

Estudos hidrológicos sobre a bacia de Entre-Ribeiros e avaliação do impacto do uso consuntivo de água para irrigação

Vitor Vieira Vasconcelos, Renato Moreira Hadad,
Paulo Pereira Martins Junior

Resumo: O objetivo deste artigo é integrar os estudos de uso do solo e da água na sub-bacia de Entre-Ribeiros, na Bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais, de forma a compreender os impactos ambientais das frentes agrícolas de irrigação. Inicia-se por avaliar os estudos existentes que abarcam a caracterização do sistema hidrológico da Bacia de Entre-Ribeiros. Parte-se dos estudos não regionalizados, ou seja, que utilizaram dos dados das estações fluviométricas, mas se ativeram à caracterização das respectivas bacias de captação dessas estações. Em seguida, são sopesados os estudos que envolveram a regionalização das vazões, da dinâmica hidrológica e dos impactos de uso da água para Bacia de Entre-Ribeiros. Consequente, lançando mão tanto das estimativas de especialistas quanto de dados primários locais, é discutida a eficiência dos sistemas agrícolas de irrigação de Entre-Ribeiros: quanto de água é requerido, quanto é efetivamente utilizado e quanto é evadido do sistema. Subsecutivamente, a análise dos dados de irrigação de Entre-Ribeiros, associados aos parâmetros hidrológicos e ao zoneamento agro-econômico por sensoriamento remoto, permite estimar qualitativamente e quantitativamente os impactos da frente agrícola irrigada sobre o sistema hídrico.

Palavras chave: sensoriamento remoto, uso da água, uso do solo.

Abstract: A water and land use research is realized on Entre-Ribeiros sub-basin, in São Francisco Basin, Minas Gerais, Brazil. The research is to investigate the agriculture irrigation environmental impacts. Regionalized and non-regionalized hydrological studies are revised on water courses dynamic and water use. Using expert estimations based on local data, the Entre-Ribeiros irrigation efficiency is evaluated: how much of water is demanded, how much is used in fact and how much is lost from the system. Following that, Entre-Ribeiros irrigation data is associated with hydrological parameters and remote sensing agro-economic zoning; this approach permitted to estimate qualitatively and quantitatively the irrigation front impacts on the water cycle and on the environment.

Keywords: remote sensing, water use, land use.

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica de Entre-Ribeiros situa-se na Bacia do Rio Paracatu, no Noroeste de Minas Gerais (Figuras 1a e 1b), entre os municípios de Paracatu e Unaí. Trata-se de um cenário marcante para analisar o efeito potencial das novas frentes agrícolas. Desde o ano de 1970, observa-se nessa bacia hidrográfica o estabelecimento progressivo de um grande sistema de irrigação (RODRIGUEZ *et al.*, 2007), envolvendo diversos agricultores de forma associada. Trata-se de uma agricultura que se utiliza de tecnologia de ponta, incluindo o uso frequente de pivôs circulares de irrigação. Com a expansão dessa frente agrícola irrigada,

a utilização dos recursos hídricos de Entre-Ribeiros chegou a um nível crítico, muito abaixo da vazão ecológica necessária para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e terrestres associados. Em períodos de maior estiagem, chegou-se inclusive a conflitos entre os agricultores pelos recursos hídricos escassos (PRUSKI *et al.*, 2007).

Ademais, o uso intensivo dos recursos naturais compromete outras oportunidades de uso múltiplo. O limite de uso, proporcionado pela escassez de água em Entre-Ribeiros é um obstáculo para a expansão de novas frentes irrigadas na região. Além disso, a diminuição da vazão crítica dessa bacia influenciará nos rios a jusante, a saber, o Rio Paracatu, o qual é

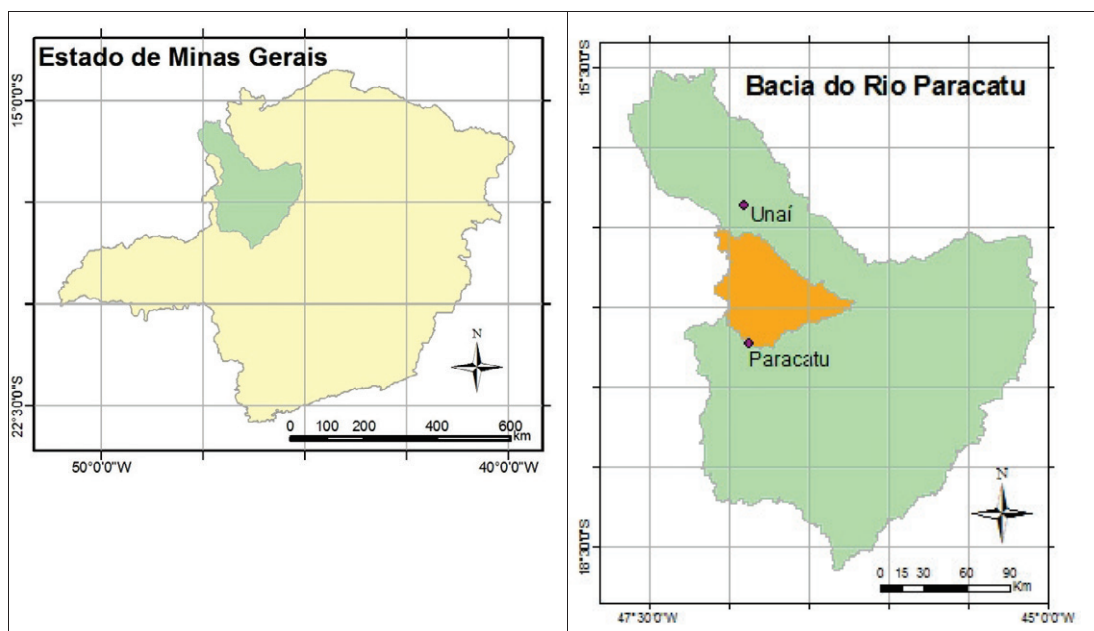
o principal afluente do Rio São Francisco (DINO, 2001). Com um cenário futuro de transposição do Rio São Francisco, bem como com o aumento da demanda por hidroeletricidade provenientes das usinas presentes e em planejamento, torna-se basilar um planejamento racional sobre como serão utilizados os recursos hídricos que contribuem para o Rio da Unidade Nacional (RODRIGUEZ, 2004).

Objetivos

O objetivo deste artigo é integrar estudos de hidrologia e sensoriamento remoto, de modo a investigar os impactos de uma frente agrícola irrigada de Entre-Ribeiros sobre os sistemas hídricos.

A avaliação do uso consuntivo da água de Entre-Ribeiros e de sua relação com a disponibili-

dade hídrica superficial tem como base os estudos de BRITO *et al.* (2003); RODRIGUEZ (2004); MOREIRA (2006); LATUF (2007); PRUSKY *et al.* (2007), RODRIGUEZ *et al.* (2007) e RODRIGUEZ (2008). Esses estudos foram avaliados a partir dos dados e estudos sobre o processo de ocupação de uso do solo, de modo a abordar o relacionamento entre a agricultura (viés econômico) e os recursos hídricos (viés ecológico). O mapeamento da evolução da ocupação por pivôs centrais de irrigação da bacia hidrográfica permitiram aplicar os dados de demanda de água e eficiência de irrigação à vazão da bacia hidrográfica. Pretende-se, com essa metodologia, estabelecer relações entre os sistemas agroeconômicos existentes na bacia e o ciclo hidrológico. O Quadro 1 apresenta o objetivo, as metas e os produtos empreendidos neste artigo.



FIGURAS 1A E 1B. Localização da Sub-Bacia de Entre-Ribeiros na Bacia do Rio Paracatu e, por sua vez, no Estado de Minas Gerais. – Location of Entre Ribeiros Sub-basin in Paracatu River Basin, in Minas Gerais State.

QUADRO 1

Síntese do Objetivo, Metas e Produtos deste Artigo. Synthesis of Objective, Aims and Products of this Paper.

Objetivo	Metas	Produtos
Discussão dos Impactos Hidrológicos na bacia de Entre-Ribeiros	A – Delimitação da expansão dos pivôs centrais na Bacia de Entre-Ribeiros B – Discussão do impacto do uso do solo no ciclo hidrológico da bacia de Entre-Ribeiros.	I – Mapa de instalação dos pivôs de irrigação para os anos de 1989 e 2008. II – Discussão dos resultados anteriores frente aos dados fluviométricos, regionalizados e não regionalizados. III – Discussão dos resultados anteriores frente aos resultados de eficiência e perda de água do sistema de irrigação da região. IV – Estimativa do uso da água por irrigação na bacia hidrográfica em 1989 e 2008, e comparação com a vazão regionalizada $Q_{7,10}$ para o ribeirão Entre-Ribeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

Os recorrentes conflitos relacionados ao uso de recursos hídricos na Bacia de Entre-Ribeiros levaram à realização de estudos que enfocam, integral ou parcialmente, o cenário do uso da água pela agricultura da região. A análise desse impacto no sistema hidrológico torna-se mais complexa devido ao fato de que as estações fluviométricas da bacia encontram-se localizadas à montante das principais captações de água para irrigação. Portanto, para uma análise mais acurada dos impactos, este trabalho optou pela abordagem de dividir os estudos e dados existentes sobre a hidrologia de Entre-Ribeiros em dois grandes grupos:

1 – Dados e estudos não-regionalizados sobre monitoramento hidrológico e impactos no uso da água, circunscritos às bacias de captação das estações fluviométricas (mapa da Figura 3).

2 – Dados e estudos sobre monitoramento hidrológico e impactos no uso da água baseados na regionalização dos dados hidrológicos das estações fluviométricas, estimando cenários hídricos para a Bacia de Entre-Ribeiros como um todo.

Somada a esses dois grandes grupos de estudos, também foi levantada a literatura de dados regionais e locais sobre a eficiência dos sistemas de irrigação e das perdas de água (BRITO *et al.*, 2003; RODRIGUEZ, 2004; FERREIRA, 2005). Com isso, objetiva-se dar contornos mais precisos às alterações que a agricultura irrigada ocasiona na bacia de Entre-Ribeiros. Esses dados possibilitaram comparar o uso da água pelos sistemas

locais de irrigação com os valores padrões gerais de referência de uso da água utilizados pelos órgãos ambientais de gestão das águas, fornecidos por CODEVASF *et al.* (1989); ENGECORPS (1998); MAROUELLI e SILVA (1998); LIMA *et al.* (1999); POZZEBON *et al.* (2003) e CHRISTOFIDIS (2006).

O mapeamento dos pivôs centrais de irrigação foi realizado a partir da interpretação visual de imagens do satélite Landsat 5 para os anos de 1989 e 2008, obtidas por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe (www.inpe.gov.br). Para o reconhecimento dos sistemas de agricultura irrigada de alta tecnologia, foi utilizado o reconhecimento pela feição geométrica dos pivôs centrais, conforme recomendado por SCHIMIDT *et al.* (2004); BRAGA e OLIVEIRA (2005). Os trabalhos de cartografia, digitalização e geoprocessamento foram realizados no software Arc Gis 9.3.1.

Conjugando os dados locais de uso e perda de água por irrigação, junto ao zoneamento da evolução dos pivôs centrais, foi possível estimar a quantidade de água utilizada para irrigação na bacia de Entre-Ribeiros, para os anos de 1989 e 2008. Comparando essas estimativas à vazão regionalizada $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias consecutivos com período de retorno de 10 anos) da Bacia de Entre-Ribeiros, fornecida por MOREIRA (2006), procurou-se auferir quantitativamente a porcentagem da vazão utilizada para irrigação, nesses diferentes anos. Contudo, ainda se mostrou necessário um estudo sobre as variações anuais da vazão hídrica e da irrigação na bacia hidrográfica, para se compreender o comportamento dessa retirada de água nas diferentes estações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento da Evolução da Frente Agrícola de Irrigação

O mapa da Figura 2 mostra a localização dos pivôs na Bacia de Entre-Ribeiros, sob uma perspectiva temporal. Desde 1989, alguns dos pivôs de irrigação situados próximos ao norte da foz de Entre-Ribeiros utilizam-se da água canalizada proveniente do ribeirão, embora se situem para além das margens dos divisores de águas da bacia – um caso especial de transposição de águas de bacia. Para o ano de

2008, atenta-se para o fato de que um número razoável de pivôs de irrigação utilizam-se de água canalizada vinda de fora da Bacia de Entre-Ribeiros – ou seja, o inverso dessa mesma modalidade de transposição. A canalização de águas provenientes do leito do Rio Paracatu para os Projetos de Irrigação Entre-Ribeiros II e III foi descrita por ASSAD *et al.* (1991; 1992) e por BRITO *et al.* (2003). Nos demais casos, as imagens de satélite possibilitaram acompanhar os canais de irrigação que ligam as áreas irrigadas às barragens localizadas para além da bacia hidrográfica.

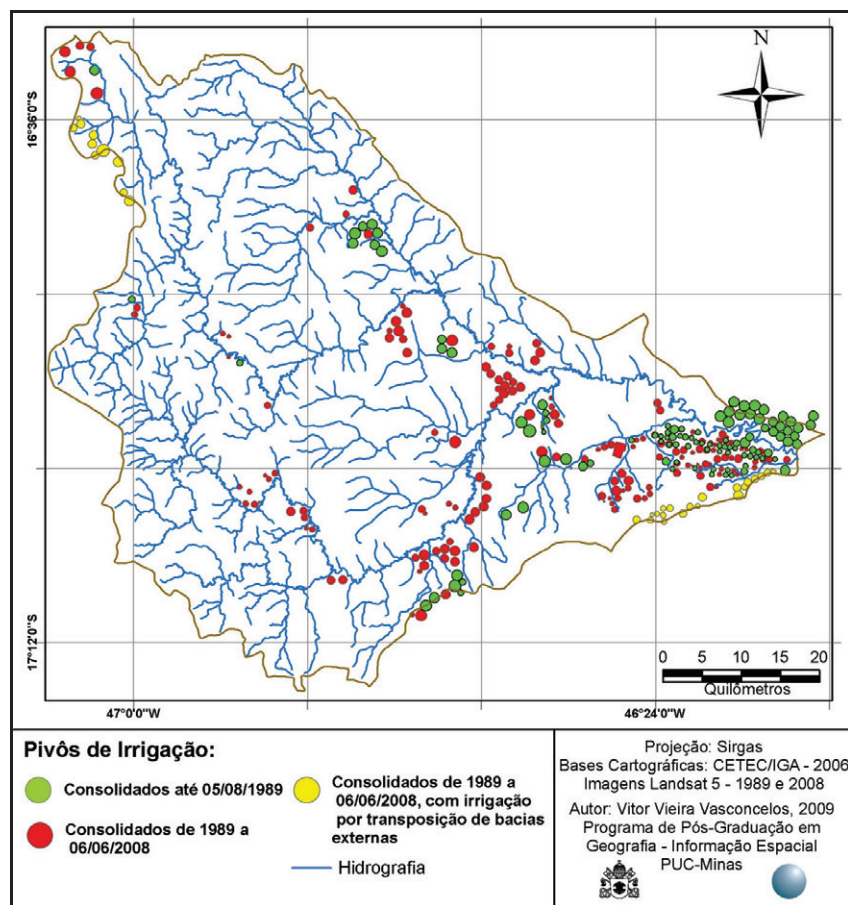


Figura 2: Mapa da evolução da ocupação por pivôs centrais de aspersão na bacia de Entre-Ribeiros, entre os anos de 1989 e 2008. Map showing the land use evolution of central pivots sprinkling in Entre-Ribeiros Basin, between the years 1989 and 2008.

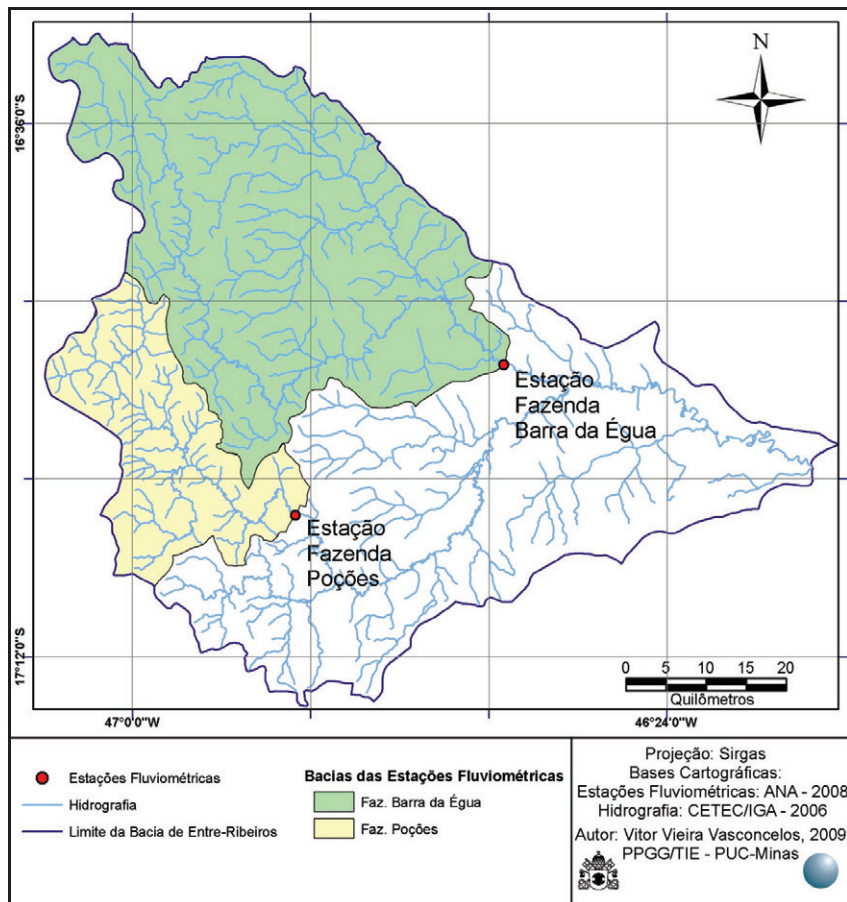
Estudos de Vazão Não Regionalizada

LATUF (2007) conduziu um estudo com o intuito de demonstrar como as mudanças de uso do solo em Entre-Ribeiros impactaram seu ciclo hidrológico. O autor avaliou as mudanças de uso do solo de 1985 a 2000, nas bacias de captação das duas estações fluviométricas de Entre-Ribeiros. O pressuposto de Latuf foi de que as florestas (principalmente) e os cerrados (em menor proporção) proporcionassem maior regularização da vazão para os rios do que os usos do solo de pastagem e cultivo.

Uma primeira crítica que pode ser feita ao trabalho de LATUF (2007) é de que não se considerou a feição geomorfológica associada à vegetação. Em Entre-Ribeiros, a maioria das florestas situa-se em áreas bastante declivosas, onde predomina o escoamento

superficial da água. O cerrado, em contraposição, ocupa as áreas planas e, portanto, mais propensas à infiltração das águas.

Os cálculos de LATUF (2007) sobre os impactos hidrológicos não incorporam nenhum uso da água para atividades agropecuárias, como dessedentação de animais e cultivo – razão pela qual a consistência de seus resultados pode ser questionada. Aliás, a não diferenciação entre os usos de solo de agricultura tradicional e irrigada apresenta outra deficiência crucial, pois esses dois sistemas agro-econômicos refletem relações bastante diferenciadas quanto ao uso e conservação dos recursos hídricos. Ademais, o estudo de LATUF (2007) é cingido por abranger apenas a cabeceira da bacia de Entre-Ribeiros (Figura 3), não abarcando as principais áreas irrigadas onde ocorrem os conflitos de uso da água, que estão mais a jusante (Figura 2).



Outros estudos sobre a região utilizaram-se dos dados primários das bacias hidrográficas de Entre-Ribeiros, seja para fins de estudo hidrológico (CARVALHO *et al.*, 2004), seja para estimativa do percentual de água utilizado para cada atividade agropecuária (PRUSKY *et al.*, 2007). Contudo, por enfocarem apenas as bacias de captação a montante das estações pluviométricas, esses estudos acabam por não captar as variações hídricas que ocorrem na principal área irrigada, na metade leste da bacia hidrográfica. Por esse motivo, as conclusões finais desses trabalhos acabam por minimizar ilusoriamente o impacto de irrigação sobre o ciclo hidrológico da região.

Todavia, é importante a conclusão de LATUF (2007), de que as vazões médias, mínimas e máximas anuais apresentadas pelas estações fluviométricas da Bacia de Entre-Ribeiros obtiveram tendência de decréscimo, entre o período de 1985 a 2000. Embora essa redução seja explicada em parte pela diminuição da pluviosidade no decorrer desse período (LATUF, 2007), acrescentamos que não se pode deixar de notar que o crescimento da área irrigada no extremo noroeste da bacia (Figura 2), pode ter contribuído significativamente para essas alterações fluviométricas.

Estudos de Vazão Regionalizada

A regionalização hidrológica corresponde a um conjunto de ferramentas que exploram ao máximo os dados existentes visando à estimativa de variáveis hidrológicas, de modo a suprir a insuficiência ou

escassez de dados de um determinado local, sob os pressupostos de que a área apresenta características hidrológicas e climáticas semelhantes em sua extensão (ARRAES, 2008). Em casos de escassez de estações fluviométricas, como em Entre-Ribeiros, instrumentos como esse são praticamente a única alternativa para tentar-se aproximar as características do ciclo hidrológico e os impactos da irrigação.

Contudo, sem um conhecimento aprofundado sobre as características físicas e antrópicas da área a ser regionalizada, correm-se inúmeros riscos em relação aos resultados assim obtidos. BARRETO *et al.* (2009, p. 53) ressalva que as técnicas atuais de cálculo de evapotranspiração foram desenvolvidas para medições pontuais, com baixa confiabilidade de extrapolação a grandes áreas. O mesmo autor ressalta, ainda, que distintas metodologias de cálculo podem divergir em até 100% de diferença do resultado de evapotranspiração.

MOREIRA (2006) apresenta um trabalho de regionalização das vazões $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias consecutivos e período de retorno de 10 anos) e Q_{90} (vazão associada à permanência de 90% no tempo) para a Bacia de Entre-Ribeiros, pelos seguintes métodos: Tradicional, Proporção de Vazões e Conservação de Massas (Gráfico 1). RODRIGUEZ (2008) em estudo de regionalização de vazões para diferentes bacias de afluentes do Rio São Francisco, avaliou que o Método de Conservação de Massas foi o que mais se aproximou à realidade de vazão do Rio Paracatu.

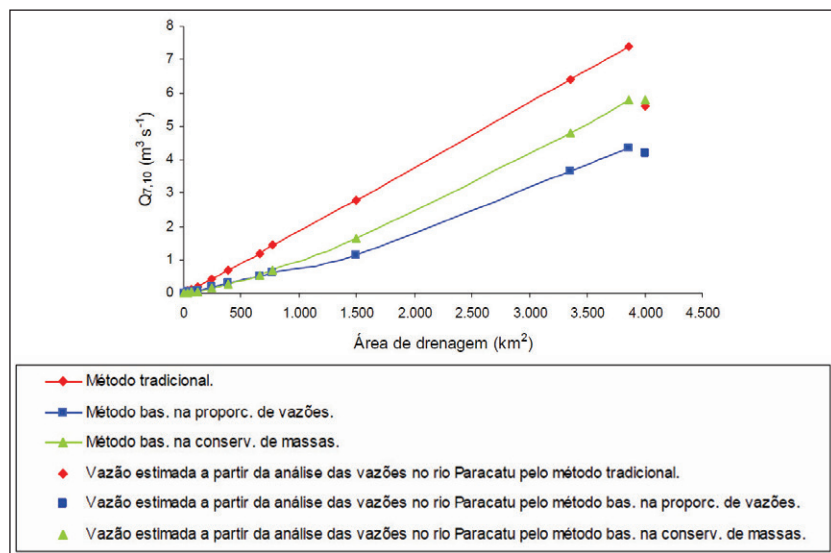


GRÁFICO 1. $Q_{7,10}$ em m^3s^{-1} , estimada pelos métodos de regionalização tradicional (vermelho), de proporção de vazões (azul) e de conservação de massas (verde). (MOREIRA, 2006, p. 58, 59). - $Q_{7,10}$ in m^3s^{-1} , estimated by traditional methods of regionalization (red), of flow ratio (blue) and of mass conservation (Green) (MOREIRA, 2006, p. 58, 59).

A partir da regionalização dos dados de vazão pelo método de conservação de massas, MOREIRA (2006) comparou-os com os dados de Outorga de uso da Água pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), e concluiu que em janeiro de 2006 houve um uso outorgado de 104,8% da $Q_{7,10}$. Salienta-se que o valor utilizado em Janeiro não necessariamente significa uma retirada maior, ou mesmo, igual à vazão do ribeirão, “uma vez que a $Q_{7,10}$ corresponde a um índice probabilístico relacionado ao risco de ocorrência de um evento a cada dez anos e o valor da vazão outorgada corresponde ao somatório das outorgas, o que não implica a retirada simultânea dessas vazões” (MOREIRA, 2006). Contudo, o contato com técnicos do IGAM confirmou que, nesse período, houve seções do Ribeirão Entre-Ribeiros em que foram observadas vazões nulas. Mesmo para os demais meses do ano, a retirada é sempre maior que 30% da $Q_{7,10}$, o qual é o máximo permitido pela Portaria nº 10, de 1998, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM.

Apesar de a regionalização de MOREIRA (2006) ser a melhor aproximação realizada até o momento para a bacia de Entre-Ribeiros, é preciso alertar que os dados de outorga de direito de uso da água podem divergir em muito do uso real. CUNHA *et al.* (2003) mostram que vários usuários outorgados solicitam outorga para uso de água divergente do pretendido. Alguns solicitam um valor maior do que utilizarão, seja por especulação (especialmente em áreas em que esse recurso é escasso e disputado, como em Entre-Ribeiros), seja por planejarem possíveis expansões futuras para o empreendimento. Outras vezes, os produtores solicitam outorga de usos bem inferiores ao que utilizarão, por medo de uma futura cobrança pelo uso da água, prevista pela Lei Federal nº 9.433, de 1997. Tanto os pedidos de outorga de direito de uso de água acima ou abaixo do uso real acobertam-se na constatação, pelos produtores, de que ainda não existe um meio de monitoramento e fiscalização adequado, que averigüe o real uso da água retirado dos rios por cada produtor isolado. Além disso, CUNHA *et al.* (2003) também ponderam que, no meio rural, a maioria dos usos de água para irrigação estão irregulares por não solicitar outorga para o desenvolvimento de suas atividades e, portanto, não aparecem nas estatísticas dos órgãos oficiais.

De qualquer forma, salienta-se que os usos outorgados já ultrapassam o valor máximo de 30% do $Q_{7,10}$, inviabilizando novas outorgas de direito de uso da água - de acordo com os padrões utilizados pelo

IGAM – e mesmo suas renovações, até o ano de 2010 (MOREIRA, 2006).

Outro estudo envolvendo regionalização de vazões que abarcou a Bacia de Entre-Ribeiros foi conduzido por RODRIGUEZ (2008). Nesse estudo, utilizaram-se modelos hidroclimatológicos para estimar qual seria a vazão natural esperada para os cursos d'água da Bacia do Rio Paracatu. Em seguida, esses dados foram comparados aos dados das estações fluviométricas (vazão observada). A diferença entre a vazão natural e a observada seria um indicador do quanto de água estaria sendo utilizada ou desperdiçada em atividades humanas.

Contudo, de modo até surpreendente, o estudo de RODRIGUEZ (2008) não indicou nenhuma região onde os usos de água ultrapassassem 10% das vazões mínimas ou médias em toda a bacia do Paracatu. Analisando a metodologia utilizada, foi possível inferirmos que a área crítica de irrigação de Entre-Ribeiros escapou à regionalização, pois se situa a jusante das estações fluviométricas dessa bacia hidrográfica. O impacto do uso de irrigação na metade leste de Entre-Ribeiros só foi sentido a partir das estações fluviométricas localizadas já no leito principal do rio Paracatu, bem mais a jusante – e computada sobre a vazão desse último rio, e não do Ribeirão Entre-Ribeiros. Como a vazão do leito do Rio Paracatu é diversas vezes maior do que a do seu afluente Entre-Ribeiros, os resultados percentuais de utilização foram pouco expressivos. Esse é um caso claro em que a regionalização passa resultados que deixam de perceber importantes heterogeneidades espaciais, apenas perceptíveis com conhecimento de campo e zoneamentos ambientais em escalas adequadas.

Como um balanço geral das metodologias de regionalização observadas neste tópico, bem como dos resultados apresentados, é possível avaliar que se trata de ferramentas valiosas; porém, como qualquer modelo, sempre implicam simplificações da realidade e, mesmo, riscos associados às previsões empregadas. Os modelos foram construídos com técnicas modernas e avançadas de hidrologia e climatologia, mas, por razões técnicas e financeiras, não foram realizadas checagens de campo em quantidade e qualidade suficiente para validação ou aprimoramento dos modelos. O conhecimento da região, tanto por contato direto, quanto por contato com os inúmeros trabalhos já publicados, mostram cenários bem mais complexos do que os modelos apresentam, e evidenciam as falhas e limitações encontradas. ARRAES (2008), sob

esse aspecto, também atenta que as regionalizações hidrológicas acabam, muitas vezes, por esconder as diferenças hidrogeológicas entre as regiões, sem atentar para a delimitação de bacias subterrâneas dos aquíferos e de suas respectivas zonas de recarga e descarga. Enfim, os conhecimentos sobre a região são essenciais para que os estudos de regionalização não acabem mascarando as diferenças espaciais no tocante à ocupação do solo, uso da água e dos fenômenos naturais.

3.4. Perdas de Água pela Agricultura Irrigada

O método mais utilizado na irrigação, em Entre-Ribeiros, é o de pivôs de aspersão, que se consolidaram como a técnica mais adaptada ao cultivo extensivo de grãos, vocação agrícola da região. Entre as vantagens técnicas dos pivôs centrais de aspersão, estão: boa uniformidade de distribuição de água, quando bem dimensionado; fácil controle da lâmina d'água aplicada; grande versatilidade para as diversas condições de topografia e tipos de solo; e menor dispêndio de mão de obra (SCHONS, 2006). Também se ressalta que há uma estratégia comercial mais agressiva por parte dos fabricantes e vendedores desse tipo de equipamento no meio rural, aliado a facilidades de créditos e a escolha preponderante dessa técnica nos projetos agrícolas com incentivo governamental (RURALMINAS, 1996).

CHRISTOFIDIS (2006) estimou uma média de uso da água para agricultura no Brasil em 11.521m³/ha/ano, o que, com base na estimativa de POZZEBON *et al.* (2003), corresponde a aproximadamente 61% do uso da água no país. CHRISTOFIDIS (2006) estimou uma eficiência de 60,25% para o uso da água na agricultura, no que chegou ao consumo médio de 6.982m³/ha/ano. POZZEBON *et al.* (2003) estimaram a eficiência da irrigação por pivôs centrais entre 75% e 90%, a partir de dados de ENGECORPS (1998). LIMA *et al.* (1999), por sua vez, estimaram a eficiência do pivô de aspersão entre 60% a 80%, a partir de dados de MARQUELLI e SILVA (1998).

RODRIGUEZ (2004) procurou construir um indicador regionalizado de eficiência de irrigação por aspersão para a Bacia do Paracatu, por meio do método proposto pela FAO, Boletim 24. Utilizando dados de evapotranspiração para milho e soja, e servindo-se de parâmetros de evaporação estimados para a região no ano de 2003, a autora chegou a um índice de eficiência de 70% - computando uma perda de 10,9% por evaporação e 19% por percolação e escoamento superficial.

Contudo, FERREIRA (2005) conduziu estudos sobre pivôs de aspersão no Distrito Federal, em localização próxima de Entre-Ribeiros, e com condições climáticas e pedológicas semelhantes. Para essa região, foi mensurada uma perda de 52% da água utilizada na agricultura, sendo 35% por evaporação do aspersor, 18% por evaporação no solo e nas folhas (por excesso de aplicação), e 11% por percolação no solo. Logo, não se pode negar que esses dados mostram uma realidade bastante diferente da estimada para o restante do país. Essa variação pode ser explicada pelo clima mais seco e quente da região central do Brasil, ainda mais acentuado durante a estação seca, o que diminuiria a eficiência desses sistemas de irrigação.

Outro estudo importante da eficiência de uso da água na irrigação foi conduzido por BRITO *et al.* (2003). Seus dados de eficiência e volume de água consumido foram auferidos diretamente dos sistemas do Projeto de Irrigação de Entre-Ribeiros I, entre os anos de 1997 e 2000. Além das perdas de água calculadas por FERREIRA (2005), os autores também calcularam a perda de água por evaporação e infiltração ao longo dos canais, os quais levam a água até cada um dos aspersores. Essas perdas ao longo dos canais variaram na ordem de 13 a 20% do total de água, com média de 15,75% no decorrer dos anos mensurados. Incorporando esses dados aos demais padrões de perda de FERREIRA (2005), tornou-se possível estimar-se uma eficiência esperada de 41,6% a 45,24% (com média de 43,81%) para o sistema de irrigação analisado. Contudo, BRITO *et al.* (2003) encontraram resultados de eficiência de aproveitamento da água irrigada, pelas culturas, ainda menores que os propostos pelos padrões de Ferreira, chegando de 28% a 47%, com média de 38,75% entre os anos estudados (cálculos percentuais nossos).

Além da perda de água ao longo dos canais, o resultado de baixa eficiência encontrado em Entre-Ribeiros também pode ser explicado porque se trata de uma avaliação das atividades agrícolas reais, e não um experimento controlado realizado com equipamentos e manejo agrônômico de ponta, tal como o conduzido por FERREIRA (2005). BRITO *et al.* (2003) procuram explicar que o baixo preço cobrado pelo uso da água (praticamente apenas a energia utilizada pelos pivôs e o custo de manutenção do sistema), o monitoramento ineficiente do uso individual por cada irrigante, e o manejo técnico inadequado são fatores que levam a uma utilização de água superior ao necessário. O agricultor, por não ter uma indicação precisa sobre a quantidade exata de água que

deve utilizar, prefere pecar por irrigar em excesso. Essa super-irrigação aumenta o impacto ambiental na região, além de diminuir a eficiência do sistema, pois aumenta as perdas de água por evaporação e percolação.

A obtenção de dados experimentais, como o de FERREIRA (2005) e o de BRITO *et al.* (2003), mostram a importância das confirmações de campo e o risco de se confiar apenas em estimativas regionalizadas generalizadas, como as conduzidas por RODRIGUEZ (2004). Rodriguez também procurou realizar uma regionalização das demandas de água por culturas irrigadas para as diferentes sub-bacias do Rio Paracatu, tomando por base o seu indicador e os dados de área irrigada do IBGE. Contudo, como seu indicador de eficiência de irrigação estava bastante superestimado, as conclusões obtidas dificilmente se aproximam da realidade. De qualquer forma, os resultados comparativos evidenciaram que, em toda Bacia do Rio Paracatu, é na Sub-Bacia de Entre-Ribeiros que a irrigação consome a maior porcentagem da vazão média de longa duração, $Q_{7,10}$ e Q_{95} (vazão associada à permanência de 95% no tempo) dos cursos d'água (RODRIGUEZ, 2004).

Todavia, ainda cabe uma consideração quanto às metodologias utilizadas por BRITO *et al.* (2003), RODRIGUEZ (2004) e FERREIRA (2005). Todos os três estudos empregaram metodologias tradicionais da Agronomia, que considera a eficiência da irrigação em termos de quanto de água é aproveitada ou não pela planta. Nesses casos, o uso eficiente da água é calculado em termos da necessidade de evapotranspiração da planta e ao incremento de água à biomassa. As perdas por evaporação na aspersão, junto às perdas de percolação, são consideradas como desperdício para esse fim que é a irrigação.

Contudo, a visão sobre o que é perda, uso de água ou mesmo recirculação da água deve ser reformulada quando o objetivo é analisar o ciclo hidrológico e hidrogeológico de uma bacia hidrográfica. Para a manutenção da vazão dos cursos d'água, a água evapotranspirada pelas plantas, assim como a água exportada da bacia hidrográfica pela biomassa dos produtos agrícolas, são perdas expressivas para o sistema hidrológico. A perda por percolação, inobstante, não é totalmente danosa ao ambiente, pois pode contribuir para a recarga dos lençóis freáticos. Nessa comparação, somente a evaporação (no sistema de aspersão, no solo e na superfície das folhas) é considerada como perda tanto para o agricultor quanto para o ciclo hidrogeológico.

Apesar das diferenças de enfoque, existe uma ligação crucial entre a eficiência *para o agricultor* e a perda da água *no ciclo hidrológico*. Afinal, o agricultor com sistema de irrigação mais eficiente precisará captar menos água dos rios para atender às mesmas necessidades de seu cultivo – menos água captada também significa menos água perdida como evaporação. Além disso, a pesquisa por cultivares com maior eficiência de evapotranspiração *versus* crescimento de biomassa ainda pode reduzir mais a necessidade de água para irrigação, otimizando o sistema.

O uso de água para irrigação também varia de cultura para cultura. A Tabela 1 mostra as demandas médias anuais de água para irrigação das culturas predominantes na bacia de Entre-Ribeiros:

TABELA 1
Consumo de Água para irrigação, por cultura. -
Water Consumption for Irrigation, by crop.

Culturas	Consumo de Água (m³/ha)
Feijão	4.573
Milho	6.057
Soja	2.824

Fonte: CODEVASF *et al.* (1989).

A partir dos dados de área irrigada e dos volumes totais derivados do Ribeirão Entre-Ribeiros para o Projeto de Irrigação Entre-Ribeiros I (BRITO *et al.*, 2003), foi possível calcular a quantidade média de água utilizada por hectare, na Tabela 2.

Analisando a Tabela 2, percebe-se que o montante de água utilizado para irrigação está acima dos padrões de referência da Tabela 1. Esse resultado corrobora com a argumentação já exposta nesse tópico, sobre a eficiência dos sistemas de irrigação de Entre-Ribeiros.

Utilizando a média de uso da água por hectare, como encontrada na Tabela 2, e de posse dos dados de área total irrigada da bacia de Entre-Ribeiros encontrados na Tabela 3 para os anos de 1989 e 2008 (e descontada a área de pivôs que irrigam por transposição de água de outras bacias), estimamos o uso da água por irrigação para a região (Tabela 3). Essas estimativas devem ser tomadas com cuidado, pois não levam em consideração as diferenças de pluviosidade e de tipos de solo existentes na bacia. Além disso, não incluem a hipótese de mudanças na

TABELA 2
Volume de água derivado total e por hectare, no Projeto de Irrigação Entre-Ribeiros I.
Derived water, total and by hectare, in Entre-Ribeiros I Irrigation Project.

Ano	Volume derivado total (m³)	Área Irrigada (ha)	Uso de água por hectare (m³ha ⁻¹ ano ⁻¹)
1997	14.117.323	2.343	6.025,32
1998	23.744.618	2.365	10.040,01
1999	22.383.753	2.389	9.369,51
2000	18.053.636	2.434	7.417,27
Média	19.574.833	2.383	8.213,03

Fonte: Cálculo a partir dos dados de BRITO et al. (2003, p. 296-297).

TABELA 3
Estimativa de Uso da Água para Irrigação em Entre-Ribeiros, para os anos de 1989 e 2008. –
Estimated Water Use through irrigation in Entre-Ribeiros, for the years of 1989 and 2008.

Ano	Área Irrigada (em ha)	Uso de água total (m³/ano)	Porcentagem de uso sobre a Q _{7,10} (em %)
1989	8.390,35	68.910.196,26	37,78
2008	19.118,07	157.017.282,45	86,08

Fonte: Cálculo a partir dos dados de BRITO, BASTINGS E BORTOLOZZO (2003, p. 296-297) e MOREIRA (2006, p. 61).

tecnologia e no manejo de irrigação ocorridas entre os períodos de 1989, de 1997-2000 e de 2008. Comparando o resultado com a regionalização de vazão Q_{7,10} de Entre-Ribeiros de 5,78m³s⁻¹ (MOREIRA, 2006) - ou seja, 182.402.928m³ano⁻¹ - pelo Método de Conservação de Massas, foi obtido o percentual de vazão utilizado para a agricultura.

Como o uso permitido para retirada de água em Minas Gerais é de até 30% da Q_{7,10}, pode-se inferir que desde 1989 o uso de água já está além dos padrões permitidos. A situação agrava-se cada vez mais, até o ano de 2008.

A partir das análises expendidas no decorrer deste tópico, compreende-se que os indicadores gerais regionalizados utilizados como critério para Outorga de Direito de Uso da Água, pelos órgãos ambientais, não conseguem captar as especificidades de cada região e mesmo de cada tipo de cultura agrícola irrigada. CHRISTOFIDIS (2006) também acrescenta que os diferentes tipos de solo e de técnicas de manejo agrícola influenciam a demanda e a eficiência do uso da água irrigada. O cultivo consorciado, com linhas de contorno ou com plantio direto apresentam um

ganho comprovado na eficiência de uso da água, já demonstrado em diversos experimentos agrônômicos (SILVA, 2002). O plantio direto é técnica largamente utilizada em Entre-Ribeiros; todavia, o sucesso desta técnica na região central do Brasil é comparativamente menor ao obtido do Sul e Sudeste, pois as espécies para palhada adequadas ao clima ainda não conseguem promover uma cobertura protetora eficiente para o solo (PEREIRA, 2002). Conclui-se, enfim, que é preciso um esforço para a construção de indicadores regionalizados e personalizados a cada empreendimento, de forma a uma análise mais adequada da viabilidade ou não do uso da água demandado.

Não obstante, tanto para termos de gerenciamento de uso quanto de impacto ambiental, trabalhar apenas com médias anuais não é uma estratégia eficiente. Afinal, o uso de água para irrigação se dá de maneira concentrada nos períodos de estiagem (POZZEBON *et al.*, 2003). No caso de Entre-Ribeiros, os períodos de maior uso podem ser observados no Gráfico 2. Dele, depreende-se que os períodos de mais alto consumo são o veranico de janeiro (ARAÚJO *et*

al., 1999 e BRITO *et al.*, 2003) e, principalmente, os meses do período de estiagem, que vai de maio a outubro. O cálculo do Índice de Aridez de Martonne para diversas regiões da Bacia do Paracatu (RURALMINAS, 1996) também evidencia que no período de maio a setembro há a necessidade de utilização de irrigação, sob o risco de comprometer as safras agrícolas. Os estudos do balanço hídrico climatológico confirmam o inverno como o período de maior deficiência hídrica (Gráfico 3).

Os estudos hidrológicos feitos para a Bacia do Paracatu (RURALMINAS, 1996), demonstram que tanto

a pluviosidade quanto a vazão dos rios diminui significativamente durante o período de inverno (Gráfico 4). O período de baixa pluviosidade atinge os níveis críticos durante o período dos meses de Junho, Julho e Agosto (CARVALHO *et al.*, 2004). Neste período, a vazão dos rios começa a decrescer, e atinge os níveis mais baixos durante o mês de setembro, chegando a um patamar de 30% ou até 20% da vazão média anual (ANDRADE, 2007). Nesses mesmos estudos hidrológicos, concluiu-se que a região é afetada de maneira irregular pelos processos dinâmicos da atmosfera, o que deixa a região sujeita a períodos de estiagem prolongada.

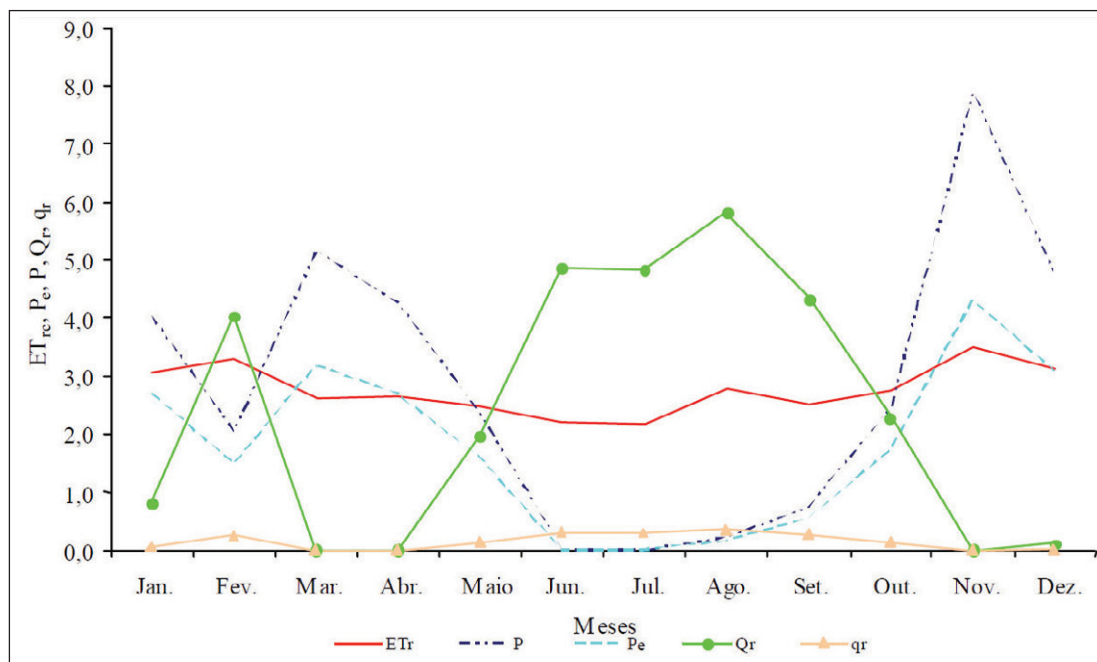


Gráfico 2: Vazão de retirada (QR, em m³/s) e vazão unitária de retirada pela irrigação (qr, em Ls⁻¹ha⁻¹), precipitação (P, em mm/d), precipitação efetiva (Pe, em mm/d) e evapotranspiração da cultura (ETr, em mm/d) ao longo do ano de 1996 no município de Unai. Fonte: RODRIGUEZ (2004, p.54). Water Withdrawals (QR, em m³/s) and Unitarian Withdrawals through irrigation (qr, em Ls⁻¹ha⁻¹), rainfall (P, em mm/d), effective rainfall (Pe, em mm/d) and evapotranspiration by crop (ETr, em mm/d) during year 1996 in the municipality of Unai. RODRIGUEZ (2004, p.54).

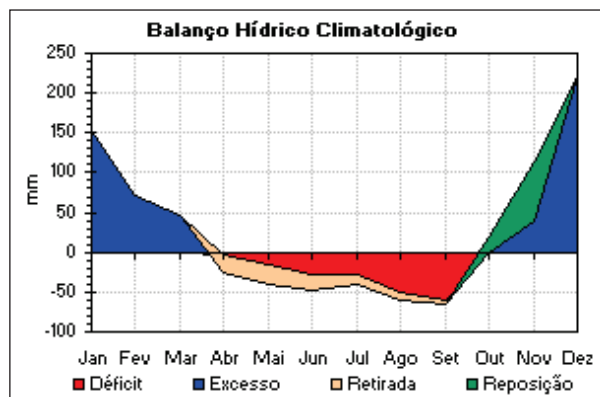


GRÁFICO 3: Balanço Hídrico Climatológico da Bacia do Rio Paracatu – 1961-1990, consolidado com base nos dados do INMET (ANDRADE, 2007, p. 73). Climatologic Water Balance of Paracatu River Basin – 1961-1990, compiled using INMET data (ANDRADE, 2007, p. 73).

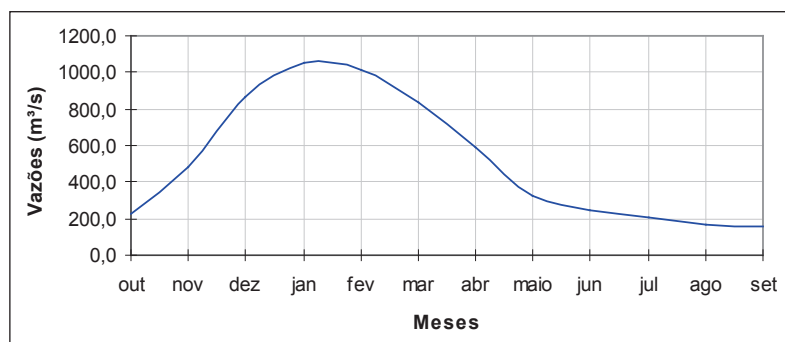


GRÁFICO 4: Hidrograma representando as vazões médias mensais no Médio Paracatu no período entre 1940 e 1994. (RURALMINAS, 1996). – Hydrograph representing the monthly average streamflow in Middle Paracatu, between 1940 and 1994 (RURALMINAS, 1996).

Portanto, a tendência é que justamente nesse período em que se chove menos e em que há menos água nos rios, os agricultores necessitarão mais de utilizar técnicas de irrigação para suas culturas, devido à pouca quantidade de água presente no solo. Além disso, o período crítico em que ocorrem os conflitos pelo uso de recursos hídricos também vai convergir com o período de elevação dos preços nas safras agrícolas predominantes na região que utilizem de irrigação, em especial a soja e o feijão (GUIMARÃES *et al.*, 2004).

Contudo, mesmo a média mensal ou diária não é suficiente para abarcar o problema do uso de água satisfatoriamente. Existem horários preferenciais para captação e uso de água na irrigação (POZZEBON *et al.*, 2003), condicionados também pela variação do custo da energia elétrica nos diferentes horários (BRITO *et al.*, 2003). Em bacias hidrográficas com muitos usuários, como em Entre-Ribeiros, tal cenário pode demandar o estabelecimento de balanços hídricos diários e escalas de horário de uso de água. Um

arranjo como esse já ocorre entre os agricultores do Projeto de Irrigação Entre-Ribeiros I (BRITO *et al.*, 2003), mas não é o suficiente para evitar conflitos, pois há diversos outros irrigantes na bacia hidrográfica, a montante e a jusante.

Pode-se concluir, a partir dos argumentos tecidos no decorrer deste tópico, que os atuais padrões utilizados nos estudos de uso de água na agricultura, bem como nos critérios para concessão de outorga de uso da água, raras vezes conseguem captar a complexidade da relação entre usuários e o ciclo hidrológico nas frentes agrícolas de manejo intensivo de irrigação. Como atestado pela AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2003), mesmo que os cálculos das retiradas de água outorgadas para Entre-Ribeiros não somassem mais do que 25% da vazão total média anual, naquele ano, houve notícia de períodos em que o leito do rio secou. Relatos da população do município de Paracatu também confirmam essa informação.

Nessas ocasiões em que não há recurso hídrico o suficiente para atender à demanda, quando os agri-

cultores disputam a água entre si, pode-se perceber um custo produtivo ocasionado pela escassez de recursos hídricos. Afinal, por não haver água para todos produzirem, alguns vão ter que deixar de utilizar do privilégio produtivo da irrigação, ao menos na escala em que precisariam. Nesses momentos, se torna evidente que um planejamento mais adequado da utilização dos recursos hídricos, aliado ao uso das técnicas mais adequadas de irrigação, poderia suprir esse bem escasso para um maior número de agricultores. Além disso, é importante que a distribuição do uso da água se faça de maneira planejada, para que os agricultores não se frustrem em suas previsões de safra. Sem contar os prejuízos ambientais drásticos causados pela redução da vazão dos rios, pois o volume de água é necessário para a manutenção dos ecossistemas da região. Os maiores conflitos por uso de água, bem como os maiores impactos ambientais, tendem a ocorrer nos anos em que há grandes estiagens (com a conseqüente baixa na vazão dos rios), como nos períodos de 1987-89, de 1996 e de 1998, conforme informam as estações fluviométricas localizadas em Entre-Ribeiros e nas demais sub-bacias do Rio Paracatu (CARVALHO *et al.*, 2004).

CONCLUSÕES

A discussão conduzida, sobre os usos e perdas de água na irrigação, detalha os impactos sobre os recursos hídricos de Entre-Ribeiros. Os dados experimentais de campo mostram que a eficiência do uso da água no Noroeste de Minas Gerais são inferiores aos padrões de referência adotados pelos órgãos de gestão de uso da água. Entre os motivos apresentados estão as peculiaridades climáticas, mas também se apresentam os problemas relativos à gestão cooperada do uso da água entre os diversos irrigantes da bacia. O impacto ambiental da volumosa quantidade de uso da água utilizada é ainda mais elevado em decorrência da baixa vazão dos rios da região, durante o período de estiagem. Os dados de uso e eficiência da água irrigada, disponíveis para o Projeto de Irrigação de Entre-Ribeiros I, foram regionalizados para toda a

bacia de Entre-Ribeiros, e mostram que, desde 1989, o valor utilizado está acima do permitido pelos órgãos ambientais.

Os desafios encontrados para a gestão dos recursos naturais pela frente agrícola são um ponto chave para novas pesquisas. Novas técnicas de manejo e irrigação que aumentem a eficiência do uso da água, de maneira economicamente viável, são uma demanda sensata dos produtores rurais. CHRISTOFIDIS (2006) indica diversas medidas para melhorar o uso da água na agricultura moderna, dentre as quais o aprimoramento dos cultivares, das técnicas de manejo e do maquinário de irrigação. FARIA *et al.* (2009) e JUSTI *et al.* (2010) recomendam que a uniformidade da distribuição da lâmina irrigada é um dos fatores que podem conduzir a uma melhora significativa na produtividade e no consumo sustentável dos recursos hídricos.

Adicionalmente, a busca por métodos de gestão integrada do uso da água em toda a bacia é uma forma de garantir que os usuários de montante não prejudiquem os de jusante, ao menos sem alguma forma de retribuição econômica. Essa gestão integrada é igualmente premente para o planejamento de futuras expansões das áreas irrigadas para a bacia hidrográfica. Entre os métodos de gestão de uso da água, podem e devem ser utilizados os instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433, de 1997, e Lei Estadual nº 13.199, de 1999), especialmente a outorga de direito de uso da água e a cobrança pelo uso da água. A necessidade de se aprimorarem as metodologias de outorga de direito de uso da água foi demonstrada neste artigo. A cobrança pelo uso da água, por sua vez, é uma das prioridades atuais do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu, e servirá como mecanismo para o uso consciente da água, além de contribuir com recursos financeiros diretamente para sua conservação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG pelo financiamento dos projetos de pesquisa que viabilizaram este artigo.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2003. Análise Sobre a Implantação de Sistemas de Barragens de Regularização em Afluentes do Rio São Francisco. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco. Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). ANA/GEF/PNUMA/OEA. Brasília. Distrito Federal, 53 p.

- ANDRADE, L.M.G. 2007. Uso Optimal do Território de Bacia Hidrográfica com fundamentos no conceito de Geociências Agrárias e Ambientais. Bacia do Ribeirão de Entre-Ribeiros no vale do Rio Paracatu. 203 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Escola de Minas, Dep. de Geologia, Ouro Preto.
- ARAÚJO, W.F.; SAMPAIO, R.A.; MEDEIROS, R.D. 1999. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. *Scientia agricola*, vol.56, n.4, p.909-914.
- ARRAES, T.M. Proposição de Critérios e Métodos para Delimitação de Bacias Hidrogeológicas. 125f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nacional de Brasília (UNB) Instituto de Geociências, Brasília, 2008.
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E.; MOREIRA, L.; VALENTE, B.C. 1991. Caracterização ambiental dos projetos Entre Ribeiros II e III (PCPER II e III) e das reservas em condomínio dos PCPER I e II, *Paracatu (MG)*. Brasília: EMBRAPA-CPAC / Campo. 21p.
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E.; MOREIRA, L.; VALENTE, B.C. 1992. Caracterização de áreas nativas através do sensoriamento remoto e do sistema de informações geográficas; caso dos projetos de irrigação entre Ribeiros, Paracatu (MG). Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF (Brasil). Planaltina, DF (Brasil). 23 p.
- BARRETO, C.E.A.G.; WENDLAND, E.; MARCUZZO, F.F.N. 2009. Estimativa da evapotranspiração a partir de variação de nível estático de aquífero. *Eng. Agríc.* [online] vol.29, n.1, pp. 52-61. ISSN 0100-6916.
- BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. de. 2005. Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. *Anais...* Goiânia, Brasil, 16-21 abril, INPE, p. 849-856.
- BRITO, R.A.L.; BASTINGS, I.W.A.; BORTOLOZZO, A.R. 2003. The Paracatu/Entre-Ribeiros irrigation scheme in Southeastern Brazil. Features and challenges in performance assessment. *Rev. Irrigation and Drainage Systems*, Netherlands, vol.17, p.285-303.
- CARVALHO, F.E.C.; FIRMIANO, R.G.; MARTINS JUNIOR, P.P. 2004. Análise Fluviométrica de Estações em Operação na Bacia do Paracatu. Finep, Igam, Cetec. In: MARTINS JUNIOR, et al.. Projeto CRHA, Nota Técnica: NT- 22. 224 p.
- CODEVASF; SUDENE; OEA. 1989 Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco – PLANVASF, 192p.
- CHRISTOFIDIS, D. 2006. Água: Gênesis, Gênero e Sustentabilidade Alimentar no Brasil. UNESCO/Ministério da Integração Nacional/Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica/PROAGUA – Semi-Árido Brasília, DF. Fevereiro.
- CUNHA, P.; POZZEBON, E.J.; CAVALCANTI, A.C.; DA SILVA, L.M.C. 2003. Procedimentos para pedidos de outorga de direito de uso da água para irrigação. In: *Workshop sobre Água, Agricultura e Meio Ambiente no Estado de São Paulo*, 1. EMBRAPA – Jaguariúna/SP, 16 a 17 de setembro. Resumos.
- DINO, K.J. 2001. Relatórios Preliminares 2001 - A Bacia do Rio Paracatu, Minas Gerais, 2001. Projeto Marca D'água. Núcleo de Pesquisas em Políticas Públicas, FINATEC, Asa Norte, Brasília DF – Junho. Disponível em: <http://www.marcadagua.org.br/paracatu.pdf> Acesso em: 24 de out. de 2008.
- ENGEORPS. 1998. *Manual de Outorga*. In: Relatório 210. SRH-MAO-RT-006/98, Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, Fundação Arthur Bernardes, Brasília.
- FARIA, L.C.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, H.F.E.; PRADO, G. 2009. Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento. *Eng. Agríc.* vol.29, n.1, p.19-27.
- FERREIRA, P.A. 2005. Quantificação e Análise do Uso da Água em Práticas de Agricultura Irrigada na Bacia do Descoberto-DF. 152f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Nacional de Brasília (UNB), Brasília.
- GUIMARÃES, T.B.; CUNHA, M.A.R.; CHAVES, M. (Coord.). 2004. Minas Gerais do Século XXI - Volume IV: Transformando o Desenvolvimento na Agropecuária. ECON/UFV, BDMG, Minas Gerais.
- JUSTI, A.L.; VILAS BOAS, M.A.; SAMPAIO, S.C. 2010. Índice de capacidade do processo na avaliação da irrigação por aspersão. *Eng. Agríc.* vol.30, n.2, p.264-270.
- LATUF, M.O. 2007. Mudanças de Uso do Solo e Comportamento Hidrológico nas Bacias do Rio Preto e de Entre-Ribeiros. 103f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D. 1999. O Uso da Irrigação no Brasil. In: Estado das Águas no Brasil – 1999: Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, p. 73-82.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. 1998. Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças. Brasília: Embrapa. 15p
- MOREIRA, M.C. 2006. Gestão de Recursos Hídricos: Sistema Integrado para otimização da Outorga de Uso da Água. 94f Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PEREIRA, A.L. 2002. Efeito de Níveis de Cobertura do Solo sobre o Manejo da Irrigação do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Irriga, Botucatu, vol.7, p.42-52, 2002.
- POZZEBON, É.J.; CUNHA, P.; CAVALCANTE, A.C.; CARRARI, E.; SILVA, L.M.C. 2003. Demanda Hídrica para Agricultura Irrigada e sua Influência nas Análises de Pedidos de Outorga de Direito de Uso da Água. XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Anais... Novembro. 20 p.
- PRUSKI, F.F.; RODRIGUEZ, R.D.G.; NOVAES, L.F.; SILVA, D. D. DA; RAMOS, M.M.; TEIXEIRA, A.F. 2007. Impacto das vazões demandadas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano, na Bacia do Paracatu. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental vol.11, n.2, p.199-210.
- RODRIGUEZ, R.D.G. 2004. Metodologia para Estimativa de Demandas e Disponibilidades Hídricas: estudo de caso da Bacia do Paracatu.. 94 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RODRIGUEZ, R.D.G.; PRUSKI, F.F.; NOVAES, L.F.; RAMOS, M.M.; SILVA, D. D.; TEIXEIRA, A.F. 2007. Estimativa da Demanda de Água nas Áreas Irrigadas da Bacia do Rio Paracatu. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.1, p.172-179.

RODRIGUEZ, R.D.G. 2008. Proposta Conceitual para a Regionalização de Vazões. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
RURALMINAS. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu – PLANPAR.

Vitor Vieira Vasconcelos Assembleia Legislativa de Minas Gerais (Consultor Legislativo de Meio Ambiente e Recursos Naturais). Universidade Federal de Ouro Preto (Doutorando). Doutorando em Geologia, Mestre em Geografia, Especialista em Solos e Meio Ambiente, Bacharel em Filosofia, Técnico em Meio Ambiente, Técnico em Informática. Financiador: Capes-Prosop. E-mail: vitor.vasconcelos@almg.gov.br. Endereço: Rua Goitacazes, 201/1402, Centro, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 30.190-050.

Renato Moreira Hadad Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (Pró-Reitor) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial (Professor). Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC-MG (Pesquisador Pleno). Doutor em Ciência da Computação, Mestre em Engenharia Eletrônica e Computação, Bacharel em Engenharia Mecânica. rhadad@pucminas.br

Paulo Pereira Martins Junior Universidade Federal de Ouro Preto (Professor). Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC-MG (Pesquisador Pleno). Geólogo. Doutor em Ciências da Terra. paulo.martins@cetec.br