

## Considerações sobre o ano hidrológico 2013-2014 e os seus reflexos nos caudais fluviais da bacia do rio Doce

José Oliveira de Almeida Neto  
Graduando em Geografia/UFJF

Guilherme Eduardo Macedo Cota  
Graduando em Geografia/UFMG

Láís Carneiro Mendes  
Mestranda/PPGEO-UFJF

Prof. Dr. Antônio Pereira Magalhães  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe  
Universidade Federal de Juiz de Fora

### Resumo:

O contexto de escassez hídrica vivenciado nos últimos anos na região Sudeste do Brasil tem levantado questionamentos e indagações sobre a gestão dos recursos hídricos no país, principalmente nas dimensões que tangem o abastecimento e à geração de energia. A partir deste cenário, a resposta dada pelos órgãos gestores para o quadro de escassez são as chuvas abaixo do esperado. O presente trabalho busca discutir o rebatimento das chuvas do ano hidrológico 2013-2014 nos caudais fluviais da bacia do rio Doce. Foram interpretados os dados pluviométricos e fluviométricos de estações oficiais de monitoramento em sete localidades da bacia. Os resultados indicam que em grande parte das estações a chuva permaneceu dentro da média histórica e que o seu rebatimento na vazão dos cursos d'água não foi significativo, levando à conclusão que há outros fatores que devem ser considerados para explicar o atual contexto de escassez.

**Palavras-chave:** Escassez Hídrica; Rio Doce; Gestão de recursos hídricos.

### Abstract:

*The water scarcity last year at the Southeast region of Brazil raise questions about the efficiency of water resources management, mainly for domestic supply and hydroelectric energy. From this scenery, the official answers given by the management agencies to explain the scarcity was the amount of rain under the expectations. Thus, this work aims to discuss the rainfall effects of the 2013-hydrological year of 2014 on the rivers flows at Doce river watershed. Pluviometric and fluviometric data from official monitoring stations at seven localities were interpreted. The results show that a major part of the stations received rainfall about historical average. Besides, there is no evident reflex of this at fluviometric parameters, leading to the conclusion that there are other factors to be considered to explain the current water scarcity context.*

**Key-Words:** *Water Scarcity; Doce River; Water resources management.*

jose.oliveira95@hotmail.com.br  
guilhermehmg@hotmail.com  
magalhaesufmg@yahoo.com.br  
miguel.felippe@ufjf.edu.br

## Introdução

As consequências de um eventual período de estiagem vivenciado no ano hidrológico compreendido entre 2013 e 2014 tem suscitado frequentes questionamentos, por parte de vários setores da sociedade, acerca das lacunas e limitações dos processos de gestão dos recursos hídricos no Brasil, principalmente no que tange ao abastecimento público. A redução dos níveis de diversos reservatórios voltados ao abastecimento e à geração de energia elétrica explicitou a fragilidade dos seus respectivos sistemas, bem como a ausência de estruturas de planejamento que se antecipem às situações de déficit hídrico.

Justificativas constantemente apresentadas pelos órgãos gestores para o quadro de escassez e a conseqüente redução dos níveis dos reservatórios são a suposta redução dos índices pluviométricos, externalizando a problemática de estresse hídrico resultante de causas climáticas. Estes argumentos são por demais simplistas quando considerados os ritmos e ciclos pluviométricos em diferentes escalas temporais. Exemplos ilustrativos e bem conhecidos da climatologia brasileira estão associados à variabilidade de ocorrência e intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña, bem como às alterações das temperaturas da superfície do Atlântico Sul que podem modificar o regime anual de chuvas, proporcionando cenários de estiagem e de seca prolongada (SILVA et al., 2012).

Apesar de ser uma temática controversa na literatura, o aumento da temperatura média do planeta durante o século 21 já é apontado em diversos estudos (SCHARDONG et al., 2014; SILVA et al., 2011) como um dos fatores responsáveis pela variação do regime pluviométrico em diversas porções do globo. No entanto, críticas a estes estudos referem-se justamente à sua escala de abrangência, não havendo um consenso quanto ao aumento da temperatura em nível global (SILVA et al., 2011). Os estudos existentes apontam para variações de temperatura em microescala, muito em decorrência do aumento na emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa (dióxido de carbono, metano e óxido de nitrogênio).

Não obstante, não há evidências suficientes para se afirmar com total exatidão a relação de fenômenos climáticos extremos com o aumento na emissão dos gases responsáveis pelo efeito estufa, principalmente por origem antrópica. As causas da forte estiagem que atingiu a Bacia Amazônica em 2005, por exemplo, foram objeto de várias hipóteses como a alteração da cobertura vegetal natural da região, queimadas e a intensificação do efeito estufa. O aumento entre um e dois graus na temperatura do oceano Atlântico ocasionou uma concentração de chuvas oceânicas diminuindo, conseqüentemente, a formação de nuvens na Bacia Amazônica. No entanto, não existem evidências concretas que estabeleçam uma relação entre este evento e um possível aquecimento global decorrente do aumento na emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa (ANDRÉ, 2006).

Todavia, cada vez mais tem sido revelado o quanto as atividades humanas são sensíveis à variabilidade climática, já que têm sido apresentadas como o principal elemento desestabilizador da distribuição espaço-temporal dos recursos hídricos. Os eventos chuvosos podem, por exemplo, contribuir para o aumento da recarga dos aquíferos e das vazões de nascentes e cursos d'água, levando a uma maior disponibilidade hídrica. Por outro lado, podem gerar inundações e perdas materiais e de vidas humanas. Nos períodos de estiagem prolongados, por sua vez, podem ocorrer quadros de escassez hídrica e incapacidade de atendimento às necessidades sociais, econômicas e ecológicas.

Entretanto, a disponibilidade hídrica não reflete apenas o quadro pluviométrico. Outros fatores também devem ser considerados ao se avaliar a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade. A alteração da cobertura vegetal, por exemplo, pode levar a uma diminuição das taxas de infiltração da água de chuva e a um maior escoamento superficial, alterando as vazões dos cursos d'água e nascentes. Os tipos de usos e ocupação do solo também condicionam as vazões fluviais. Áreas urbanas podem apresentar elevado grau de impermeabilização do solo, enquanto a atividade de mineração, caracterizada pela elevada rigidez locacional, pode reduzir a disponibilidade hídrica subterrânea devido ao rebaixamento do nível freático. Além disso, poucos estudos arriscam-se a discutir os efeitos cumulativos dessas transformações a longo do tempo, o que torna obscura a interpretação de processos históricos como, por exemplo, o desmatamento e fragmentação florestal na Mata Atlântica.

Localizada principalmente no domínio geológico-geomorfológico do Quadrilátero Ferrífero, a mineração de ferro possui papel determinante no que tange à disponibilidade hídrica da bacia do rio Doce. Por estar presente em suas cabeceiras, esta comumente está associada ao rebaixamento do nível freático e à alteração dos contextos hidrogeomorfológicos locais. Estes processos podem levar à redução das vazões de nascentes ou a sua extinção, bem como à redução das vazões fluviais em médio ou longo prazo (ANA, 2006). Apesar das diversas influências antrópicas impactantes, diagnósticos ambientais da bacia revelam um balanço hídrico relativamente favorável em termos da relação entre oferta e demandas de água (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010). Porém, este cenário favorável pode rapidamente se alterar de um ano hidrológico para outro em função do regime pluviométrico. As variações sazonais no regime hidrológico podem gerar déficits hídricos locais, prejudicando determinadas atividades econômicas que fazem uso significativo da água como mineração, indústria e agropecuária. A crescente demanda pelo uso da água para o abastecimento público, geração de hidroeletricidade e utilização da água em minerodutos agrava o quadro de pressões nos recursos hídricos. A maior dinamização da economia, com o aumento das demandas de água, assim como o aumento das fontes de poluição/contaminação, geram cenários futuros preocupantes quanto a alterações na quantidade e qualidade das águas. Esta fragilização da bacia em termos hidrológicos ocasiona um aumento dos riscos de conflitos pelo uso da água, já que restrições de uso podem ser estabelecidas, criando um prognóstico de déficit hídrico para grande parte da bacia (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010).

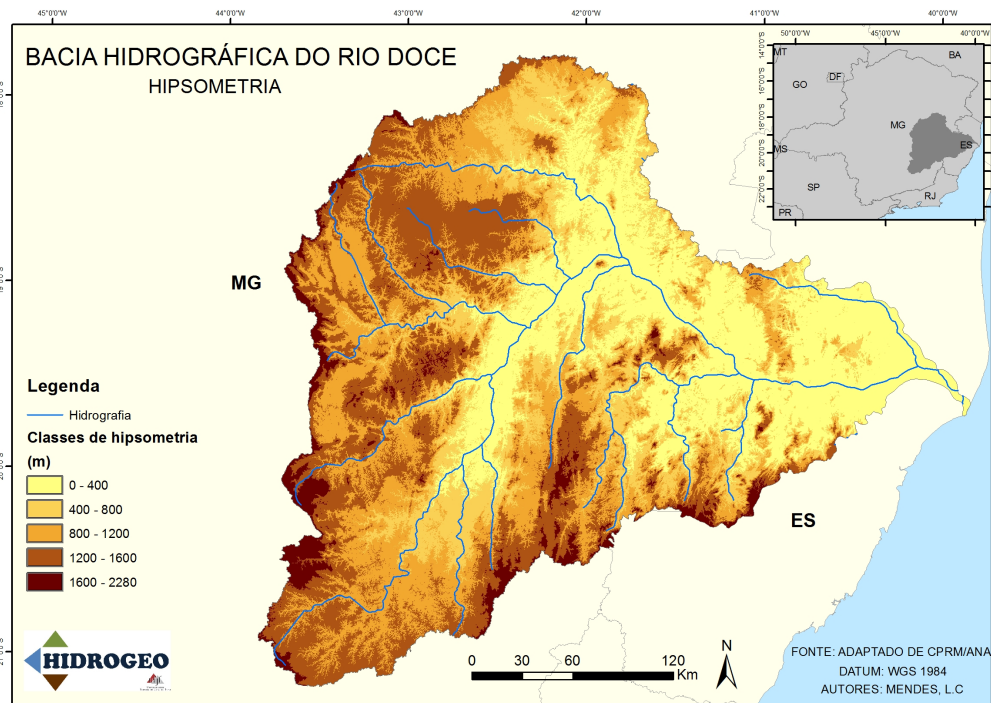
Em um panorama preditivo, processos de gestão e planejamento de recursos hídricos devem contemplar, portanto, as variações interanuais de chuvas em diferentes escalas históricas, criando alternativas para situações de déficit hídrico (TUNDISI, 2013). Deste modo, pode-se prever a ocorrência de fenômenos críticos e buscar a aplicação dos princípios da precaução e da antecipação de medidas preventivas. Diante desta problemática, o presente trabalho propõe investigar as relações entre os índices pluviométricos do ano hidrológico 2013-2014 e as vazões dos cursos d'água da bacia do rio Doce, leste de Minas Gerais. O estudo envolve a busca de argumentos para se afirmar ou refutar se o ano hidrológico em questão se comportou de forma atípica no contexto da série histórica e quais as possíveis consequências para as vazões fluviais e para a disponibilidade hídrica da bacia.

## A bacia do rio Doce

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce está localizada na Região Sudeste do Brasil. Possui uma população total da ordem de 3,1 milhões de habitantes (COELHO e CAUS, 2010). A bacia possui uma área de drenagem com cerca de 83.465 km<sup>2</sup> (COELHO, 2007), dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante (14%) ao Estado do Espírito Santo.

A partir do mapa hipsométrico (Fig. 1), observa-se que as altitudes da bacia variam de 0 a 2.880 metros elevando-se sobretudo de leste para oeste, com o predomínio entre 0 a 400 metros e de 400 a 800 metros. As maiores altitudes estão situadas na serra do Caparaó (pico da Bandeira 2.880m), divisa entre Minas Gerais e Espírito Santo, mais especificamente na extremidade centro-sul da bacia. Por outro lado, na foz, no litoral e ao longo dos terrenos marginais do rio Doce, até o médio curso, encontram-se as áreas de menores altitudes (0 a 400 metros).

Figura 1 Mapa hipsométrico da bacia do rio Doce

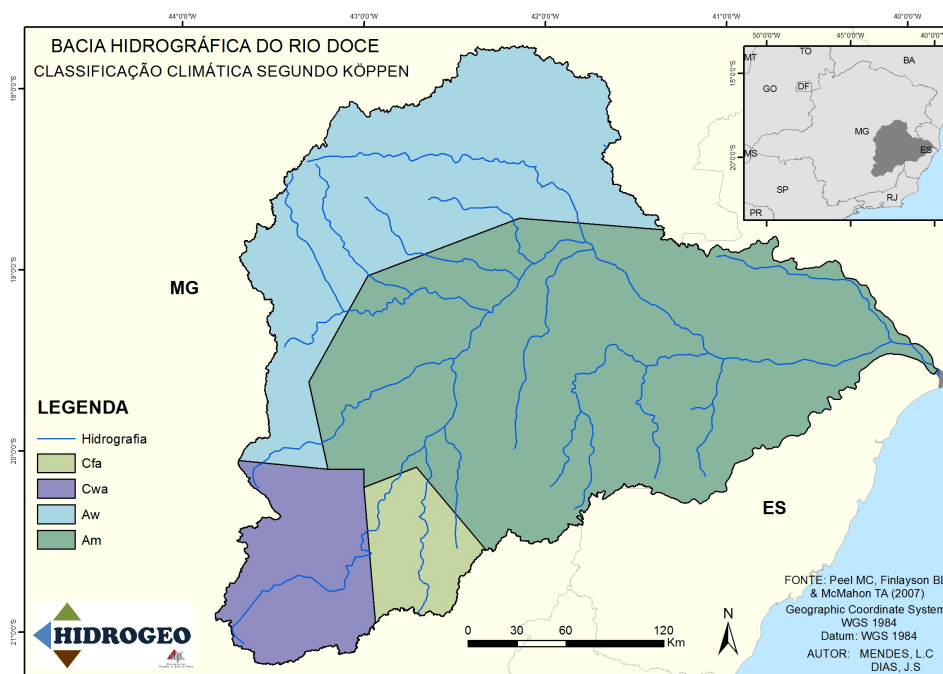


Com relação ao clima, Cupolillo et al. (2008) afirmam que o clima operante no interior da bacia é o tropical úmido, caracterizado por uma não uniformidade climática. Esta diversidade é explicada pela posição geográfica, pelas características do relevo e pelo encontro de massas de ar que atuam no interior da bacia. A bacia sofre influência das massas de ar Tropical Atlântica (MTA), Polar Atlântica (MPA) e Equatorial Continental (MEC). Há, também, a influência da maritimidade, provocando temperaturas mais elevadas em Baixo Guandu, no Espírito Santo, em Governador Valadares e na região do Vale do Aço, em Minas Gerais. O regime pluvial apresenta dois períodos bem definidos: chuvoso, de outubro a março, e seco, de abril a setembro.

Coelho (2009) afirma que as regiões de maior altitude e as litorâneas são as que apresentam maiores totais pluviométricos anuais, variando entre 900mm e 1500mm. Os fundos de vales e regiões deprimidas são as que apresentam menores totais anuais, variando entre 700mm e 1000mm. Quase a totalidade da bacia apresenta temperaturas médias anuais elevadas durante boa parte do ano, mesmo nos meses mais frios.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da bacia hidrográfica do Rio Doce está dividido em quatro classes distintas (Fig. 2): i) Cfa: clima temperado úmido com verão quente. Possui a menor representatividade espacial na bacia, apresentando estações bem definidas com inverno e verão bastantes individualizados ao longo do ano; ii) Am: clima de monção com ventos sazonais. Ocorre nas zonas costeiras e é o clima que abrange a maior parte da bacia, ocupando toda a porção da bacia no estado do Espírito Santo e grande parte da porção mineira; iii) Cwa: clima temperado úmido com inverno seco e verão quente, típico de áreas onde o inverno é bastante rigoroso (para padrões brasileiros) e o verão chuvoso. Ocorre na porção oeste da bacia; iv) Aw: o clima tropical com estação seca no inverno. Ocorre na porção ao norte da bacia, estando associado aos mesmos problemas de seca da região nordeste e centro oeste do país.

Figura 2 Classificação climática da bacia do Rio Doce



A associação de rochas friáveis ao intemperismo com o clima predominantemente úmido da bacia, possibilitou a formação de solos bem desenvolvidos na bacia. De acordo com a EMBRAPA (1999), duas classes de solos predominam na bacia (Fig. 3). O Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e/ou álico é encontrado principalmente nos planaltos dissecados, desde o relevo plano e suave ondulado até o montanhoso. O Argissolo Vermelho-Amarelo ocorre nas classes de relevo plano e suave ondulado até o forte ondulado e montanhoso, com predominância do último. Outros solos que ocorrem em menor proporção na bacia são: Latossolo Ácrico, Cambissolos, Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico.

Figura 3 Tipos de solos da bacia do rio Doce

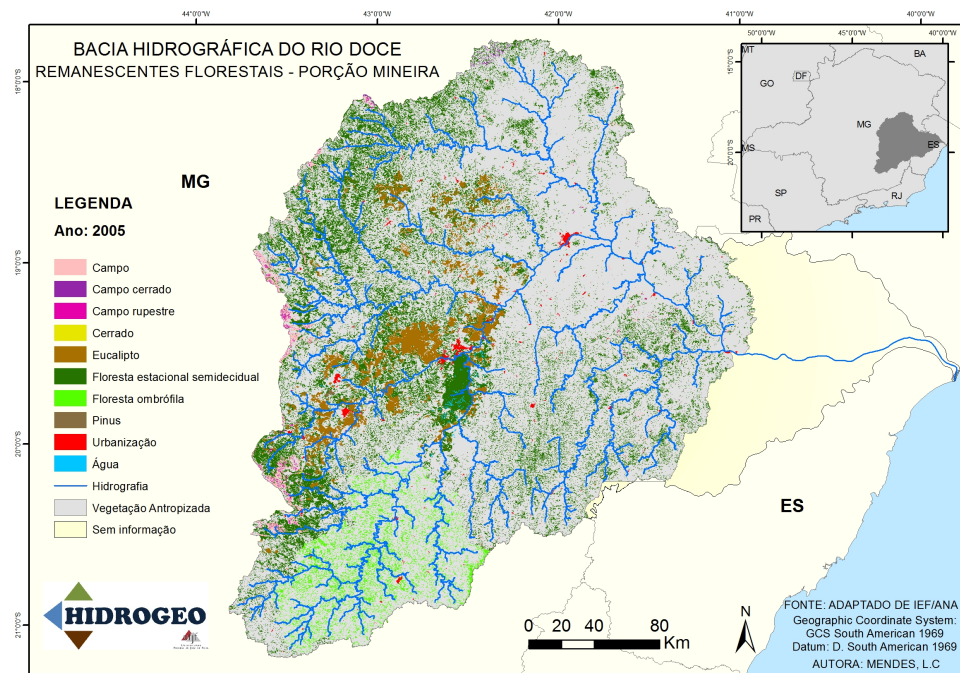


Originalmente, a bacia do rio Doce era coberta, em sua maior parte, por mata nativa com Campos de Altitude (na Serra do Caparaó, Serra do Espinhaço e Serra da Mantiqueira), Floresta Estacional Semidecidual e o predomínio da Floresta Ombrófila Densa (ou Mata Atlântica) com rico estoque de mata ciliar. Porém, a intensa devastação restringiu o revestimento florístico originário basicamente à área do Parque Estadual do Rio Doce. As demais matas correspondem a uma vegetação que sofreu influência antrópica intensa, constituindo-se em vegetação secundária. Estima-se que menos de 7% da área possui hoje cobertura vegetal, e destes, menos de 1% encontra-se em estágio primário (LOPES et. al. 2007 apud Fonseca, 1997).

Segundo pesquisas realizadas pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, 95% da área da bacia constituem pastos e capoeiras, demonstrando a predominância da atividade pecuária. As espécies mais difundidas na formação de pastagens são o capim gordura (*Melinis minutiflora*) em áreas situadas acima da cota altimétrica de 800 m e o colônia (*Panicum maximum*) abaixo dessa cota. As florestas plantadas, constituídas principalmente por espécies do gênero *Eucalyptus*, são expressivas no médio rio Doce. Quase todos os reflorestamentos pertencem às siderúrgicas Acesita, Belgo Mineira ou Cenibra, produtora de celulose. Os campos e áreas cultivadas apresentam-se em menores proporções.

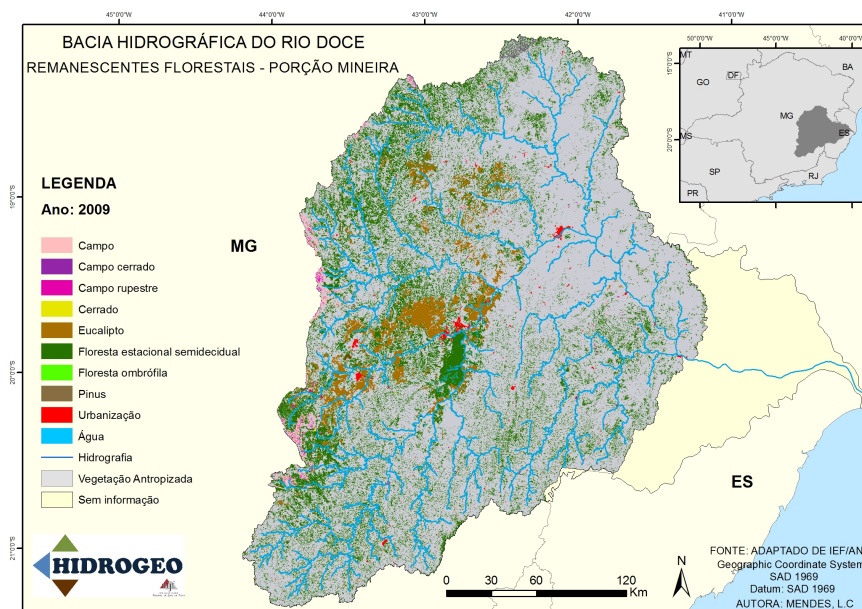
As Figuras 4 e 5 apresentam os remanescentes florestais dos anos de 2005 e 2009 da porção mineira da bacia hidrográfica do Rio Doce. Fazendo uma análise comparativa entre os dois mapas observa-se, primeiramente, um problema na base de dados, onde a floresta ombrófila desaparece completamente no ano de 2009 (provavelmente associada a mudança técnica na classificação). A mancha verde-escura, na porção central de ambos os mapas, corresponde ao Parque Estadual do Rio Doce, porção da bacia onde ainda encontra-se revestimento primário. Essa mancha sofreu poucas alterações nesse período de quatro anos, assim como as plantações de *Eucalypto*, que aparecem em marrom.

Figura 4 Remanescentes florestais da bacia do rio Doce em 2005



É preocupante observar que a vegetação nativa está, aos poucos, sendo substituída pela floresta de eucalipto, uma formação vegetal exótica na região. Como observado, a porção cinza é a que recobre a maior parte dos mapas, tratando-se de vegetação antropizada (não se configura como “remanescente florestal” stricto sensu). A comparação, via ferramentas de cartografia digital, da espacialização desses remanescentes em diferentes períodos de tempo pode fornecer importantes informações sobre o avanço do desmatamento na bacia.

Figura 5 Remanescentes florestais da bacia do rio Doce em 2009



Guerra e Barbosa (1996) afirmam que o modelo de desenvolvimento econômico-regional imediatista implantado na bacia do Doce, principalmente a partir dos anos 1970, levou a região a um rápido crescimento econômico e à melhoria da infraestrutura. Mas esse desenvolvimento veio acompanhado por significativos impactos ambientais, como o aumento acelerado e insustentável da demanda de recursos naturais, os altos índices de poluição atmosférica e hídrica e as perdas de solos por erosão, o que contribui para o assoreamento dos cursos d’água. Entre as consequências desta degradação estão as enchentes urbanas, que ocorrem em vários municípios, resultantes da interação entre as fortes chuvas de dezembro e janeiro, e o uso e ocupação irregular do solo pela população. A maior parte destes municípios apresenta ocupação desorganizada das planícies de inundação. Desta forma, as populações destas cidades convivem com a expectativa, durante a estação chuvosa, da ocorrência de novas inundações, que acarretam enormes prejuízos materiais em todos os setores socioeconômicos e também apresentam riscos de perdas de vidas humanas.

As condições climáticas, associadas às características morfológicas e pedológicas proporcionam uma maior eficiência dos processos de intemperismo físico-químico das rochas e também da pedogênese dos solos tropicais. Por outro lado, as características físicas associadas ao contexto de uso e ocupação dos solos determinam um quadro de elevada eficiência dos processos de erosão concentrada e laminar.



Diversos estudos apontam que a Bacia Hidrográfica do Rio Doce é uma das mais prolíficas do país na geração de sedimentos que são carreados para as calhas fluviais, fato explicado pelo regime pluviométrico concentrado no verão, solos frágeis, elevadas declividades e uso e manejo do solo inadequados.

### Procedimentos metodológicos

Os dados fluviométricos e pluviométricos foram extraídos da plataforma HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA). Primeiramente, buscou-se as estações fluviométricas da bacia do rio Doce (sub-bacia código 56), que apresentam os valores de cota e vazão para o recorte espacial proposto (outubro de 1984 a setembro de 2014), no estado de Minas Gerais. Em seguida, foram selecionadas estações pluviométricas que se encontravam mais próximas às estações fluviométricas e que possuísem a série completa para o mesmo período. No total, sete pares de estações (fluviométricas/pluviométricas) contemplavam esses requisitos, sendo selecionadas para o estudo. Os dados referentes a cada estação foram exportados para o software Microsoft Excel 2013 para fins de tratamento estatístico.

Os dados fluviométricos diários foram organizados em média mensal e média do ano hidrológico, enquanto os dados pluviométricos foram organizados em acumulado mensal e acumulado do ano hidrológico. Esses procedimentos viabilizaram a interpretação comparativa dos dados dentro da série histórica.

Os cálculos referentes a estatística descritiva básica (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação e assimetria), descritos por Levin (1987), Callegari-Jacques (2003) e Rogerson (2012), foram feitos através de fórmulas do Microsoft Excel 2013. Também foram feitas análises de variância e de distorção dos dados, segundo Rogerson (2012).

No intuito de basear as interpretações qualitativas acerca das eventuais oscilações hidrológicas nas séries históricas, foram gerados gráficos referentes a todo o recorte temporal, além de gráficos com segmentados para as três décadas (1984-1993; 1994/2003 e 2004/2013). Em cada caso, foi demonstrada a equação de tendência linear, separadamente para vazão e precipitação, destacando os respectivos coeficientes de correlação ( $r^2$ ) e coeficiente angular ( $\alpha$ ).

Para comparação entre os dados fluviométricos e pluviométricos, a regressão linear simples foi executada para os pares ordenados de média de vazão e acumulado de precipitação para um mesmo marco temporal. Esse procedimento permite determinar “através da estimativa dos parâmetros, como uma variável  $x$  exerce, ou parece exercer, efeito sobre outra variável  $y$ .” (HOFFMANN & VIEIRA, 1977, p. 93), sendo considerado “o processo mais completo de estudar o relacionamento entre uma variável dependente e um conjunto de variáveis explicativas independentes” (ROGERSON, 2012, p. 201).

A análise de regressão foi feita através da extensão ‘Análise de Dados’ do Microsoft Excel 2013. O eixo x corresponde aos dados de vazão média mensal e o eixo y aos dados de precipitação acumulada mensal. Adotou-se o nível de confiança de 95%. Essa operação foi feita para cada par de estações fluviométrica-pluviométrica.

Quanto às bases de dados cartográficos, estas são oriundas do Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), ANA e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Todas os dados foram organizados, tratados e apresentados no software ArcGis 10.2.2.

### Interpretação dos dados tabulados

Dentro dos requisitos para seleção de estações supracitados, foram selecionadas sete estações fluviométricas e sete estações pluviométricas, discriminadas na Tabela 1 e espacializadas na Figura 6.

Tabela 1: Relação das estações fluviométricas, pluviométricas e localização da estação fluviométrica.

	<b>Área de drenagem (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Localização</b>	<b>Estação Pluviométrica</b>
Brás Pires	1090	Rio Xopotó	Brás Pires
Carrapato	609	Ribeirão Santa Bárbara	Santa Bárbara
Dom Joaquim	976	Rio do Peixe	Morro do Pilar
Fazenda Barraca	1260	Rio do Tanque	Ferros
Fazenda Varginha	328	Rio Turvo Limpo	Porto Firme
Mário de Carvalho	5270	Rio Piracicaba	Mário de Carvalho
Ponte Nova Jusante	6230	Rio Piranga	Ponte Nova

Fonte: Hidroweb/ANA; IGAM.

O ano hidrológico 2013-2014 apresenta o menor valor de vazão média anual da série histórica somente na estação fluviométrica Ponte Nova. Nas demais estações o menor valor ocorreu em: 2000 (Brás Pires, Carrapato, Fazenda Varginha e Mário de Carvalho), 1988 (Dom Joaquim) e 1994 (Fazenda Barraca). Já no que se refere ao menor valor de precipitação acumulado anual, não se verifica uma homogeneidade nos dados: 2013 (Brás Pires e Ponte Nova Jusante), 1992 (Santa Bárbara), 1986 (Morro do Pilar), 1984 (Ferros), 1994 (Porto Firme) e 1986 (Mário de Carvalho). Os dados de vazão média dos anos hidrológicos por estação são expressos na Tabela 2.

Figura 6 Arranjo espacial das estações na bacia do rio Doce



Tabela 2: Estatística descritiva da série histórica dos dados de vazão

Estação Fluviométrica	Media (m³/s)	Mediana	Desvio Padrão	Variância
Brás Pires	20,26	19,90	4,05	16,42
Carrapato	12,65	12,27	3,26	10,64
Dom Joaquim	14,78	13,68	5,29	27,95
Fazenda Barraca	23,02	21,85	7,02	49,24
Fazenda Varginha	3,99	3,84	1,04	1,07
Mario de Carvalho	97,76	92,90	25,70	660,01
Ponte Nova Jusante	101,09	101,51	25,80	665,69

Fonte: Hidroweb/ANA.

I Os valores médios de vazão do ano hidrológico são expressos em m³/s. O acumulado do ano hidrológico é expresso em mm.

Interpretando a série histórica de vazão e precipitação a partir das linhas de tendência criadas para todo o período de estudo e para cada década (Figuras 7, 8, 9 e 10<sup>1</sup>), pode-se observar em quais estações/período houve aumento ou diminuição das variáveis hidrológicas. Espera-se que ambas se comportem de modo similar, porém, isso não acontece em todos os casos.

Não há uma tendência expressiva de aumento ou diminuição nas estações fluviométricas na série histórica, porém podemos observar um ligeiro aumento na vazão das estações: Dom Joaquim, Fazenda Barraca e Mario de Carvalho. As estações fluviométricas que diminuem a vazão são: Brás Pires, Carrapato, Fazenda Varginha e Ponte Nova Jusante. No que tange as estações pluviométricas, as estações que apresentam uma tendência ao aumento do volume acumulado médio, de maneira pouco expressiva na série histórica são: Santa Bárbara, Ferros, Porto Firme e Mario de Carvalho. Já as que apresentam uma tendência a diminuição são: Brás Pires, Morro do Pilar e Ponte Nova. Para a realização de uma interpretação que buscasse levantar informações para compreender a dinâmica existente nas estações fluviométricas/pluviométricas, a série histórica foi dividida em três decênios conforme a Tabela 3.

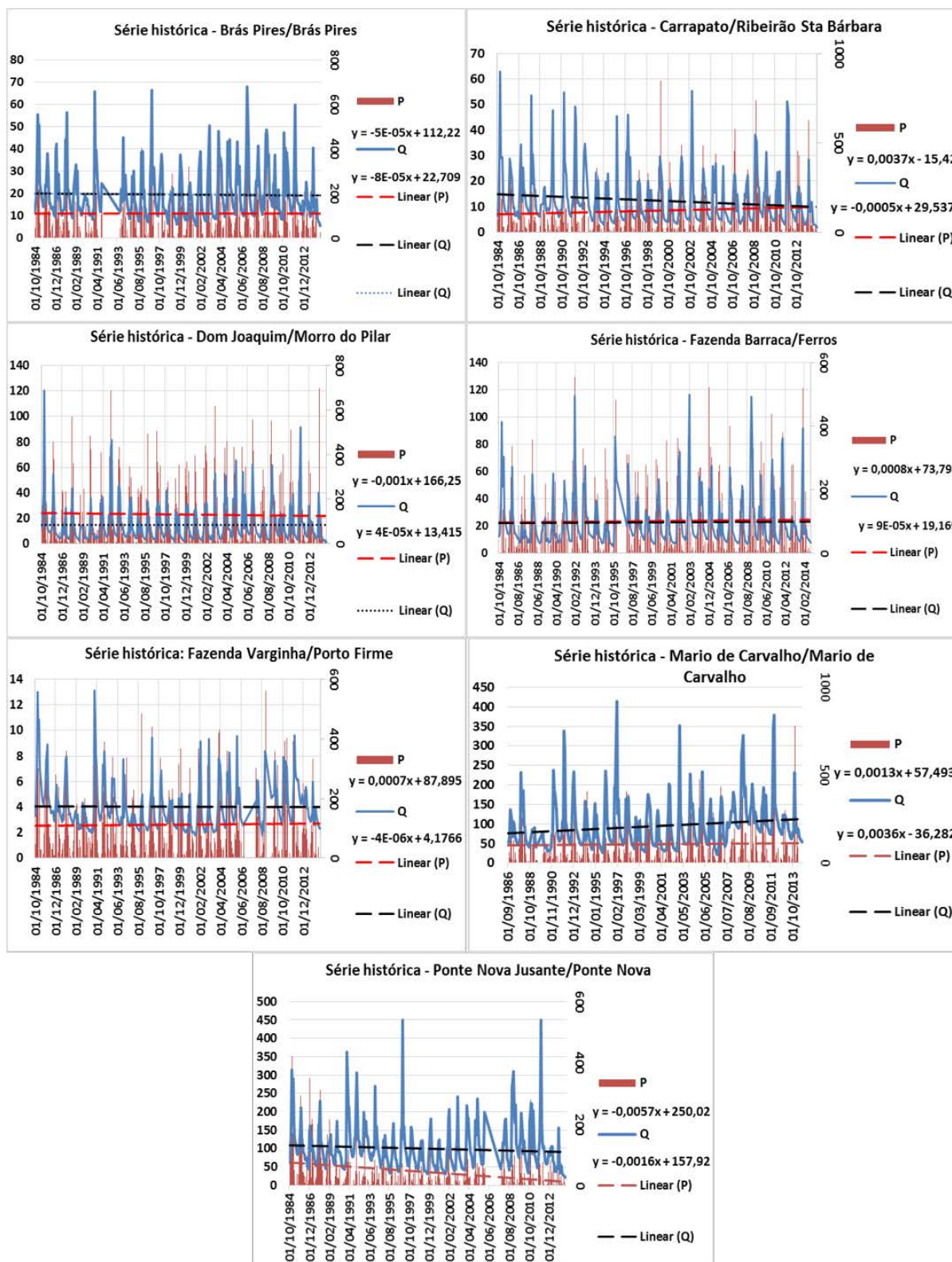
Tabela 3: Coeficientes angulares das linhas de tendência para vazão e precipitação por período de estudo

Estações	Período							
	1984-2013		1984-1993		1994-2003		2004-2013	
	Q	P	Q	P	Q	P	Q	P
Brás Pires/Brás Pires	-0,00	-0,00	-1,01	-24,3	0,40	10,1	-0,73	-22,1
Carrapato/Sta Bárbara	-0,00	0,00	-0,20	-62,2	0,10	55,0	-0,34	24,1
Dom Joaquim/Morro do Pilar	0,00	-0,00	-0,13	-12,8	0,16	43,2	-0,78	-31,2
Fazenda Barraca/Ferros	0,00	0,00	0,37	27,6	0,92	34,7	0,09	-14,0
Fazenda Varginha/Porto Firme	-0,00	0,00	-0,18	-42,0	0,08	37,1	0,17	-19,7
Mario de Carvalho/Mario de Carvalho	0,00	0,00	0,88	60,7	0,53	19,5	2,70	-24,8
Ponte Nova Jusante/Ponte Nova	-0,00	-0,00	-0,36	1,84	0,38	31,4	-7,11	-57,5

Obs: Q - valor de alfa na linha de tendência de vazão média anual no referido período; P - valor de alfa na linha de tendência de acumulado anual de precipitação no referido período.

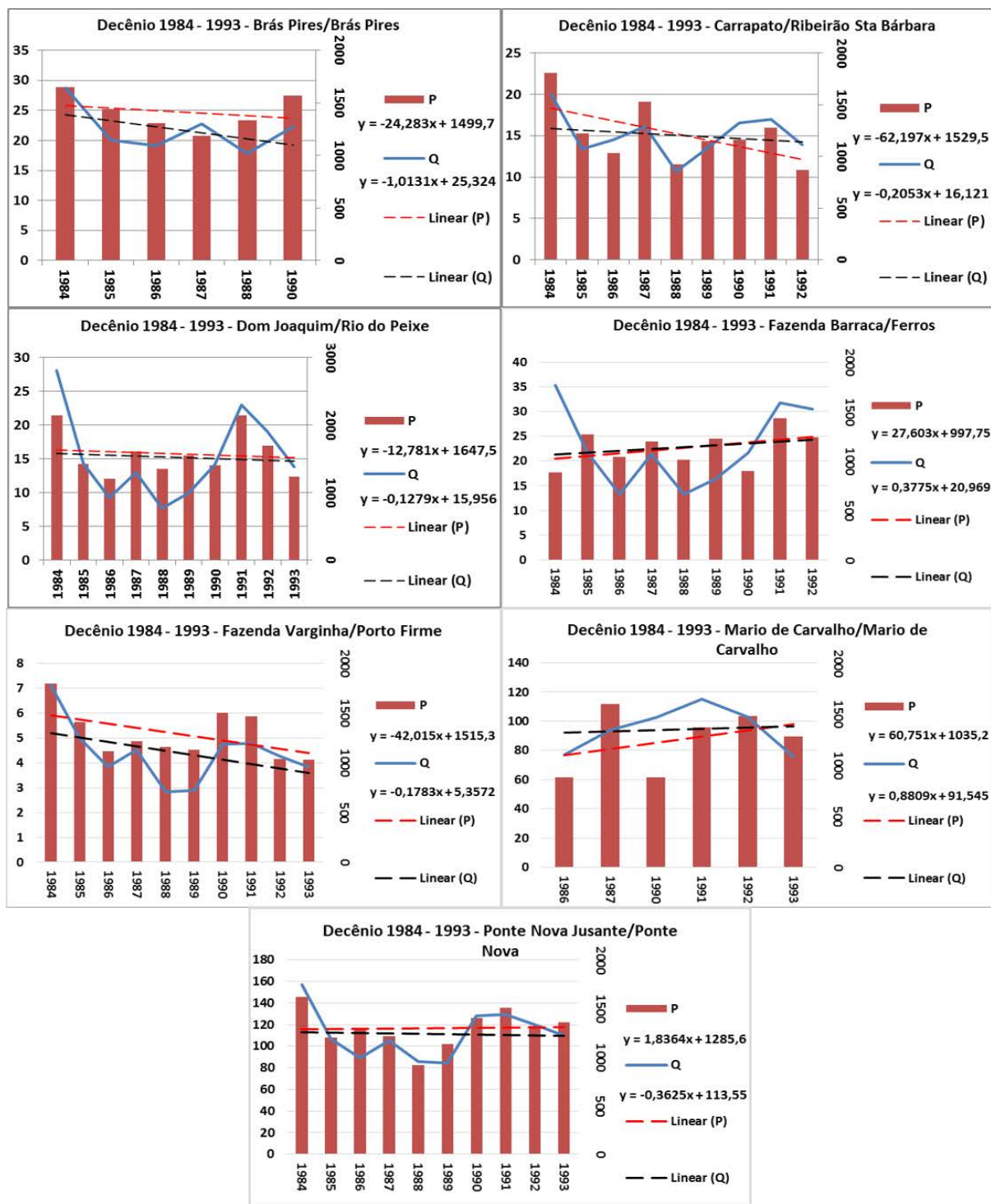
Fonte: Hidroweb/ANA.

Figura 7 Gráficos das séries históricas das estações selecionadas para o estudo



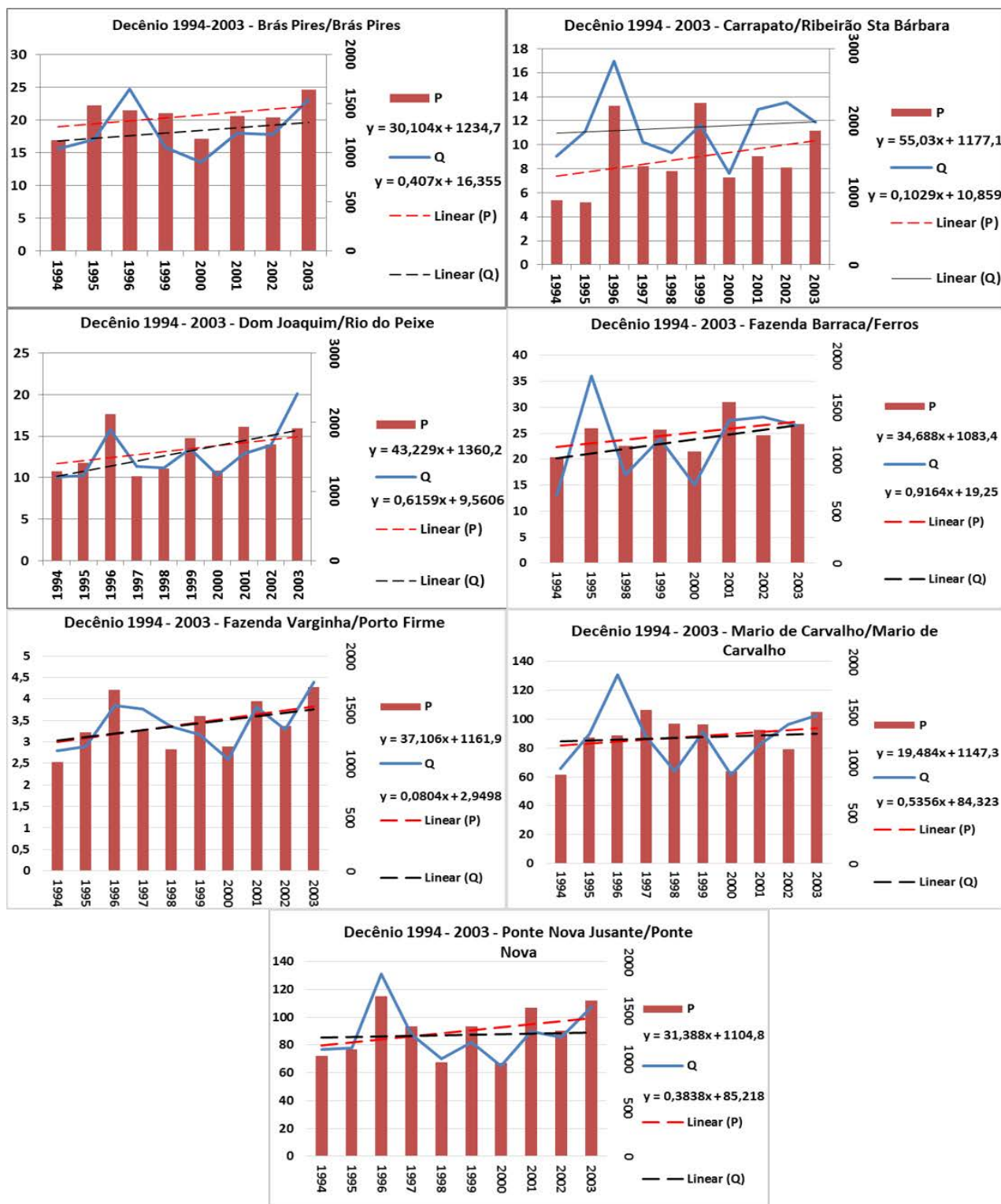
Fonte: Hidroweb/ANA.

Figura 8 Gráficos dos comportamentos das estações no primeiro decênio (1984-1993)



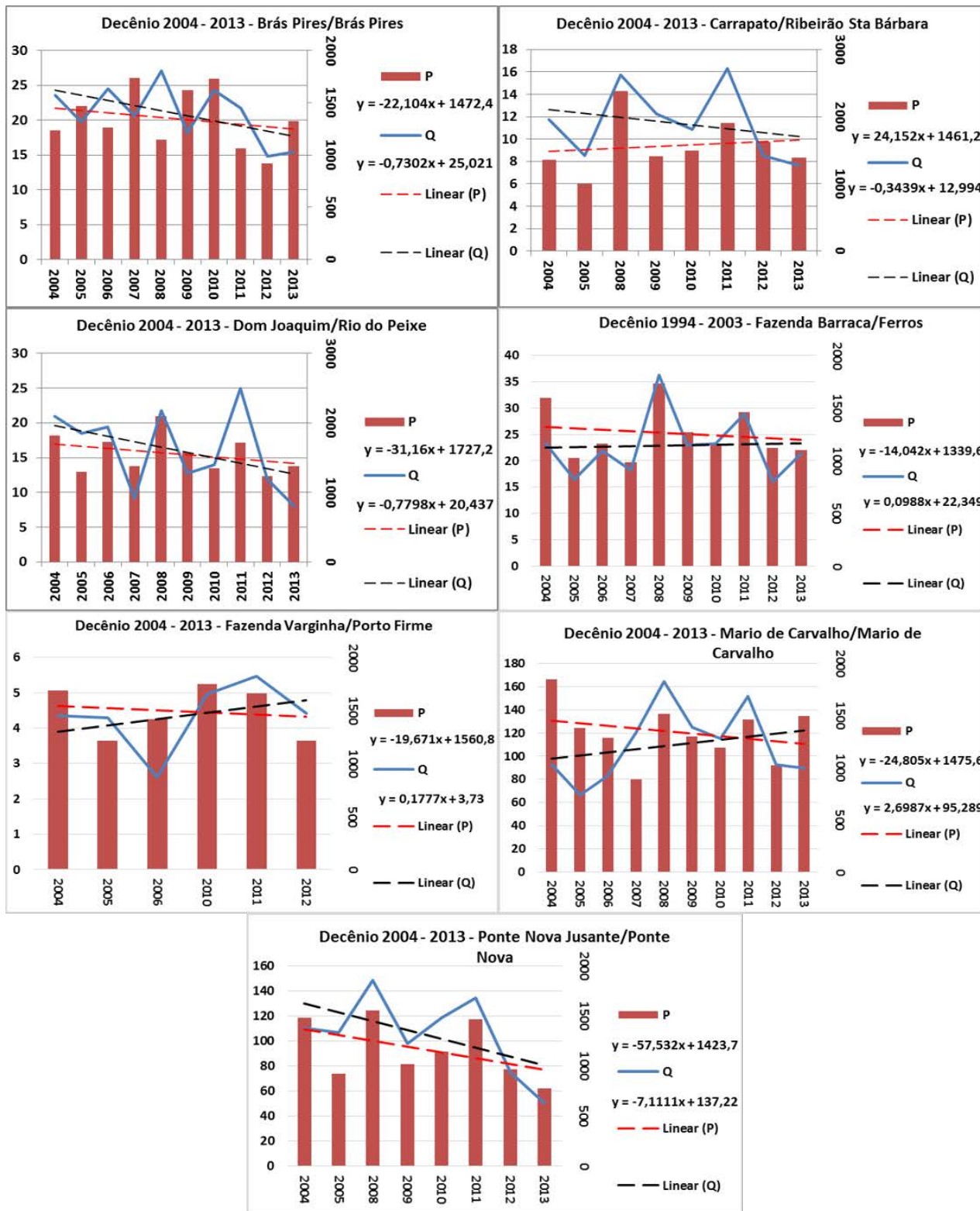
Fonte: Hidroweb/ANA.

Figura 9 Gráficos dos comportamentos das estações no segundo decênio (1994-2003)



Fonte: Hidroweb/ANA.

Figura 10 Gráficos dos comportamentos das estações no terceiro decênio (2004-2013)



Fonte: Hidroweb/ANA.



No decênio 1984-1993 a vazão média anual acompanha o acumulado anual médio da precipitação, seja aumentando ou diminuindo, com exceção do par de estações Ponte Nova. Todas as estações fluviométricas analisadas registram uma tendência ao aumento da vazão no decênio 1994-2003, o que está atrelado aos níveis pluviométricos que se comportaram da mesma maneira, novamente, apenas com exceção da estação Ponte Nova. Por fim, no decênio 2004-2013 três estações registram tendência de queda de vazão e precipitação; outras três estações apresentam uma diminuição na precipitação e um aumento na vazão, e apenas um caso em que a precipitação aumenta e a vazão diminui.

A precipitação não é o único elemento que condiciona a exfiltração. Interpretando o coeficiente de correlação entre vazão-precipitação na Tabela 4, podemos observar que não existe uma correlação muito forte, na série histórica. Pelo contrário, em três casos o  $r$  é inferior a 0,5.

Tabela 4: Coeficiente de correlação entre vazão-precipitação

<b>Estação</b>	<b>Série Histórica</b>	<b>1984-1993</b>	<b>1994-2003</b>	<b>2004-2013</b>	<b>2013</b>
Brás Pires/Brás Pires	0,6318	0,7006	0,6538	0,5992	0,7999
Carrapato/Sta Bárbara	0,64	0,7904	0,6715	0,7001	0,915
Dom Joaquim/Morro do Pilar	0,6119	0,6463	0,7612	0,5848	0,9687
Fazenda Barraca/Ferros	0,576	0,6175	0,5283	0,5911	0,8842
Fazenda Varginha/Porto Firme	0,4927	0,629	0,4382	0,5402	0,8394
Mario de Carvalho/Mario de Carvalho	0,4991	0,6561	0,504	0,4441	0,8682
Ponte Nova Jusante/Ponte Nova	0,1749	0,2894	0,0696	0,1401	0,7106

Fonte: Hidroweb/ANA.

A correlação baixa entre os dados na estação Ponte Nova Jusante, está relacionada ao tamanho da área de contribuição da bacia, sendo uma estação pluviométrica pouco representativa para a área. Soma-se a isto, o fato de algumas atividades humanas fazerem grande uso de água, alterando a vazão dos cursos fluviais, seja diminuindo-a pela retirada de água ou aumentando-a através do lançamento de efluentes e águas residuais.

Consoante, a distribuição espacial das estações pela bacia do rio Doce não é a mais adequada para discutir a realidade da bacia por completo. Nos trechos norte e leste não foram encontradas estações com informações completas do recorte temporal pré-estabelecido. Feita tal ressalva, é possível tecer alguns comentários gerais sobre a pertinência ou não dos relatos da mídia acerca da “seca histórica” do Sudeste brasileiro nos anos 2013-2014. De imediato, é possível perceber que não há uma situação padronizada para todas as estações estudadas. Cada localidade apresentou máximas e mínimas históricas em diferentes anos hidrológicos tanto para os índices fluviométricos, quanto para os pluviométricos.

Todavia, duas das sete estações pesquisadas apresentaram secas significativas para algum ano da última década. Deve-se destacar o ano hidrológico 2013-2014 que apresentou médias de vazão e cota consideravelmente inferior à média histórica nas estações de Ponte Nova e Brás Pires. Ou seja, em uma interpretação geral, enquanto apenas duas estações reproduzem as baixas anunciadas na mídia, o mesmo não pode ser dito de cinco outras.

A partir disso, questionam-se os discursos da mídia e dos órgãos gestores de recursos hídricos quanto à suposta “crise da água” no ano hidrológico 2013-2014. Apesar dos índices de pluviometria e vazão terem sido baixos, somente duas estações apresentam valores inferiores à média histórica, o que permite inferir que a ausência de chuvas não é o principal fator condicionante da falta d’água em toda a bacia do rio Doce.

### Considerações Finais

Parece inegável que o ano hidrológico 2013-2014 expressou baixos índices pluviométricos quando comparados à média histórica. Mesmo a área de estudo não representando a realidade geral da bacia do rio Doce, é possível fazer algumas considerações acerca da tão propagandeada crise hídrica. Os índices apresentados nesse ano hidrológico não podem ser os únicos responsáveis pela significativa redução de vazão e cota de alguns rios (o que também não foi uma regra geral) da bacia nesse ano.

Tais informações levam à conclusão de que há outros fatores que devem ser considerados para discutir a propagada “seca histórica” nas bacias da região Sudeste. Não é possível dissociar a “crise hídrica” do quadro de deficiência na aplicação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos na bacia, tendo em vista que, por muitas vezes, a escassez dos recursos hídricos, inclusive para o abastecimento, é um problema de acesso e não de falta d’água. Além disso, as mudanças históricas no uso da terra também interferem de forma ampla na relação precipitação-infiltração-escoamento.

São encontradas na área de estudo diversas atividades que podem servir de explicações para a redução da disponibilidade hídrica da bacia. Destacam-se os reservatórios das diversas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) previstas para a bacia e que já alteram a vazão defluente dos cursos d’água. Por outro lado, há diversos empreendimentos minerários que já estão instalados em zonas de cabeceiras dos cursos d’água, com destaque para os empreendimentos em Morro do Pilar e em Conceição do Mato Dentro. Estes já entraram em operação, e no caso do último município haverá uso de mineroduto para o escoamento da produção até o litoral do Rio de Janeiro. Além da Pegada Hídrica do próprio processo de mineração de ferro e do seu beneficiamento (ANA, 2006), o uso da água se torna ainda maior com a implantação de minerodutos, tendo em vista que a água é captada 24 horas por dia e é utilizada em sistemas abertos. Após a chegada do minério em seu destino, a água ali utilizada não retorna para os cursos d’água de onde foram retiradas, sendo lançadas no mar.

Além das questões referentes à pegada hídrica da mineração, destaca-se o seu potencial poluidor, que pode ser extremamente prejudicial à saúde dos corpos d'água. O principal, e ainda recente, evento poluidor relativo à atividade minerária no Brasil ocorreu justamente na bacia do rio Doce. Em 05 de novembro de 2015 o rompimento da barragem de Fundão em Mariana - MG, pertencente à mineradora Samarco, proporcionou efeitos catastróficos para a bacia. O rompimento gerou um fluxo de lama carregado de minério de ferro que causou a destruição de distritos urbanos, a morte de 23 pessoas e destruiu praticamente toda a biota aquática da área atingida. O desastre também inviabilizou o uso da água para diversos fins, pelo menos temporariamente, entre eles o abastecimento público das cidades ao longo do rio Doce.

Por esses motivos, deve-se ampliar a discussão acerca de uma eventual crise hídrica para a esfera ambiental lato sensu. Captações de água irregulares, desvios e drenos nos canais fluviais, desmatamento e a consequente diminuição da recarga subterrânea, alterações na morfologia fluvial, assoreamento de reservatórios, entre tantos outros fatores que ocorrem na bacia do rio Doce e em todo o Brasil devem ser somados ao aclamado aumento do consumo de água e energia para explicar a situação hídrica atual.

## Referências Bibliográficas

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. A Gestão dos Recursos Hídricos e a Mineração. Brasília (DF), 2006.
- ANDRÉ, I. R. N. Algumas Considerações sobre Mudanças Climáticas e Eventos Atmosféricos Severos Recentes no Brasil. *Climatologia e Estudos da Paisagem*, v. 1, n. 1, p.1-9, 2006.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. Bioestatística: princípios e aplicações. - 1ª Ed. – Porto Alegre : Artmed, 2003.
- COELHO, André L. N. Alterações Hidrogeomorfológicas no Médio-Baixo Rio Doce/ ES. 2007. 227f. Tese de Doutorado (Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia), Niterói, 2007.
- COELHO, André L. N. Bacia Hidrográfica do Rio Doce (MG/ES): uma análise socioambiental integrada. *GEOGRAFARES*, nº 7, p.131-146, 2009.
- COELHO, André L. N.; CAUS, F. M. Efeitos Ambientais e Territoriais A Jusante Dos Barramentos No Canal Principal do Baixo Rio Doce – ES – Brasil. III Encontro Latinoamericano Ciências Sociais e Barragens. Anais do... Belém-PA, 2010.
- CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce e planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce. Relatório Executivo. 2010. 99 p.
- CUPOLILLO, F; ABREU, M. L.; VIANELLO, R. L. Climatologia da Bacia do Rio Doce e sua Relação com a Topografia Local. *Geografias*, Belo Horizonte. p. 45-60, julho-dezembro, 2008.
- EMBRAPA – Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília (DF), 1999. 412 p.
- GUERRA, C. B.; BARBOSA, F. A. R. Programa de educação ambiental na bacia do rio Piracicaba: Curso básico de formação de professores na área ambiental na bacia do rio Piracicaba. Belo Horizonte: FNMA/ UFMG/ICB, 1996. 251 p.
- HOFFMANN, R. & VIEIRA, S. Análise de regressão: uma introdução à econometria. – 2ª Ed. – São Paulo: HUCITEC, 1977.
- LEVIN, J. Estatística aplicada a ciências humanas – 2ª Ed. – São Paulo : Editora HARBRA, 1987.
- ROGERSON, P. A. Métodos estatísticos para geografia: um guia para o estudante. – 3ª Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2012.
- SCHARDONG, A.; SIMONOVIC, S. P.; Garcia, J. I. B. O possível efeito de mudanças climáticas e suas incertezas sobre aflúências em sistemas de recursos hídricos. *Revista de Gestão de Água da América Latina - REGA*, v. 11, n. 2, p. 53-65, 2014.
- SILVA, J. A. L.; MEDEIROS, M. C. S.; AZEVEDO, P. V. Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a disponibilidade de recursos hídricos. *Revista de Geografia, Pernambuco*, v. 29, n. 2, p. 180-192, 2012.
- SILVA, V. M. A.; PATRÍCIO, M. C. M.; MEDEIROS, R. M.; TAVARES, A. L. O Paradoxo das Mudanças Climáticas no Brasil: Aquecimento ou Resfriamento? *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, n. 2, p. 307-321, 2011.
- TUNDISI, J. G. Governança da água. *Revista UFMG, Belo Horizonte*, v. 20, n.2, p. 222-235, 2013.