estão em APP, agravando mais os problemas com consequência direta para a vereda. Ferreira e Troppmair (2004), nos estudos de degradação das veredas do Chapadão Catalão, em Goiás, admitem que a urbanização da vereda causou ao solo sua impermeabilização e contaminou os cursos d'água, com o lançamento de esgotos e, muitas vezes, fazendo o aterramento de canais e da própria Vereda, fato esse já observado na vereda de estudo.

As erosões são responsáveis pelo agravamento dos impactos. Foi observada erosão do tipo voçoroca, em área com solo exposto na APP da vereda, levando grande quantidade de material solto, principalmente areia para dentro do córrego da vereda.

Outro indicativo de impacto por erosão é o carreamento de sedimentos de estradas sendo depositado nas partes baixas; nesse caso, a vereda. As estradas estão em toda microbacia e para aumentar o impacto, boa parte delas foi construída na APP e nas áreas margeando a própria vereda. Foram observados seis pontos de travessia a vau e uma com barramento e manilhas. Os impactos gerados por elas foram: desmatamento, perda da composição vegetal, assoreamento da vereda, água do córrego com alto grau de turbidez e seca da vereda (APÊNDICE A, FIG. 17).

Para ocupar a região do cerrado foi e continua sendo necessária a implantação de um sistema viário. É o primeiro sistema degradante a ser observado, pois, a partir das estradas, os demais impactos são consequentes, com interferência direta no ambiente e nas veredas. Essa intervenção, diante das condições do solo da vereda, obriga a limpeza da vegetação e a construção de extensos aterros sobre esse terreno alagadiço, com colocação de diminutos tubos/dutos para passagem da água apenas onde pressupõem que seja o curso principal da vereda. Muitas vezes, nem isso é realizado. Aterra-se o leito, sem se preocupar com a percolação da

água. Isso gera, de imediato, um rearranjo no fluxo da água, que é obrigada a fluir apenas pelos dutos colocados ou sob a barragem, afetando toda a dinâmica da fauna (FERREIRA; TROPMAIR, 2004).

Um dos modos de produção rural dos veredeiros é a criação de animais domesticados, prática usada como forma de sustento dos veredeiros da região. Foram observados animais (bovinos e equinos) utilizando a vereda como pastagem e bebedouro e a criação de gados cercados na vereda (APÊNDICE C, FIG. 30). Em conformidade com Ramos *et al.* (2006), nas veredas do triângulo mineiro, os proprietários rurais utilizam o capim nativo da vereda, que serve de alimentação para o gado. Farias *et al.* (2009) corroboram o estudo de Ramos *et al.* (2006), quando destacam a mesma situação observada na vereda (córrego do Óleo – Uberlândia-MG) relacionada a questões, muitas vezes, sociais e às vezes, a questões ambientais. O pisoteio do gado e a invasão do capim *brachiaria sp* têm sido, em parte, responsáveis pela descaracterização da vereda e áreas de nascente do córrego estudado.

A prática do pisoteio do gado, nas veredas, causa a compactação dos solos, provocando a diminuição da taxa de infiltração de água, déficit na recarga dos aquíferos alimentadores de fontes perenes à jusante, rebaixamento do lençol freático e redução da vazão das nascentes, conforme Meirelles *et al.* (2004), citados por Ramos *et al.* (2006).

Em estudo nas veredas do noroeste mineiro, Melo (1992) faz referência a alguns tipos de degradação do ambiente de vereda, sendo observados os mesmos impactos nesta vereda, como: barramento da vereda com afogamento e morte de buritis, resulta de aterros de estradas com escoamento inadequado; voçorocamentos nas encostas e conseqüente assoreamento da zona encharcada, encobrindo a turfa; drenagem e aração nas veredas mais rasas para fins agrícolas; presença de areais no entorno, relacionado ao desmatamento e à abertura de estradas. Esses areais parecem evidenciar modificações estruturais e perda de matéria orgânica de solos hidromórficos das bordas da vereda, totalmente prejudiciais à regeneração da cobertura vegetal.

#### 4 CONCLUSÃO

O uso da metodologia dos indicadores de impacto de veredas correspondeu às necessidades da pesquisa, sendo de fácil aplicação, com resposta direta às intervenções antrópicas, nas microbacias com veredas.

Por meio dos mapas de uso e ocupação, foi possível observar a integração dos problemas encontrados nas microbacias, relacionados principalmente com a ação antrópica, a partir de sua ocupação.

As áreas mais degradadas observadas nas microbacias estão concentradas próximas da foz de cada microbacia, coincidentemente ou não próximas às estradas de acesso. Nas áreas degradadas, é possível observar o uso do solo predominantemente para o uso de pastagem e agrícola, onde observa-se um forte movimento de expansão, principalmente sobre as áreas de preservação permanente das veredas.

A Vereda das Flores foi a mais preservada, por apresentar somente três indicativos de impacto. É uma vereda quase totalmente intacta, mas deve-se atenção às queimadas que ocorrem na região, pois trazem grandes consequências de destruição para a vegetação e a fauna.

Das dez veredas estudadas, a Vereda Grumichá foi a que apresentou maiores problemas ambientais, como: seca do córrego da vereda, animais pastando dentro da vereda, cultivo dentro da vereda, assoreamento da vereda, residências dentro de área de preservação permanente e outros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A proposta metodológica desenvolvida e aplicada na presente pesquisa apresentou-se eficaz, pois permitiu identificar as diferentes configurações da área de estudo, por meio da análise individual, obtendo um diagnóstico das características físicas e problemas ambientais de cada microbacia.

É fundamental o manejo adequado para a região, priorizando a questão social dos veredeiros aliados a preservação das APPs, pois são fatores essenciais para a manutenção e o equilíbrio da vida nas veredas, pois os resultados da disponibilidade hídrica evidenciam que a preservação das veredas e de sua microbacia tem assegurado uma vazão constante, o que implica na sobrevivência contínua desse quadro.

Tendo em vista os diversos tipos de perturbações antrópicas levantados na pesquisa, que levaram a diversos tipos de impactos nas microbacias, torna-se urgente a implantação de programas de educação ambiental para as comunidades locais, para viabilizar o cumprimento da legislação ambiental existente, evitando, assim, o uso inadequado dos recursos naturais. Priorizar o manejo de estradas e carreadores, pois esses têm contribuído para os grandes problemas de erosão e assoreamento das veredas. Esses deverão ser bem locados e conservados, assim como desativar as estradas dentro das veredas e em locais desnecessários. As saídas laterais de água deverão ser destinadas a bacias de captação. As obras de correção de erosão nas estradas incluem correção de leitos, obras de drenagem, cascalhamento e outros. As estradas que cortam os córregos das veredas devem ter pontes. Deve-se considerar que essas medidas reduzem as perdas de solo, assoreamento dos córregos e enchentes com ganhos econômicos e sociais.

Recomenda-se ainda o uso de alternativas sustentáveis de desenvolvimento que poupe os recursos naturais, não polua o meio ambiente e, ao mesmo tempo, responda às necessidades de produção e geração de renda aos agricultores da SBHRC onde o caminho deve ser embasado na

agroecologia. Além de manter um equilíbrio na sub-bacia as áreas do entorno e principalmente as áreas de recarga ano norte (chapada), deve manter-se em seu estado natural, pois assegura o ciclo hídrico interno.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento hídrico na SBHRC e também em outras sub-bacias da APA Estadual do rio Pandeiros, pela indisponibilidade de dados, presumindo-se que o mesmo possa se tornar em uma alternativa útil e vantajosa para a gestão e o manejo de bacias hidrográficas.

**REFERÊNCIAS**

ABDON, M. M. **Os impactos ambientais no meio-físico – erosão e assoreamento na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária.** 2004. 302 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

ALCÂNTARA, E. H.; AMORIM, A. J. Análise morfométrica de bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Caminhos da Geografia**, v. 7, n. 14, p. 70-77, fev. 2005.

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-127, jun. 2003.

ALVES, M. R. **Caracterização e uso da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo - MG.** 2005. 95 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

AMARAL, A. F. **Estrutura comunitária da vegetação, em uma seção transversal de vereda da reserva vegetal do CCPIU.** 1999. 54 f. Monografia (Bacharelado em Biologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1999.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do Meio físico da Bahia do arroio Boa vista – Guamiranga – PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, jun. 2007.

ARGENTO, M. S. F.; CRUZ, C. B. M. Mapeamento Geomorfológico. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. Cap. 9, p. 239-249.

BAHIA, T. O.; LUZ, G. R.; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. R. F.; NEVES, W. V.; BRAGA, L. L.; LIMA, P. C. V. Veredas na APA do Rio Pandeiros: importância, impactos ambientais e perspectivas. **MG.Biota**, Belo horizonte, v. 2, n. 3, p. 4-13, ago./set. 2009.

BARBOSA, G. V. Relevô. In: BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS - BMG. **Diagnóstico da economia Mineira: o espaço natural.** Belo Horizonte: BMG, 1967. v. 2. p. 69-108.

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Gurujá, litoral Sul do Estado da Paraíba. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2009.

BASTOS, A. C. S.; ALMEIDA, J. R. Licenciamento ambiental brasileiro no contexto da avaliação de impactos ambientais. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Russel, 1999. Cap. 2, p. 78-113.

BELTRAME, A. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Record, 1994. 112 p.

BETHONICO, M. B. M. **Área de proteção ambiental estadual do Rio Pandeiros, MG: espaço, território e atores**. 2009. 288 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2009.

BETHONICO, M. B. M.; CUNHA, S. B. Gestão sustentável de unidades de conservação: o caso da APA estadual do Rio Pandeiros, Minas Gerais. **GEOgraphia**, v. 11, n. 22, p. 104-127, 2009.

BOAVENTURA, R. S. Contribuição aos estudos sobre a evolução das veredas. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 3., 1978, Fortaleza. **Comunicações...** Fortaleza, 1978. p. 13-17.

BOAVENTURA, R. S. Preservação das Veredas: síntese. In: PROCEEDINGS OF THE 2ND LATIN-AMERICAN MEETING: HUMAN-ENVIRONMENT RELATIONSHIP, 2., 1988, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1988. p. 109-122.

BOAVENTURA, R. S. **Veredas berço das águas**. Belo Horizonte: Ecodinâmica, 2007. 264 p.

BOYER, M. C. Stream flow Measurement. In: CHOW, V. T. (Org.) **Handbook of Applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1964. Section 15, p. 1-41.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n. 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre Parâmetros, Definições e Limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 maio 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano.cfm?>>. Acesso em: 10 Ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n. 001/1986, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para relatório do impacto ambiental – RIMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. p. 2548-2549. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 Ago. 2010.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG - RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, mar./abr. 2006.

CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 168, p. 47-54, 1991.

CASTRO, J. P. C. As veredas e sua proteção jurídica. **Análise e Conjuntura**, Belo Horizonte, v. 10, n. 5-6, p. 321-333, 1980.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do Rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, v. 5, n. 2, p. 1-7, 2009.

CHEREM, L. F. S. **Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas, MG**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

CHEREM, L. F. S. MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; FARIA, S. D. Krigagem do MDE-SRTM para a bacia do alto rio das Velhas: avaliação morfológica e hidrológica do modelo, 2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 3., Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. **USGS, Professional paper 500-B**, 1962. (Tradução em Notícia Geomorfológica, v. 22, n. 23, p. 3-22, 1971).

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas. 1970. 215 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Filosofia, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1970.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgar Blüchler, 1974. 149 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blüchler, 1980. 188 p.

CHUEH, A. M.; SANTOS, L. J. C. Análise do potencial de degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais PR, por meio do diagnóstico físico conservacionista. **RA'E GA**, Curitiba, v. 10, p. 61-71, 2005.

COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. S. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2. ed. 2002. Cap. 3, p.103-136.

CORRÊA, G. F. **Les microreliefs Murundus et leur environnement pedologique dans l Oest du Minas Gerais**: reion du Plateau Central Bresilien. 1989. These (Docteur) - L Université de Nancy I. France, 1989.

COUTO, E. G.; RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Terra ardendo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 16, p. 48-57, jan./fev. 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro, 1982. 526 p. (Boletim de pesquisa, 1).

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. **Estudo dos Solos, Clima e Vegetação do Município de Manga, MG**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1990. 106 p.

FARIAS, E. M. C.; NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, M. S. M.; SOUZA, M. M. O.; SOARES, A. M. O córrego do óleo em Uberlândia - MG: caracterização e condições de conservação ambiental. **Revista da Católica**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 105-118, 2009.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. Considerações morfométricas da bacia do rio Uberabinha – Minas Gerais. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 19. n. 1, p. 65-80, jun. 2007.

FERREIRA, I. M. Aspectos conceituais de Veredas. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA, 3., 2007, Catalão. **Conhecimento, sociedade e cultura**. Catalão, 2007. 1 CD-ROM.

FERREIRA, I. M. Modelos geomorfológicos das Veredas no ambiente de cerrado. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 7/8, n. 1, p. 7-16, jan./dez. 2006.

FERREIRA, I. M.; SANTOS, E. V.; MARTINS, R. A. O processo de ocupação do bioma Cerrado e a degradação do subsistema vereda no sudeste de Goiás. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2009. v. 1. p. 1-21.

FERREIRA, I. M.; TROPMAIR, H. Aspectos do Cerrado: análise comparativa espacial e temporal dos impactos no subsistema de Veredas do Chapadão de Catalão (GO). In: GERARDI, L. H.; LOMBARD, M. A. (Orgs.).

**Sociedade e natureza na visão da geografia.** Rio Claro: UNESP, 2004. p. 135-152.

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e de rede de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba, SP.** 1968. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP, Piracicaba, 1968.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, v. 11, p. 53-57, 1952.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 472 p.

GURLEY, G. **Gurley precision instruments hydrological equipment: operation and Maintenance Guide.** New York: GPI, 1994. 77 p. Disponível em: <[http://www.gurley.com/Encoders/representation\\_USA.htm](http://www.gurley.com/Encoders/representation_USA.htm)>. Acesso em: 4 mar. 2010.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrographical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 2, p. 275-370, 1945.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. **Áreas de proteção ambiental no estado de Minas Gerais: demarcação e estudos para o pré-zoneamento ecológico - APA: Bacia do Rio Pandeiros.** Belo Horizonte: IGA, 2006. 259 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. 2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 4 mar. 2010.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. **Áreas Protegidas.** Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas>>. Acesso em: 4 mar. 2010.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. **Rem: Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, abr./jun. 2001.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 10, n. 29, p. 11-21, nov. 1996.

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. **Engenharia de Recursos Hídricos.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 798 p.

MAFFIA, V. P.; DIAS, H. C. T.; GAMBÁS, O. S.; CARVALHO, A. P. V. Monitoramento da precipitação e vazão em uma microbacia com plantio de

eucalipto no município de Francisco Dumont, MG. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2., 2009, Taubaté. **Recuperação de áreas degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade**. Taubaté: IPABHi, 2009. p. 141-148.

MAILLARD, P.; PEREIRA, D. B.; SOUZA, C. G. Incendios florestais em Veredas: conceitos e estudo de caso no Peruaçu. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia**, n. 61/64, p. 321-330, dez. 2009.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2005, 105 p.

MARTINS, E. S. P. E.; PAIVA, J. B. D. Quantidade dos recursos hídricos. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA E. M. C. D. (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 1997. Cap. 19, p. 531-565.

MEIRELLES, L. C.; SOARES, J. J.; FECIANO, A. L. P. Florística de Área Úmidas do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 41-68 *apud* RAMOS, M. V. V.; CURTI, N.; MOTTA, P. E. F.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SILVA, M. L. N. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./abr. 2006.

MELO, D. C. R.; PAIXÃO, K. V. Regionalização de vazões médias para a bacia hidrográfica do Alto Araguaia. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE CAMPO GRANDE – SRHCO, 2., 2002. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2002. v.1. p. 1-15. 1 CD-ROM.

MELO, D. R. **As Veredas nos planaltos do Noroeste Mineiro: caracterizações pedológicas e os aspectos morfológicos e evolutivos**. 1992. 219 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

MELO, D. R. **Contribuição ao estudo geomorfológico de veredas: região de Pirapora, MG**. 1978. 48 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1978.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – CERH-MG. Deliberação Normativa Conjunta COPA/CERH-MG, n. 1, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Minas Gerais**, Brasília, DF, 13 maio 2008.

Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 10 Ago. 2010.

MIRANDA, W. A. **Caracterização física da microbacia do Córrego dos Bois, Montes Claros, MG. Montes Claros, MG.** 2008. 45 f. (Monografia de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

MORAES, M. F. **Estimativa do balanço hídrico na bacia experimental/representativa de Santa Maria/Cambiocó - Município de São José de Ubá.** 2007. 233 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. 434 p.

OLIVEIRA, E. L. A.; RECKZIEGEL, B. W.; ROBAINA, L. E. S. Modificações na morfologia dos canais de drenagem da bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS. **RA'E GA**, Curitiba, v. 11, p. 103-113, 2006.

OLIVEIRA, E. L. A.; ROBAINA, L. E. S.; RECKZIEGEL, B. W. Metodologia utilizada para mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/Rs. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 248-261. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, S. N.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; SILVA, T. M.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; SILVA, N. C. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 1, p. 3-21, 2007.

OSVALDO JUNIOR, B. P.; ROSSET, A. N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT - Brasil. **Geoambiente on-line**, Jataí - GO, 2005. Disponível em: <<http://revistas.jatai.ufg.br>>. Acesso em: 4 mar. 2010.

PAULA, M. M.; FARIA, S. M.; LOPES, R. M.; MARTINS, A. P. Análise temporal das precipitações e vazões na bacia do Rio Doce (1973/2006). In: EREGEO, SIMPOSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 11., 2009, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2009. p. 986-995.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. Bacias Hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 110, p. 40-45, jun. 1995.

PRIMO, D. C.; VAZ, L. M. S. Degradação e perturbação ambiental em matas ciliares: estudo de caso do rio Itapicuru - Açú em ponto novo e Filadélfia Bahia. **Diálogos & Ciência - Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências**, v. 4, n. 7, p. 1-11, jun. 2006. Disponível em: <<http://www.ftc.br/revistafsa>>. Acesso em: 4 mar. 2010.

RAMOS, M. V. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SILVA, M. L. N. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./abr. 2006.

RECKZIEGEL, E. W.; ROBAINA, L. E. S. Estudo de parâmetros morfométricos do relevo e da rede drenagem da área situada entre os rios Jaguari e Ibicuí no município de São Vicente do Sul – RS. SIMPOSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiana. **Anais...** Goiana, 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998. p. 89-166.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840 p.

RODRIGUES, F. M.; PISSARA, T. C. T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Gloria, município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 310-322, abr./jun. 2008.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J.; QUEIROZ, J. F.; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; RODRIGUES, I.; BROMBAL, J. C.; TOLEDO, L. G. **Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 44 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia - FFLCH - USP**, n. 8, p. 63-73, 1994.

RUDORFF, B. F. T.; Mello, M. P.; Shimabukuro, Y. E. Imagens de Satélites de Sensoriamento Remoto no Brasil. **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá-MT** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009, p. 1077-1083.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Lactec, 2001. 372 p.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, New Jersey, v. 67, n. 5, p. 597-646, May, 1956.

SILVA, L. M. C. Análise de critérios de outorga de direito de uso de recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável. In: CICLO DE PALESTRAS DA SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 1997, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF.: M&C Marketing e Comunicação, 1999.

STRAHLER, A. N. Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms. **Geological Society of America Bulletin**, v. 69, n.3, p. 279-300, Mar. 1958.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, Nov. 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 8, n. 6, p. 912-920, 1957.

TEODORO, V. L. I.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, n. 20, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K, C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.** 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2005.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 859-857, set./out. 2006.

TORRES, J. L. R.; SILVA, S. R.; SILVA PEDRO, C. A.; PASSOS, A. O.; GOMES, J. Q. Morfometria e qualidade da água da microbacia do Ribeirão da Vida em Uberaba, MG. **Gobal Science and Technology**, v. 2, n. 1, p. 1-9, jan./abr. 2009.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977. 97 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade ABRH, 1997. 943 p.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55–64, nov. 2010.

VIANA, V. M. F. C. **Estudo geológico ambiental das Veredas do Rio do Formoso no município de Buritizeiro, Minas Gerais**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 102 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: MacGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

VITTALA, S. S.; GOVINDAIAH, S.; GOWDA, H. H. Prioritization of sub-watersheds for sustainable development and management of natural resources: an integrated approach using remote sensing, GIS and socio-economic data. **Current Science**, v. 95, n. 3/10, p. 345-354, Aug. 2008.

WANIELISTA, M.; KERSTEN, R.; EAGLIN, R. **Hydrology**: water quantity and quality control. EUA: John Wiley & Sons, 1998. 567 p.

## APÊNDICE A



**FIGURA 13** - Vegetação do entorno da Vereda Palmeira com solo exposto



**FIGURA 14** - Vegetação do entorno da Vereda Ribeirão de Areia com espécies de eucalipto sp.



**FIGURA 15** - Vegetação da Vereda das Flores no mês de maio de 2010



**FIGURA 16** - Vegetação da Vereda das Flores após queimada no mês outubro de 2010



**FIGURA 17** - Processo de erosão por voçoroca no entorno da Vereda Grumichá, sendo carreadas grandes quantidades de sedimentos para a mesma



**FIGURA 18** - Estrada margeando a Vereda das Flores

## APÊNDICE B



**FIGURA 19** - Área desmatada na Vereda Palmeira



**FIGURA 20** - Entorno da Vereda Grumichá com pequenos sítios



**FIGURA 21** - Cultivo de mandioca e milho dentro da Vereda Palmeira



**FIGURA 22** - Cultivo de sorgo dentro da Vereda Grumichá



**FIGURA 23** - Tipo de ocupação humana na área de APP da vereda



**FIGURA 24** - Ponte de concreto no córrego da Vereda Capivara

## APÊNDICE C



**FIGURA 25** - Travessia no córrego da Vereda São Francisco do tipo "a vau"



**FIGURA 26** - Travessia no córrego da vereda Seca com manilhas de concreto



**FIGURA 27** - Uso do córrego da vereda para lavar roupas com produtos industrializados (químicos), Vereda Palmeira



**FIGURA 28** - Uso de motobomba para utilização da água na Vereda da Porta



**FIGURA 29** - Canal secundário observado na Vereda Catolé Pequeno



**FIGURA 30** - Animais domesticados dentro da Vereda Grumichá