

FATORES INTENSIFICADORES DAS ENCHENTES/INUNDAÇÕES NO MÉDIO E BAIXO RIO PIRANGA – MG

Leonardo Alves de Oliveira Silva¹

José Flávio Morais Castro²

Guilherme Taitson Bueno³

Introdução

A dinâmica fluvial engloba características ligadas aos aspectos geológicos, às formas de relevo, aos processos geomorfológicos, às características hidrológicas e climáticas e à ação antrópica. O foco desse estudo está voltado à investigação da dinâmica fluvial e dos processos fluviais que ocorrem no leito, nas margens e nas planícies de inundação dos cursos de água. Alguns processos naturais, relativos à dinâmica fluvial se destacam, e dentre eles estão as enchentes, decorrentes de movimentos atmosféricos e fatores geomorfológicos. As enchentes ou cheias ocorrem naturalmente em qualquer curso de água, mas tornam-se um grande problema quando atingem áreas urbanas situadas às margens de rios.

Com a expansão da urbanização, percebe-se um aumento da frequência e da intensidade das enchentes em decorrência da remoção da vegetação original, da ocupação de áreas de risco, como os fundos de vale, e da impermeabilização da superfície urbana. Estes fatores, associados ao acontecimento das chuvas intensas, podem contribuir para o aumento do pico de vazão dos cursos de água, acarretando uma desorganização do espaço urbano.

No Brasil, as enchentes e os escorregamentos são os principais desastres naturais. Merecem, portanto, atenção especial por parte dos pesquisadores e do poder público em todas as suas instâncias. Em dezembro de 2008, as enchentes e os deslizamentos provocados pelas fortes chuvas fizeram milhares de vítimas nos estados de Santa Catarina, Minas Gerais e Rio de Janeiro, deixando ainda a infraestrutura urbana e rural precárias em muitos municípios desses estados. Em janeiro de 2012, novamente as enchentes e os deslizamentos causaram mais mortes e prejuízos nos estados citados.

Em Minas Gerais, em 2008 e 2012, a Zona da Mata e o Centro-Oeste foram as regiões mais atingidas pelas enchentes no estado. Cidades como Ponte Nova, Guaraciaba, Piranga, Guidoal, Divinópolis e Formiga ficaram inacessíveis e sofreram grandes prejuízos.

Na cidade de Piranga, a ponte e as casas entre o Bairro Cidade Nova e a Rua do Mercado ficaram tomadas pelas águas durante a enchente de janeiro de 2012. Em Guaraciaba, a Praça Santana que fica no centro da cidade, ficou submersa durante a enchente de dezembro de 2008. Em Ponte Nova, tanto na enchente de 2008 quanto na de 2012, houve falta de água tratada em decorrência de danos ao sistema de captação. Muitas casas ficaram parcial ou totalmente destruídas nos bairros Centro Histórico, Vila Alvarenga, Copacabana, Palmeiras, Santo Antônio, Vila Centenário, Triângulo e Rasa.

A compreensão da dinâmica das enchentes passa pela avaliação da descarga máxima e das cotas fluviométricas, variáveis que dependem de fatores climáticos e de características da bacia hidrográfica. Entre os fatores climáticos predominam as características da precipitação, como intensidade, duração, distribuição no tempo e no espaço, além de condições antecedentes às precipitações.

O perfil longitudinal dos cursos de água também influi sobre a velocidade de escoamento da água. Bacias que apresentam cursos de água de maior gradiente causam descargas máximas maiores, porque ocorre menor concentração no tempo dos fluviogramas. A morfologia do leito dos cursos de água também influi sobre a velocidade de escoamento das enchentes, por sua seção transversal, rugosidade ou crescimento de vegetação ribeirinha.

Os municípios mineiros de Piranga, Presidente Bernardes, Porto Firme, Guaraciaba e Ponte Nova estão situados no médio e baixo vale do rio Piranga. Estes municípios registraram fortes enchentes em 1951, 1979, 1997, 2008 e 2012. Todos eles, com exceção de Ponte Nova, apresentam população rural superior à população urbana, sendo que a ocupação e o desenvolvimento desses municípios

basearam-se na extração vegetal e mineral, acarretando drásticas consequências ambientais tais como: devastação da cobertura vegetal original, avanço do processo erosivo, assoreamento e poluição dos cursos de água em decorrência do lançamento de esgotos domésticos, resíduos agroindustriais e de mineração. Os areais também representam um grande problema para o rio Piranga, pois há muitos deles retirando areia no leito, nas margens e nos terraços no trecho entre Piranga e Ponte Nova. Além disso, as margens do rio Piranga, nas sedes municipais, encontram-se ocupadas, e as principais rodovias de acesso a estes municípios, em muitos trechos, acompanham o leito do rio em razão da topografia predominantemente ondulada.

Outra questão pertinente no baixo vale do rio Piranga é a existência de duas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em operação, Brecha e Brito, situadas entre as cidades de Guaraciaba e Ponte Nova. A PCH Brecha é bastante contestada pela população, principalmente de Guaraciaba, que alega forte influência da mesma sobre a ocorrência de enchentes de grande intensidade e longa duração. Entretanto, há projetos de construção de mais quatro PCHs neste trecho do rio (Jurumirim, Cantagalo, Bom Retiro e Pontal), além da ampliação da PCH Brito, denominada Nova Brito, já com licença de instalação concedida (FOLHA DE PONTE NOVA, 2010).

A pesquisa teve por objetivo caracterizar a carga sedimentar no médio e baixo rio Piranga-MG, tanto de leito como em suspensão, levantando correlações com os processos morfodinâmicos locais; verificar os reflexos da construção do reservatório da usina hidrelétrica da Brecha no rio Piranga, a montante e a jusante da barragem e discutir sua possível interferência no comportamento das enchentes na cidade de Guaraciaba, situada 11 km a montante do reservatório; e verificar a correlação existente entre a precipitação e as enchentes/inundações que atingem o médio e baixo rio Piranga periodicamente.

Área de estudo

A bacia do rio Doce (Figura 1) abrange terras dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo e nela está inserida a bacia do rio Piranga (Figura 2), que também faz parte da Unidade de Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos DO1.

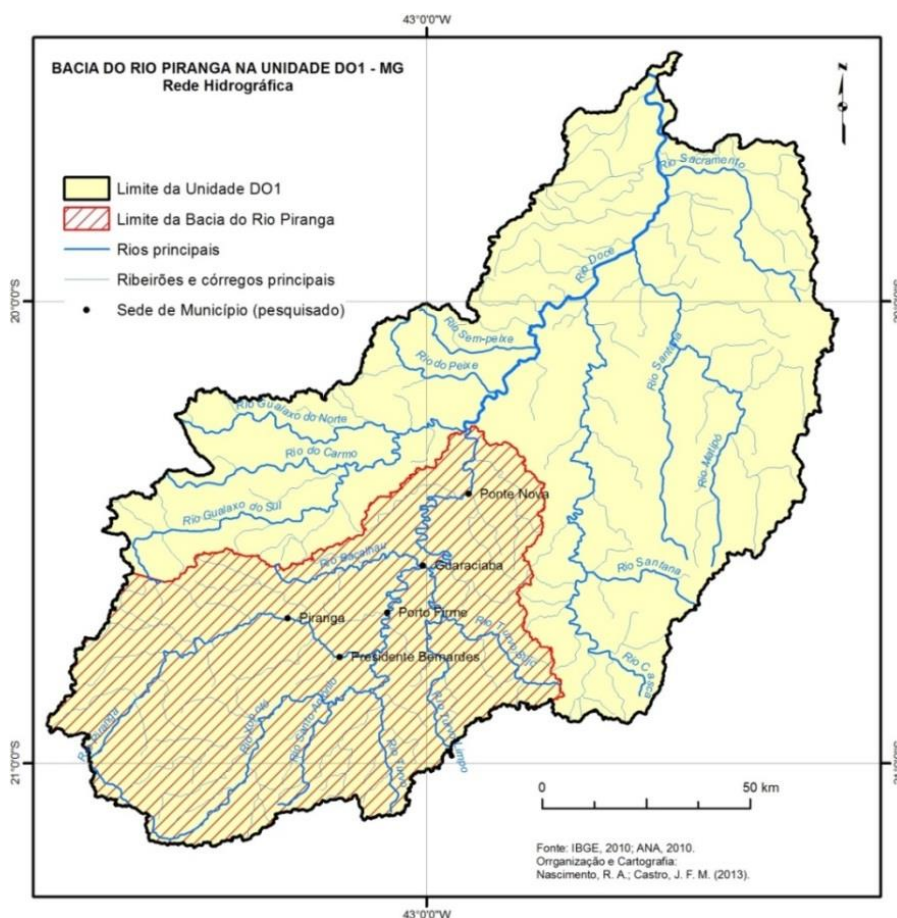
Segundo Barros (1967, p. 34) a bacia do rio Piranga, apresenta rochas arqueanas, com pouca presença de granito, sotopostas a outras parametamórficas como micaxistos, quartzitos e filitos. Há predominância do gnaiss e presença de charnoquitóides, que ocorrem principalmente na porção sudoeste da bacia. Também há ocorrência de rochas vulcânicas no noroeste e de metavulcânicas entre Presidente Bernardes e Ponte Nova, por onde corre o rio Piranga.

Figura 1. Localização da bacia do rio Doce.



Fonte: NASCIMENTO, 2013.

Figura 2. Localização da bacia do rio Piranga e Unidade DO1.



Fonte: NASCIMENTO, 2013.

De acordo com Barros (1967, p. 11), o vale do Piranga está inserido no Planalto Cristalino Rebaixado, no qual a paisagem é representada pelos Mares de Morros. A bacia do rio Piranga encontra-se predominantemente inserida no Domínio de Morros e Serras Baixas. As nascentes dos rios Piranga e Xopotó localizam-se nas Escarpas Serranas da Mantiqueira. O Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos ocorre nas porções sudeste, sudoeste, norte e nordeste da bacia. Na porção noroeste está o Domínio Montanhoso da Serra do Espinhaço, e entre a sede municipal de Piranga e a confluência com o rio Xopotó observa-se uma planície fluvial que margeia o rio Piranga.

A altitude predominante na bacia varia entre 639 e 796 metros, entretanto a partir da cidade de Piranga até Ponte Nova, o leito do rio situa-se na faixa entre 638 e 444 metros. Após a sede municipal de Ponte Nova até a confluência com o rio do

Carmo, a altitude varia entre 443 e 350 metros. A altitude predominante nos municípios de Piranga, Presidente Bernardes, Porto Firme e Guaraciaba situa-se na faixa de 600 a 796 metros, contudo no extremo norte deste último município (região do Cantagalo) e em Ponte Nova a altitude varia entre 350 e 638 metros.

As classes de solos que predominam na bacia do rio Piranga são os Latossolos Vermelhos Distróficos e os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, que ocorrem principalmente nos planaltos dissecados desde o relevo plano, passando pelo suave ondulado até o forte ondulado e/ou montanhoso com predominância neste último. O Argissolo Vermelho-Amarelo também é encontrado desde o relevo plano, passando pelo suave ondulado até forte ondulado e/ou montanhoso (COELHO, 2007, p. 68; COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE, 2012). Em menor abrangência, ocorre o Cambissolo Háptico em relevo montanhoso.

De acordo com Barros (1967, p. 11-12), o clima predominante na Bacia do Rio Piranga é o clima tropical de altitude. Segundo a classificação de Köppen trata-se da variedade Cwb ou Cwg': mesotérmico com estação chuvosa no verão que, via de regra é brando. A estação chuvosa é de novembro a março, sendo o trimestre mais chuvoso o de novembro a janeiro e o mais seco, o de junho a agosto. A umidade relativa do ar anual varia de 75 a 90% sendo, portanto, de clima úmido. Os meses mais quentes são janeiro, fevereiro e março, e os mais frios são junho, julho e agosto, com uma temperatura média anual de 20°C.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados hidrossedimentológicos de vazão, cota fluviométrica e precipitação foram coletados junto ao banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). Depois de coletados, os dados foram tabulados, comparados e apresentados em gráficos e tabelas gerados através do *software* Excel 2010, para demonstrar a sazonalidade e intensidade das variáveis.

Os dados foram georreferenciados no software ArcGis 10.0, licenciado para o Laboratório de Cartografia do Programa de Pós-graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da PUC-Minas, que permitiram o tratamento e a análise da concentração dos sedimentos em suspensão nos pontos de coleta.

Morfometria da Bacia do Rio Piranga

Desse modo, para se compreender a dinâmica de um canal fluvial se faz necessário o estudo de algumas variáveis da geometria hidráulica, sendo algumas relacionadas ao elemento fluxo, como a profundidade, largura, área e concentração de sedimentos; e outras relacionadas ao material sedimentar, como a granulometria e rugosidade do leito.

A bacia hidrográfica do rio Piranga foi delimitada em cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000. Os valores de perímetro, área, comprimento de canais e comprimento de eixo da bacia foram calculados por meio do software ArcGis 10.0.

Por meio dos dados de altitude, perímetro, área, comprimento de canais e comprimento de eixo foi possível obter os demais parâmetros morfométricos por meio da aplicação das seguintes equações utilizadas por Cardoso et al (2006); Stipp et al (2010) e Marcuzzo et al (2011):

- **Comprimento do rio principal (Cp):** distância da foz até a nascente mais distante.
- **Gradiente dos canais (G):** $G = H - h$, onde H é a altitude da nascente, h é a altitude da foz.
- **Índice de sinuosidade (Isin):** $Isin = 100 (L - eV) / L$, onde L é o comprimento do canal principal e eV é a medida do eixo maior da bacia.
- **Comprimento médio dos canais (Lm):** $Lm = Lu / Nu$, onde Lu é a extensão total dos rios e Nu é o número total de rios.
- **Área da bacia (A):** refere-se a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial.
- **Fator de forma da bacia (Ff):** $Ff = A / L^2$, onde A é a área da bacia e L é o comprimento do eixo da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do divisor topográfico). O fator de forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento de eixo da bacia.
- **Índice de Compacidade (Kc):** $Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A}$, onde P é o perímetro (km) e A a

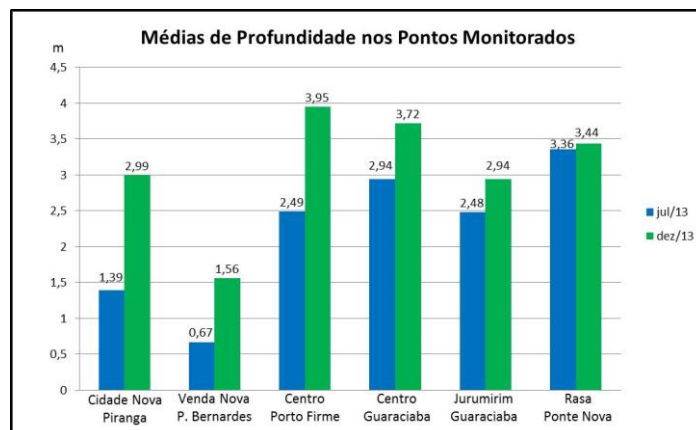
área de drenagem (km²). O índice de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com um círculo. Representa a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

- **Índice de circularidade (Ic):** $Ic = 12,57 \cdot A/P^2$, onde A é a área da bacia e P é o perímetro da bacia.
- **Densidade de drenagem (Dd):** correlaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica. Aplica-se a fórmula $Dd = Lt/A$, onde Lt o comprimento total dos canais e A a área da bacia.
- **Índice de rugosidade (Ir):** $Ir = H \times Dd$, onde H é a amplitude altimétrica e Dd é a densidade de drenagem.
- **Amplitude altimétrica (Hm):** $Hm = h1 - h2$, onde h1 é o ponto de máxima altitude da bacia e h2 é o ponto de menor altitude da bacia.

Geometria hidráulica e amostragem dos sedimentos

As médias de profundidade obtidas nos pontos de monitoramento nos períodos de 25/07/2013 a 27/07/2013 e de 27/12/2013 a 29/12/2013 estão presentes na Figura 3.

Figura 3. Médias de Profundidade nos Pontos Monitorados ao Longo do Rio Piranga.



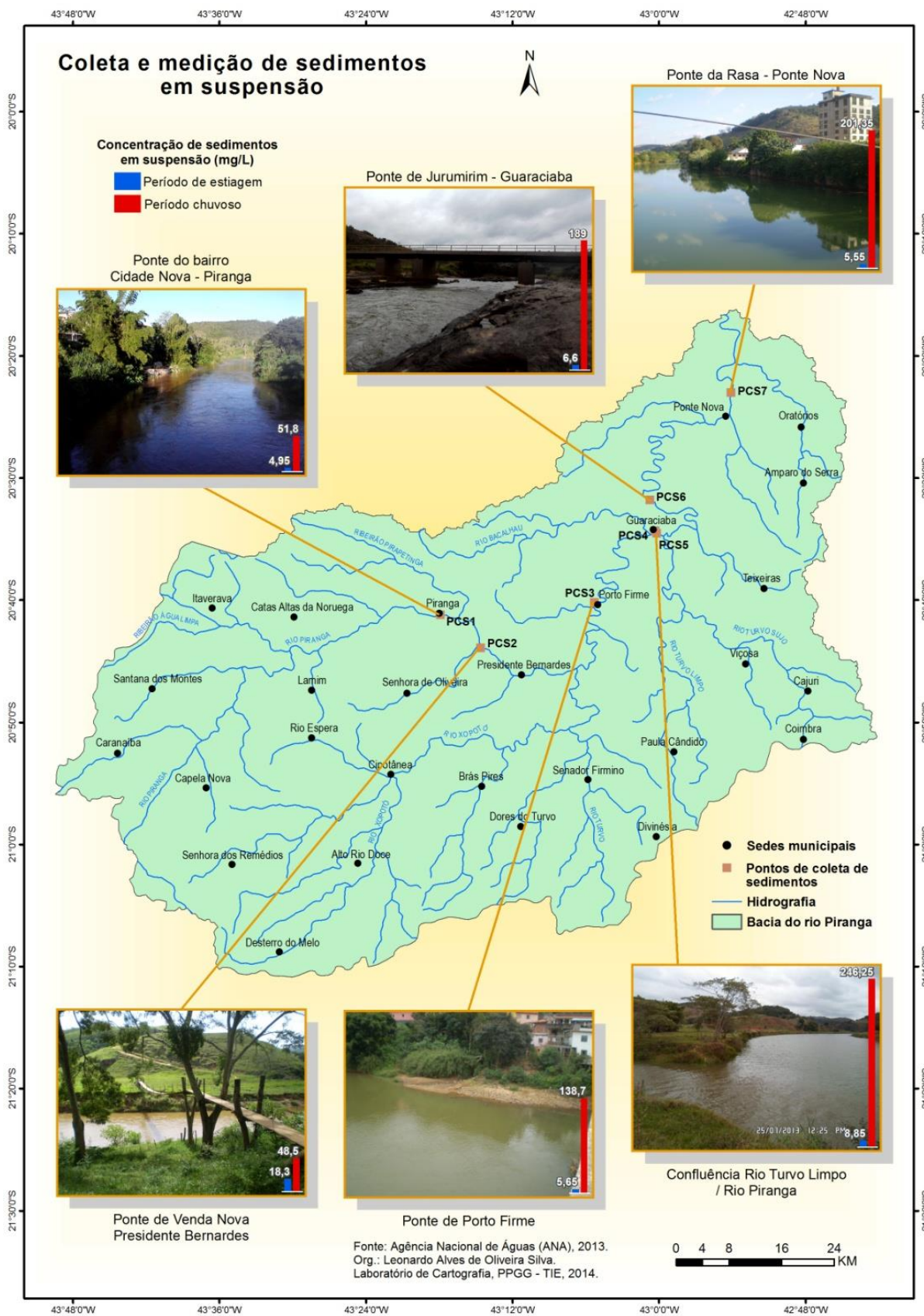
Fonte: SILVA, 2013.

Para a seleção dos pontos de monitoramento das variáveis da geometria hidráulica (granulometria de sedimentos de leito, concentração de sedimentos em suspensão, largura e profundidade de canal) foi levada em consideração a facilidade de acesso e de uso dos equipamentos, o que foi proporcionado pelas pontes. Desse modo, quase todas as mensurações e coletas foram feitas sobre pontes ou próximo a elas, com exceção da coleta de sedimentos que foi realizada na confluência entre os rios Piranga e Turvo Limpo em Guaraciaba, que também é um local de fácil acesso. Os pontos escolhidos (Figura 4) foram marcados com o auxílio de um GPS

e neles foram obtidas a profundidade média e a largura do canal. A determinação da profundidade média foi obtida com base em quatro medidas com espaçamento aleatório de profundidade do rio ao longo da seção transversal, sempre efetuadas da margem esquerda para a direita. Depois de obtidos os resultados foi obtida a média. Para se efetuar as medidas de profundidade, foram empregados um barbante graduado com um peso acoplado e uma trena para conferir a medida com maior exatidão. A largura foi obtida por meio de mensuração com barbante graduado e trena sobre a extensão das pontes.

A coleta de sedimentos de leito foi realizada no mês de dezembro de 2013 com o auxílio de um amostrador de carga de leito, que consiste em um recipiente de alumínio com um peso de ferro acoplado e sustentado por uma haste, o que permite que o recipiente desça até o fundo e colete na horizontal a amostra de sedimentos de até 8,0 mm (argila, silte, areia e seixos). Esse equipamento se assemelha ao amostrador do tipo concha de penetração horizontal. Foram coletadas seis amostras de material fino do leito obtidas na parte central do canal, sendo uma em cada ponto monitorado, e que foram encaminhadas ao laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa para se determinar a granulometria inferior a 2,0 mm. Os pontos amostrados foram os mesmos utilizados nas coletas da carga em suspensão.

Figura 4. Área de estudo com os pontos de medições em destaque.



Fonte: SILVA, 2014.

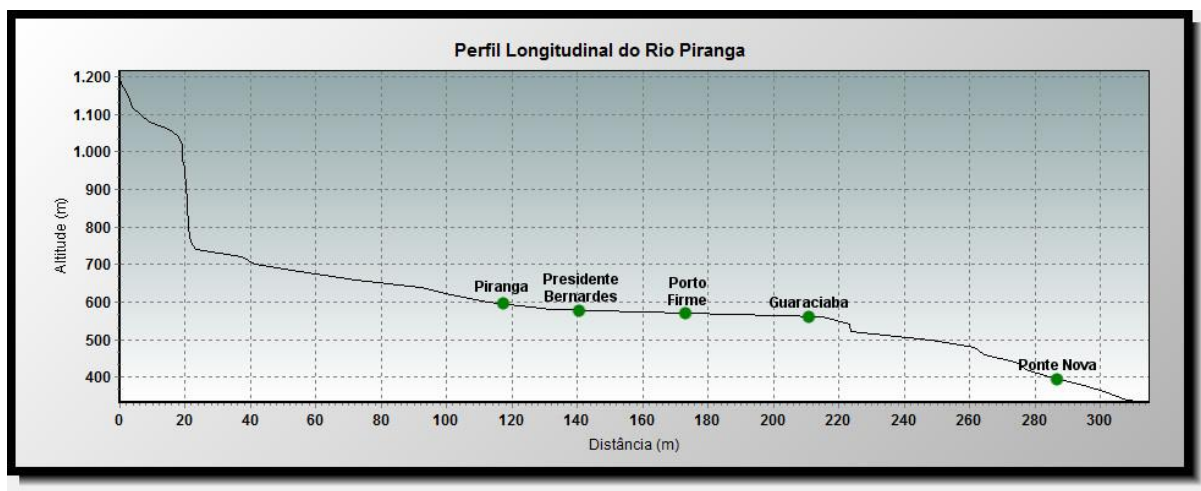
RESULTADOS

Morfometria da bacia

Os cálculos morfométricos para a bacia do rio Piranga foram desenvolvidos a partir de uma análise linear e de uma análise areal.

A análise linear da bacia do rio Piranga mostra que o rio principal tem um forte declive da nascente até a foz (900 m). Dentre os nove de seus principais tributários, o rio Xopotó é o que apresenta declive mais forte entre a nascente e a foz (630 m). Os fortes declives do rio Piranga e do rio Xopotó, contribuem para o escoamento mais rápido das águas diante da ocorrência de intensas precipitações. Da nascente do rio Piranga até a sede municipal de Piranga, o desnível altimétrico é de 650 metros (Figura 5). Já Presidente Bernardes apresenta um desnível altimétrico de 680 metros em relação à nascente. O fato dessas duas sedes municipais, estarem localizadas num trecho de forte declividade, faz com que o nível do rio se eleve e abaixe rapidamente, promovendo a inundação da planície fluvial que entre Piranga e Presidente Bernardes é relativamente extensa. Nessas duas cidades, as inundações duram menos de 24 horas, diferentemente do que ocorre nos demais municípios, principalmente Guaraciaba e Ponte Nova. As sedes municipais de Porto Firme, Guaraciaba e Ponte Nova apresentam respectivamente 560, 550 e 400 metros de altitude. A pequena declividade entre as cidades de Porto Firme e Guaraciaba, juntamente da presença de meandros, favorece a inundação da estreita planície fluvial com um período de retenção maior, já que os meandros tornam o escoamento das águas mais lento. Entre a barragem da Brecha e a cidade de Ponte Nova, a declividade é um pouco maior, o que faz com que a velocidade das águas aumente e chegue mais rápido à cidade.

Figura 5. Perfil Longitudinal do Rio Piranga.



Fonte: IBGE, 1976.

A relação entre declividade do canal e inundação foi observada nas estações fluviométricas de Piranga, Porto Firme e Ponte Nova, ao verificar-se as cotas do período de inundação em janeiro de 2012 têm-se as cotas máximas de 920, 750 e 590 cm, respectivamente, sendo que Piranga e Porto Firme registraram estas cotas no dia 03 e Ponte Nova no dia 04. Ao comparar estas cotas registradas no período de inundação com a média de cada uma dessas estações fluviométricas observa-se uma inversão, porque Porto Firme registra as maiores cotas e Piranga as menores. As cotas em Piranga durante períodos de inundação são maiores em decorrência do assoreamento do leito menor, o que favorece o rápido transbordamento.

Na análise areal, foi possível verificar que a bacia do rio Piranga apresenta uma área de 6691,81 km², com densidade de rios de 10,31.10⁻³ canais/km² e densidade de drenagem igual a 0,21 km/km². No que diz respeito à densidade de drenagem, a bacia hidrográfica do rio Piranga é considerada mal drenada devido ao seu baixo índice de 0,21 km de canal por km².

O Fator de Forma da bacia apresentou um valor de 0,43, o índice de circularidade de 0,47 e o índice de compacidade de 1,44. Esses valores classificam a bacia do rio Piranga como rede de drenagem alongada, ou seja, o tempo de concentração das águas de chuva é maior, o que faz a água escoar mais lentamente dentro da bacia em condições normais de precipitação.

Os parâmetros morfométricos da bacia do rio Piranga podem ser conferidos na Tabela 1.

Tabela 1. Morfometria da Bacia do Rio Piranga.

Parâmetros morfométricos	Valores obtidos
Perímetro	423,27 km
Área de drenagem	6691,81 km ²
Eixo da bacia	123,9 km
Comprimento do canal principal	317 km
Comprimento médio dos canais	26,51 km
Densidade de drenagem	0,21 km.km ²
Densidade de rios	10,31.10 ⁻³ canais.km ²
Índice de sinuosidade	70%
Índice de rugosidade	0,22
Fator de forma	0,43
Índice de compacidade	1,44
Índice de circularidade	0,47
Altitude máxima	1450 m
Altitude mínima	350 m
Amplitude altimétrica	1100 m
Comprimento total dos canais	1458,35 km
Número de canais	55

Fonte: SILVA, 2014.

O índice de sinuosidade registrado para o rio Piranga foi 70%, o que coloca o rio como muito sinuoso. Canais com elevada sinuosidade contribuem para a redução da velocidade das águas. A amplitude altimétrica registrada na bacia foi de 1100 m, o que também revela uma rápida concentração das águas de precipitação no rio Piranga e nos seus afluentes.

Conforme apresentado acima, fatores como densidade de drenagem, fator de forma e índice de sinuosidade não parecem explicar isoladamente a ocorrência das enchentes na bacia. Os fatores da morfometria da bacia que parecem contribuir para os eventos de enchentes são os fortes declives fluviais e a amplitude altimétrica da bacia, que favorecem a concentração das águas e seu rápido escoamento, sobretudo nos altos cursos dos rios.

Geometria Hidráulica do Rio Piranga

A geometria hidráulica do rio Piranga apresenta muitas variações ao longo de seu curso, sendo que a variação mais evidente se refere às formas que o canal assume no trecho estudado. Do município de Piranga até a confluência do rio Piranga com o rio do Carmo no município de Ponte Nova, o canal fluvial aparece com a forma retilínea, sinuosa, meandrante e entrelaçada alternadas entre si.

Nos municípios de Piranga e Presidente Bernardes, o rio Piranga apresenta um padrão sinuoso com a presença de barras de canal nas margens convexas. Já em Jurumirim, zona rural de Guaraciaba, o canal fluvial é retilíneo provavelmente por estar correndo sobre uma fratura, constituída em substrato rochoso gnaisse migmatítico. Outro trecho retilíneo considerável sobre o referido substrato rochoso pode ser observado na ponte do bairro da Rasa, localizada na cidade de Ponte Nova. Entre as sedes municipais de Porto Firme e Guaraciaba, percebe-se a existência de grandes meandros encaixados que ocorrem em áreas de litologias diferentes (gnaisses, rochas metavulcânicas e formações ferromanganesíferas), enquanto os trechos entrelaçados podem ser observados nos municípios de Piranga, Presidente Bernardes, Guaraciaba e Ponte Nova, que estão sobre gnaisse e migmatito.

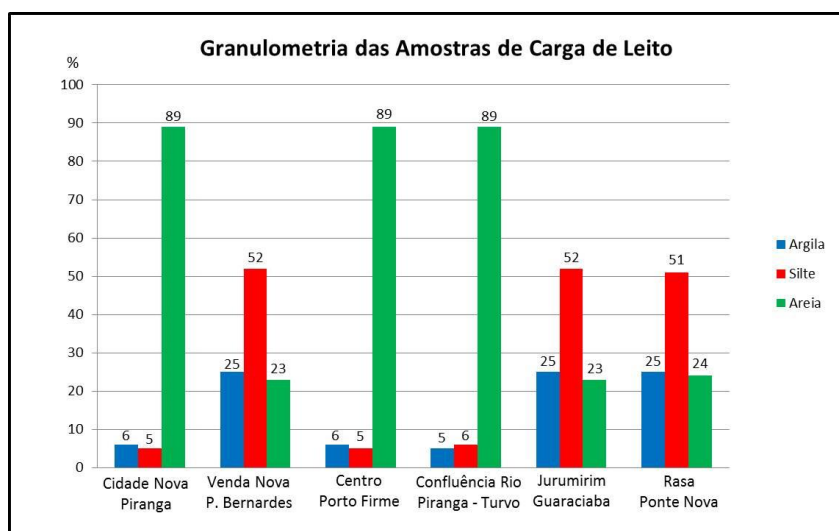
Avaliação sedimentológica do Rio Piranga

Além da litologia, os tipos de canais fluviais também sofrem forte influência do fluxo e do calibre da carga detrítica.

Analisando a granulometria dos sedimentos obtidos através da coleta da carga de leito, é possível perceber que é alta a porcentagem de areia (89%) (Figura 6) na ponte do bairro Cidade Nova em Piranga, fato que pode ser comprovado pela presença de várias formas de deposição como barras centrais e de pontal; e de alguns pontos de extração de areia em larga escala para fins comerciais nesse município. Na ponte de arame de Venda Nova, zona rural de Presidente Bernardes, houve predominância de silte (52%), provavelmente por se tratar de um local onde as águas são calmas. Já na ponte do centro de Porto Firme a porcentagem de areia

foi alta (89%), o que também explica a grande concentração de empresas que exploram areia no município. É bom lembrar que a cidade de Porto Firme está localizada à jusante da confluência entre os rios Piranga e Xopotó, e que o Xopotó transporta uma considerável carga de sedimentos em decorrência de seu grande volume de águas. A porcentagem de areia encontrada na confluência entre os rios Piranga e Turvo, em Guaraciaba, foi também de 89%, fato que justifica a presença de muitos areais até o reservatório da PCH Brecha. Já na ponte de Jurumirim, zona rural de Guaraciaba, houve predominância de silte (52%). A redução da fração areia nesse local pode ser explicada pela presença da barragem da PCH Brecha apenas a alguns quilômetros à montante. Na ponte da Rasa, em Ponte Nova, também houve predomínio da fração silte, com 51%.

Figura 6: Granulometria das Amostras de Carga de Leito ao Longo do Rio Piranga.



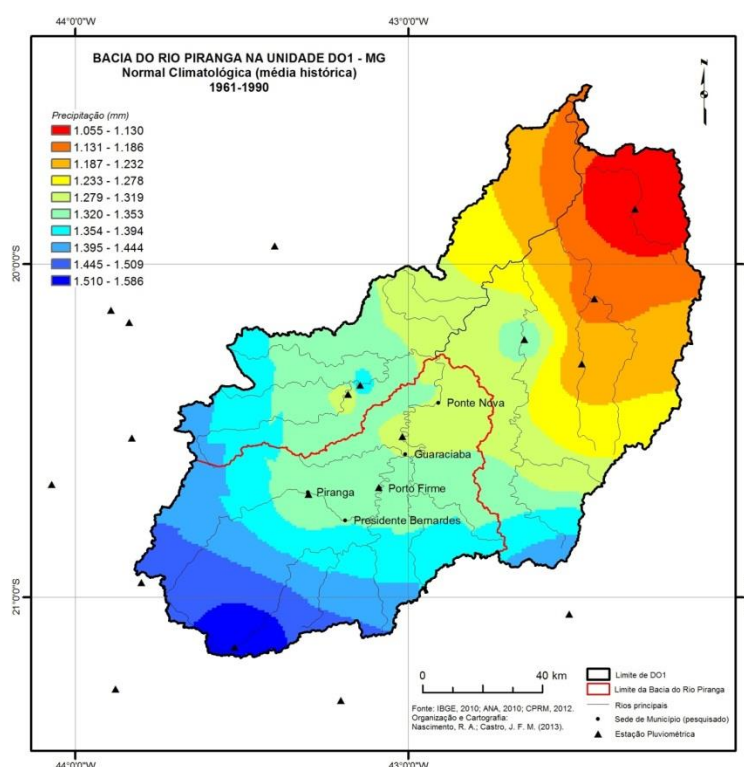
Fonte: SILVA, 2013.

Antes de iniciar a exposição dos resultados da concentração de sedimentos em suspensão é necessário frisar que a temporada chuvosa 2013/2014 foi atípica, com índice pluviométrico muito abaixo da média histórica para a região. As coletas do período chuvoso foram realizadas no final do mês de dezembro, quando ocorreram as chuvas mais significativas do período compreendido entre novembro/2013 e março/2014. Entretanto, esse fato poder ter alguma influência sobre os resultados, se comparados com anos mais chuvosos.

Distribuição espacial das precipitações e as enchentes

Nascimento (2013) fez um estudo sobre a variabilidade da precipitação na bacia do rio Piranga e seu impacto sobre a ocorrência de enchentes nos municípios de Piranga, Presidente Bernardes, Porto Firme, Guaraciaba e Ponte Nova com ênfase nas grandes enchentes de 1979, 1997, 2008 e 2012. De acordo com a análise do mapa de média histórica de precipitação, elaborado por essa autora, a parte sul da bacia é a de maior pluviosidade (Figura 7), sendo que são nessa porção que estão situadas as escarpas da Serra da Mantiqueira.

Figura 7: Média histórica de precipitação na bacia do rio Piranga.



Fonte: NASCIMENTO, 2013.

Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março são os que apresentam as maiores médias mensais de vazões, enquanto junho, julho, agosto e setembro apresentam as menores. Estas médias de vazões fluviométricas correspondem aos períodos chuvoso e seco, respectivamente.

As estações fluviométricas localizadas nos municípios de Ponte Nova e Porto Firme, ambas no rio Piranga, apresentam as maiores médias, sendo que em Ponte

Nova a vazão média varia entre 55,22 e 208,28 m³/s e em Porto Firme entre 38,33 e 139,12 m³/s. Estas duas estações apresentam vazões consideráveis devido ao fato das mesmas estarem situadas num trecho à jusante da confluência do rio Piranga com importantes afluentes como o rio Pirapetinga, ribeirão Oliveira e o rio Xopotó, sendo esse último o mais caudaloso dos tributários do Piranga. Já a estação fluviométrica de Piranga, situada no médio curso do rio de mesmo nome, registra médias de vazão que variam entre 11,39 e 53,29 m³/s, sendo essas médias as mais baixas dentre as três estações fluviométricas do rio Piranga analisadas. A estação de Brás Pires, localizada no rio Xopotó, principal afluente do rio Piranga, apresenta médias de vazão entre 10,66 e 38,21 m³/s, enquanto a estação fluviométrica da Fazenda Varginha, situada no rio Turvo Limpo em Porto Firme, outro importante afluente do Piranga, registra médias de vazão que variam entre 2,77 e 6,83 m³/s.

Nascimento (2013, p. 134) observou que a magnitude da inundação de 2012, superior à de 2008 apenas em Piranga e Presidente Bernardes, pode ser explicada pela precipitação na nascente do rio Piranga e seus tributários. Segundo a autora, em 2008, em Carandaí, estação mais próxima de Ressaquinha, onde fica a nascente do Piranga, a precipitação registrada foi 118,5 e 133,0 mm e em Desterro do Melo, na nascente do rio Xopotó, a precipitação observada foi 118,5 e 133,0 mm, ambas nos dias 16 e 17 de dezembro, respectivamente. Em 2012, a precipitação registrada em Desterro do Melo foi 7,9 e 56,1 mm nos dias 01 e 02 de janeiro. A estação de Carandaí apresentou falhas no mês de janeiro de 2012, entretanto, provavelmente, a precipitação nesta estação foi igual ou superior que em 2008, devido ao nível máximo que o rio Piranga atingiu na cidade de Piranga.

De acordo com Nascimento (2013, p. 143), é possível concluir que em 2008 as chuvas foram intensas nas cabeceiras, tanto do rio Piranga quanto do rio Xopotó, gerando forte enchente que atingiu os cinco municípios, enquanto em 2012, as chuvas foram menos significativas na cabeceira do Xopotó, o que demonstra que a enchente de 2012 é atribuída somente ao rio Piranga. Mas analisando as vazões máximas do período de enchentes, observa-se que durante o evento de 2012 a vazão máxima em Piranga chegou a 308,6 m³/s, valor inferior a 396,8 m³/s registrado em 2008. Em Porto Firme, a vazão máxima registrada em 2012, foi de

823,6 m³/s contra 793 m³/s registrada na enchente de 2008. Em Ponte Nova, a vazão máxima registrada em 2012 foi de 1963,4 m³/s, superando a vazão de 865,9 m³/s registrada no evento de 2008. Esses dados contradizem a conclusão de Nascimento (2013) sobre a não contribuição do rio Xopotó para a enchente de 2012 nas cidades de Porto Firme e Ponte Nova, localizadas à jusante da confluência do referido rio com o Piranga, além de demonstrar que a cidade de Piranga registrou a menor vazão dentre as três cidades que possuem estações fluviométricas ao longo do rio no ano de 2012.

Pequena Central Hidrelétrica Brecha e a Dinâmica Fluvial do Rio Piranga

A PCH Brecha, construída no rio Piranga em 1958 e situada no município de Guaraciaba, alterou significativamente o perfil longitudinal do rio em escala local. A barragem elevou em 10 metros o canal de montante, o que contribuiu para a agradação do leito em decorrência da deposição de sedimentos no reservatório. À jusante do reservatório houve entalhamento do leito junto à barragem com reativação de erosão nas margens (bancos de solapamento).

O assoreamento desse reservatório é provocado pela grande produção de sedimentos na bacia do rio Piranga, provenientes dos processos erosivos lineares e laminares que ocorrem nas porções à montante do mesmo.

Para a construção de um reservatório é necessário que se faça o cálculo do período de vida útil, levando-se em consideração a taxa de produção de sedimentos na bacia, ou seja, esse cálculo permite saber por quanto tempo o aproveitamento irá operar sem ser prejudicado pelo assoreamento do reservatório. A PCH Brecha já se encontra há 56 anos em operação e está localizada numa bacia que é considerada uma das de maior produção de sedimentos no país segundo Cunha (2011), portanto é natural que o seu reservatório já esteja bastante assoreado.

Os depósitos de leito e delta são responsáveis pelo entulhamento do reservatório, bem como os depósitos de remanso à montante, relacionados à ocorrência de enchentes. A retenção de sedimentos pode também explicar a intensificação dos processos erosivos nas margens e fundo do leito do rio, conforme

observações em campo. Como o aproveitamento é pequeno, os impactos são visíveis no reservatório e alguns quilômetros à montante e à jusante da barragem, que é alvo de uma controvérsia no que tange à questão da liberação dos sedimentos do reservatório. A comporta de sedimentos da PCH Brecha, embora projetada, nunca funcionou segundo denúncias feitas pela população e por movimentos sociais. Não foi possível verificar em campo a veracidade da informação sobre o não funcionamento da comporta de sedimentos, mas Carvalho (2000) colocou o reservatório da PCH Brecha dentre os mais assoreados do país.

As enchentes que ocorrem em Guaraciaba, assim como as que afetam Piranga, Presidente Bernardes e Porto Firme podem ser atribuídas ao intenso assoreamento do rio Piranga. Esse assoreamento é decorrente das práticas inadequadas de manejo do solo que ocorrem desde que a região começou a ser povoada. A construção da barragem da PCH Brecha tornou essa situação mais crítica, porque bloqueou a livre passagem dos sedimentos, formando no reservatório os já citados depósitos de leito e delta; e na entrada do reservatório e a alguns quilômetros à montante os depósitos de remanso, que são responsáveis pelo rápido enchimento da calha fluvial em períodos chuvosos com o consequente transbordamento para as planícies de inundação. A cidade de Guaraciaba, que está a apenas 11 km da barragem é inundada e permanece assim de 2 a 3 dias como ocorreu nas enchentes de 1979, 1997, 2008 e 2012. Relatos de moradores antigos dão conta de que as enchentes que ocorriam antes de 1958 tinham a duração de algumas horas a até no máximo 1 dia, mas não há como fazer comparações mais reais, devido à ausência de dados de cotas fluviométricas anteriores à construção da barragem.

Considerações finais

A morfometria da bacia hidrográfica do rio Piranga revelou que a forma da bacia não é um fator determinante para a ocorrência de grandes enchentes. A bacia do rio Piranga apresenta uma forma alongada, isso significa que o tempo de concentração de águas na bacia é maior, o que não favorece grandes picos de vazão no canal principal. A ocorrência de enchentes no médio e baixo rio Piranga

está relacionada aos fortes declives dos rios Piranga (900 m), Xopotó (630 m) e Pirapetinga (460 m), e pela amplitude altimétrica da bacia (1100 m). Esses dois fatores, relacionados ao relevo acidentado da bacia, revelam uma rápida concentração das águas no rio Piranga, culminando na ocorrência de enchentes.

A análise da geometria hidráulica do rio Piranga revelou as várias formas de canal que o rio apresenta ao longo de seu percurso. Essas formas de canal são produto da interação entre litologia, calibre das partículas de sedimentos e competência de transporte. A granulometria das partículas de sedimentos predominante é areno-siltosa, e a competência de transporte de sedimentos é razoável em virtude da sazonalidade das vazões ao longo do ano. Essa conjunção de fatores é responsável pela predominância do padrão geométrico sinuoso, alternado com trechos retilíneos e entrelaçados.

Por se tratar de uma área de ocupação antiga, que remonta ao Ciclo do Ouro no século XVIII, a bacia do rio Piranga apresenta diversos problemas ambientais decorrentes da exploração desenfreada de recursos como o ouro, areia e matas nativas (madeira e carvão vegetal); e pelo uso inadequado do solo para a agricultura (café, cana-de-açúcar e silvicultura) e pecuária extensiva. Através das observações de campo foi possível perceber vários pontos com ocorrência de erosão laminar e erosão linear (ravinas e voçorocas), além de muitos pontos de intenso assoreamento no rio Piranga, principalmente no seu médio curso. Os bancos de solapamento e as barras de canal são formas que ocorrem naturalmente em qualquer curso de água, mas que no caso do rio Piranga, foram intensificados através da retirada das matas ciliares e de vertentes para a implantação de atividades econômicas.

Além da influência da declividade dos canais fluviais, da amplitude altimétrica e das chuvas intensas e de longa duração, as enchentes que afetam o vale do rio Piranga são também resultado do intenso assoreamento do canal principal e de seus tributários. A enchente de 2008 apresentou vazões bem menores que as observadas em outros eventos de enchentes, entretanto essa enchente provocou grandes prejuízos em todas as sedes municipais banhadas pelo rio Piranga. Desse modo, pode-se atribuir o assoreamento como causa do rápido transbordamento das

águas do Piranga durante as enchentes de 2008 e 2012, além do crescimento da ocupação urbana nas áreas de várzeas.

Nas sedes municipais de Piranga e Presidente Bernardes o nível do rio se eleva e abaixa rapidamente, o pico da inundação dura menos que vinte quatro horas, o que pode ser explicado pela forte declividade do canal. Nas cidades de Guaraciaba e Ponte Nova, as águas ficam retidas por um tempo maior. Em Guaraciaba, isso ocorre em virtude da declividade menos acentuada e da existência da PCH Brecha à jusante do perímetro urbano, o que reduz a velocidade de propagação da onda de cheia e retém as águas que inundam a cidade.

Referências

AGUIAR, Alexandre Marques de. **Análises hidrogeomorfológicas e hidrossedimentológicas para comparação de duas bacias hidrográficas contribuintes do reservatório de Itaipu**. 158 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/.../ALEXANDRE_MARQUES_AGUIAR.pdf>. Acesso em: 02 de fev. 2013.

ALUMÍNIO DO BRASIL – ALCAN. **UHE da Brecha: diagnóstico e recomendações para minimizar os efeitos de inundações na cidade de Guaraciaba – MG: relatório técnico**. Belo Horizonte: HE Consultoria de Engenharia, 1997.

ANTÔNIO, Delzirene de Vasconcelos. Estudo Hidrológico da Bacia do Rio Piranga em Ponte Nova, Estado de Minas Gerais. In: BARROS, Maria Cecília Viana de.; ANTÔNIO, Delzirene de Vasconcelos. **Estudo das Características Físicas e Hidrológicas da Bacia do Rio Piranga Até Ponte Nova, No Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1967. pp. 39-64.

ASSIS, Leonardo Campos de. **Simulação de Processos Hidrológicos na Bacia Hidrográfica do Rio Piranga**. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa - MG, 2012. Disponível em: <http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/43/TDE-2013-04-12T090636Z-4423/Publico/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2014.

CARDOSO, Christiany Araújo; DIAS, Herly Carlos Teixeira; SOARES, Carlos Pedro Boechat; MARTINS, Sebastião Venâncio. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 30, n. 2, pp. 241 – 248, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000200011&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 jun. 2014.

CARVALHO, Newton de Oliveira. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

CARVALHO, Newton de Oliveira; FILIZOLA JÚNIOR, Naziano Pantoja; SANTOS, Paulo Marcos Coutinho dos; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**. Brasília: ANEEL, 2000. 106p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/GuiaAsso.pdf>>. Acesso em: 28 de set. 2012.

CASTRO, José Flávio Morais. **Aspectos Históricos, Culturais e Geográficos do Município de Guaraciaba - Minas Gerais**. Belo Horizonte: Ed. PUC-MG, 2008. 164p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313p.

COELHO, André Luiz Nascentes. **Alterações Hidrogeomorfológicas no Médio-Baixo Rio Doce/ES**. 245f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007. Disponível em: <http://www.ebookcult.com.br/produto/Alteracoes_hidrogeomorfológicas_no_medio_baixo_Rio_Doce_ES-54728>. Acesso em: 13 de fev. 2013.

CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. pp. 211-252.

LABORATÓRIO DE BIOGEOGRAFIA E CLIMATOLOGIA – UFV. **Trabalho de Campo com a Turma GEO 423 – Geografia das Águas na Bacia do Rio Piranga entre as Cidades de Porto Firme e Ponte Nova**. Disponível em: <<http://bioclimaufv.blogspot.com.br/p/experiencias-em-atividades-de-campo.html>>. Acesso em: 25 jan. 2014.

LEOPOLD, Luna B.; MADDOCK, T. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. **United States Geological Survey**, Prof. Paper. 252, 1953. 56p.

LEOPOLD, Luna B.; WOLMAN, M. Gordon; MILLER, John P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1964. 522p.

MARCUZZO, Francisco F. N.; ROMERO, Vanessa; CARDOSO, Murilo R. D.; PINTO FILHO, Ricardo. Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Doce. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2011, **Anais...**, Maceió: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2011. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/0a6234fae1cfc5a8f3aaeb6a8ea89635_19a98035f65b20b41ff28fd16ae5c1d5.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2014.

NASCIMENTO, Rosilene Aparecida do. **Análise dos Impactos e Repercussões do Evento Pluvial Intenso no Município de Piranga – MG, em 17 de Dezembro de 2008.** 129f. Dissertação (Monografia em Geografia). Curso de Geografia. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa – MG, 2009.

NASCIMENTO, Rosilene Aparecida do. **Análise das Inundações de 1979, 1997, 2008 e 2012 na Bacia do Rio Piranga – MG.** 178f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós- graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC (MG), Belo Horizonte – MG, 2013. Disponível em:
<http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial_NascimentoRA_1.pdf>.

PETTS, Geoffrey E.; FOSTER, Ian D. L. **Rivers and Landscape.** London: Ed. Edward Arnold, 1985. 274p.

PONTENET. Disponível em: <<http://www.memorianacional.com.br/?p=galeria>> . Acesso em: 19 dez 2008.

RIBEIRO FILHO, Antônio Brant. **O Canto do Piranga: Um rio, muitas histórias.** Ponte Nova: 2008. 148p.

SANTOS, Gisele Barbosa dos. **Geomorfologia Fluvial no Alto Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero – MG: Paleoníveis Depositionais e a Dinâmica Atual.** 131f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte - MG, 2008. Disponível em:
<<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-7FBFFV>>. Acesso em: 14 de jun. 2009.

SILVA, Leonardo Alves de Oliveira. **A Desorganização do Espaço Urbano em Ponte Nova (MG) Frente às Grandes Enchentes de 1951, 1979, 1997 e 2008.** 66f. Dissertação (Monografia em Geografia). Curso de Geografia. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa – MG, 2009.

SILVA, Leonardo Alves de Oliveira. **Fatores Intensificadores das Enchentes/Inundações no Médio e Baixo Rio Piranga - MG.** 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós- graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC (MG), Belo Horizonte – MG, 2014.

STIPP, Nilza Aparecida Freres; CAMPOS, Ricardo Aparecido; CAVIGLIONE, João Henrique. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Taquara – Uma Contribuição para o Estudo das Ciências Ambientais. **Portal da Cartografia.** Londrina (PR), v. 3, n. 1, pp. 105–124, 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

SUGUIO, Kenitiro; BIGARELLA, João José. **Ambiente Fluvial.** Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 1979. 183p.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

Sobre os autores:

¹ Leonardo Alves de Oliveira Silva – Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8875155502388698>
Geógrafo e Mestre em Geografia – Tratamento da Informação Espacial pela PUC – Minas. E-mail: leogeografiaufv@yahoo.com.br

² José Flávio Morais Castro – Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5049291275377476>
Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da PUC – Minas. E-mail: joseflavio@pucminas.br

³ Guilherme Taitson Bueno – Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1585424190030655>
Professor Adjunto do IESA/UFG. E-mail: gtaitson@ig.com.br -