

ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA DO RIO PARACATU COM O SOFTWARE SIAPHI 1.0

JOÃO FELIPE SOUZA¹; FERNANDO FALCO PRUSKI²; RENATA DEL GIUDICE RODRIGUEZ³

¹ Professor E.B.T.T. do IFTM Campus Paracatu. Rodovia MG188 – km 167. 38.600-000. Paracatu-MG. E-mail: joaofelipe@iftm.edu.br

² Professor titular da UFV. Pesquisador 1a do CNPq. Universidade Federal de Viçosa. Dep. Eng. Agrícola. 36570.000. Viçosa – MG. E-mail: fpruski@ufv.br

³ Doutora em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Dep. Eng. Agrícola. 36570.000. Viçosa – MG. E-mail: rdgrodriquez@uol.com.br

Resumo -

A bacia do rio Paracatu está localizada no Alto-Médio São Francisco e é uma importante contribuidora para o aumento na vazão do rio São Francisco. Apesar disso, o crescimento das demandas na bacia vem tornando frágil a relação entre as demandas e a oferta hídrica. Este quadro é mais evidente em sub-bacias menores, como é o caso de sua sub-bacia do ribeirão Entre-Ribeiros. Conhecer a relação entre a vazão disponível para outorga e a vazão outorgada é fundamental para alcançar os objetivos da gestão eficiente dos recursos hídricos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade hídrica na bacia do rio Paracatu por meio da comparação entre a vazão disponível e a vazão outorgada. A análise de disponibilidade hídrica foi realizada na forma de estudo de caso, no qual foi utilizado o software SIAPHi 1.0. A base hidrográfica disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2006) foi utilizada para representar a hidrografia, enquanto que as vazões mínimas (Q95 e Q7,10) foram estimadas conforme estudo de regionalização de vazões disponível. Para a caracterização das demandas foram utilizados os bancos de dados de outorgas obtidos junto à ANA e ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). As outorgas foram tratadas em um plano acumulativo, independente do número de horas ao dia, do número de dias ao mês ou da existência de reservatórios de regularização. O somatório da vazão outorgada superou a vazão disponível para outorga em 52% dos trechos com outorga a montante, caracterizando-se como uma situação de desequilíbrio. O uso do geoprocessamento e do software SIAPHi 1.0 foi eficiente para a avaliação da disponibilidade hídrica, permitindo a sintetização de informações importantes em gráficos e em mapas temáticos, bem como para simulação e comparação entre a adoção de diversos critérios para estabelecimento da vazão permissível para outorga.

Palavras-Chave: Gestão de Recursos Hídricos, Bacia do Rio Paracatu, Disponibilidade Hídrica

Tema: 1. Gestão de recursos hídricos em contextos nacionais e transfronteiriços.

1. INTRODUÇÃO

A bacia do rio Paracatu está localizada na região do Alto-Médio São Francisco e é uma importante contribuidora para o aumento na vazão do rio São Francisco. Com área de drenagem de 41.005 km², a bacia do rio Paracatu abrange uma ampla região geográfica e está presente no distrito Federal e nos Estados de Goiás e Minas Gerais. Em sua extensão estão presentes municípios como Unaí e Paracatu que possuem vasta área irrigada, além de atividade industrial e mineração. A bacia tem enfrentado um crescimento das demandas, ocasionado inclusive pelo aumento na área irrigada evidenciado a partir de 1970. Este quadro é mais evidente em sub-bacias menores, como é o caso de sua sub-bacia do ribeirão Entre-Ribeiros (OLIVEIRA, 2011).

A outorga de uso da água é um instrumento de gestão dos recursos hídricos por meio do qual é possível estabelecer a vazão de retirada pelos usuários da bacia para que seja possível o atendimento dos múltiplos usos da água.

Conhecer a relação entre a vazão disponível para outorga e a vazão outorgada é fundamental para alcançar os objetivos da gestão eficiente dos recursos hídricos. Deste modo, uma análise dos recursos hídricos que aponte esta relação pode contribuir para o melhor entendimento dos critérios para concessão de outorga e propiciar melhorias na gestão de recursos hídricos.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar a disponibilidade hídrica na bacia do rio Paracatu por meio da comparação entre a vazão disponível e a vazão outorgada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A seguinte análise de disponibilidade hídrica foi realizada na forma de estudo de caso, no qual foi utilizado o software denominado “Sistema de Informações para Apoio ao Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos” (SIAPHi 1.0). Realizou-se a alimentação do sistema com uma base hidrográfica, com um estudo de regionalização de vazões e com os dados de outorgas. Em seguida, procedeu-se a análise das vazões outorgadas e da vazão disponível para outorga.

3.1 Sistema de Informações para Apoio ao Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

O Sistema de Informações para Apoio ao Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (SIAPHi), desenvolvido por SOUZA (2011) é um sistema de informações geográficas criado para permitir a análise da disponibilidade hídrica e avaliação de novos pedidos de outorgas de uso da água em bacias hidrográficas. O software é constituído por três módulos que permitem: importar e visualizar informações geográficas, realizar análises da disponibilidade hídrica e avaliar novos pedidos de outorga.

A janela principal do SIAPHi, representada na Figura 1, é composta por três módulos: Menu principal (campo 1); Barra lateral (campo 2); e Mapa (campo 3).

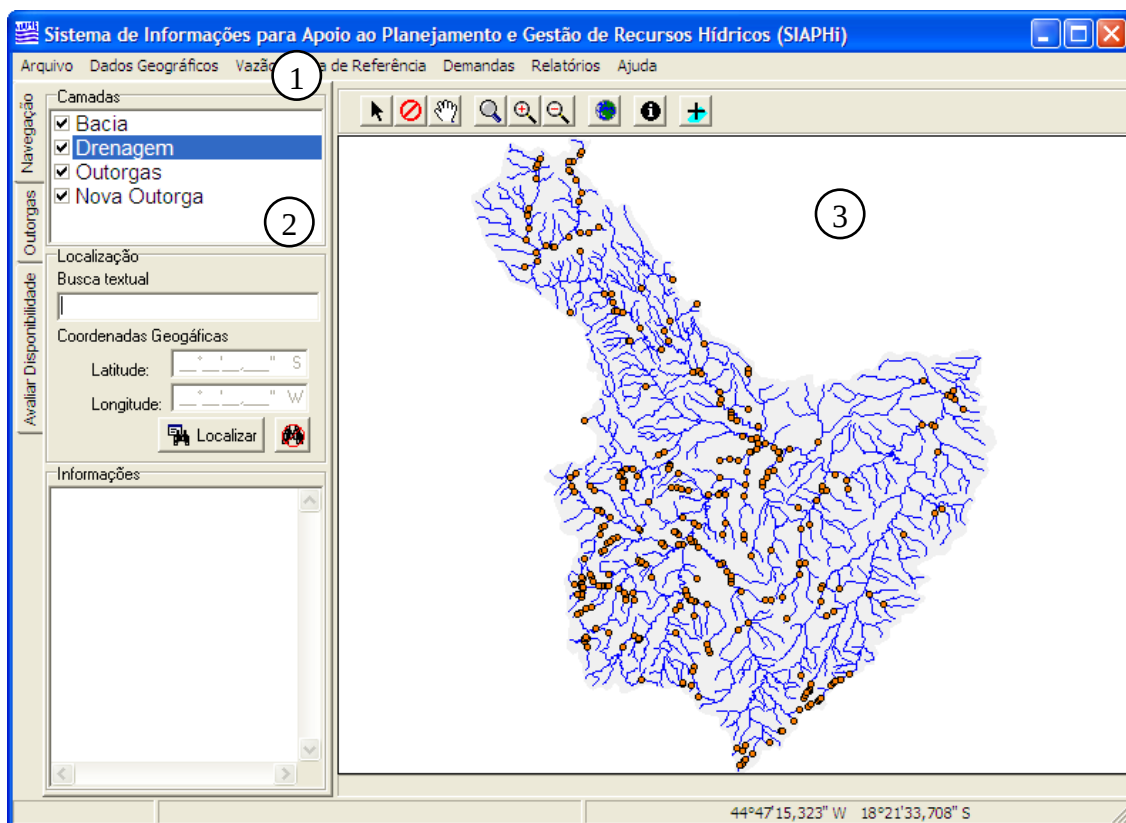


Figura 1 – Janela principal do Sistema de Informações para Apoio ao Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (SIAPHi).

3.2 Informações Geográficas

A realização das análises de disponibilidade hídrica requer a utilização de uma base de dados geográfica hidrorreferenciada e devidamente otocodificada (PFAFSTETTER, 1989). Na base de dados devem constar as informações topológicas, a área de drenagem de cada trecho, a área de drenagem a montante de cada trecho e todas as variáveis explicativas utilizadas na regionalização de vazões. Para o estudo em questão empregou-se a base hidrográfica disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2006). Esta base é otocodificada e foi construída na escala do milionésimo e contém informações sobre todas as bacias hidrográficas do Brasil. Para alimentar o banco de dados geográficos do SIAPHi com a base hidrorreferenciada da ANA selecionou-se, dentre a hidrografia brasileira, apenas a região correspondente à bacia do rio Paracatu. Em seguida procedeu-se à importação da base hidrográfica, sendo esta apresentada no mapa localizado na tela principal do SIAPHi.

3.3 Vazão Mínima de Referência

Para adoção da vazão mínima de referência considerou-se a situação atual encontrada na gestão de recursos hídricos da bacia: $Q_{7,10}$ na área de dominialidade do IGAM e a Q_{95} na área de dominialidade da ANA. Além disso, para a criação de cenários de simulação foram consideradas as condições de adoção da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} em toda a área da bacia.

As vazões mínimas (Q_{95} e $Q_{7,10}$) foram estimadas conforme estudo de regionalização de vazões realizado por Rodriguez (2008) utilizando o método tradicional, no qual a bacia do rio Paracatu foi dividida em três regiões homogêneas: a região 1, que abrange as sub-bacias do Entre Ribeiros e do Preto; a região 2, que

vai da cabeceira do rio Paracatu até a confluência com o ribeirão Entre Ribeiros, e a região 3, que abrange o restante da bacia. No Quadro 1 estão apresentadas as equações selecionadas para cada região homogênea.

Quadro 1 - Equações selecionadas para cada variável hidrológica nas regiões homogêneas pelo método tradicional (RODRIGUEZ, 2008)

Vazão	Regiões homogêneas	Equação	
Q ₉₅	1	$0,096019(P_{eq750})^{1,108802}$	(1)
	2	$0,200461(P_{eq750})^{0,90836}$	(2)
	3	$0,186015(P_{eq750})^{0,92482}$	(3)
Q _{7,10}	1	$0,09489(P_{eq750})^{1,036119}$	(4)
	2	$0,131271(P_{eq750})^{0,910102}$	(5)
	3	$0,126132(P_{eq750})^{0,92812}$	(6)

em que P_{eq750} é a vazão equivalente ao volume precipitado considerando uma diminuição da inércia hídrica igual a 750 mm m³ s⁻¹.

3.4 Demandas

Para a caracterização das demandas foram utilizados os bancos de dados de outorgas obtidos junto à Agência Nacional de Águas e ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Constam nestes bancos de dados as informações a respeito da localização da outorga, da vazão concedida para captação e do prazo de vigência da concessão de outorga. As outorgas foram tratadas em um plano acumulativo, independente do número de horas ao dia, do número de dias ao mês ou da existência de reservatórios de regularização.

Para alimentação do banco de dados de demandas criou-se no ArcGIS um shapefile no qual as outorgas foram exibidas como pontos distribuídos geograficamente, conforme suas coordenadas geográficas. Em seguida, este shapefile foi importado no SIAPHi através da opção “Importar outorgas”, localizada no menu principal. Após a importação, as outorgas foram submetidas ao procedimento de ajuste de coordenadas geográficas. Este procedimento é realizado pelo sistema e ajusta as coordenadas geográficas das outorgas para que coincidam sobre o ponto mais próximo da hidrografia levando em consideração o escoamento superficial para identificar o segmento da hidrografia que o ponto de outorga deve sobrepor.

Logo depois do ajuste de coordenadas o SIAPHi realiza a acumulação das vazões outorgadas com o objetivo de identificar o somatório da vazão de retirada a montante de cada trecho da hidrografia.

Considerando os dados importados a partir destes arquivos, em janeiro de 2010 foram constatadas 362 outorgas vigentes. A localização e a dominialidade destas outorgas podem ser visualizadas na Figura 2.

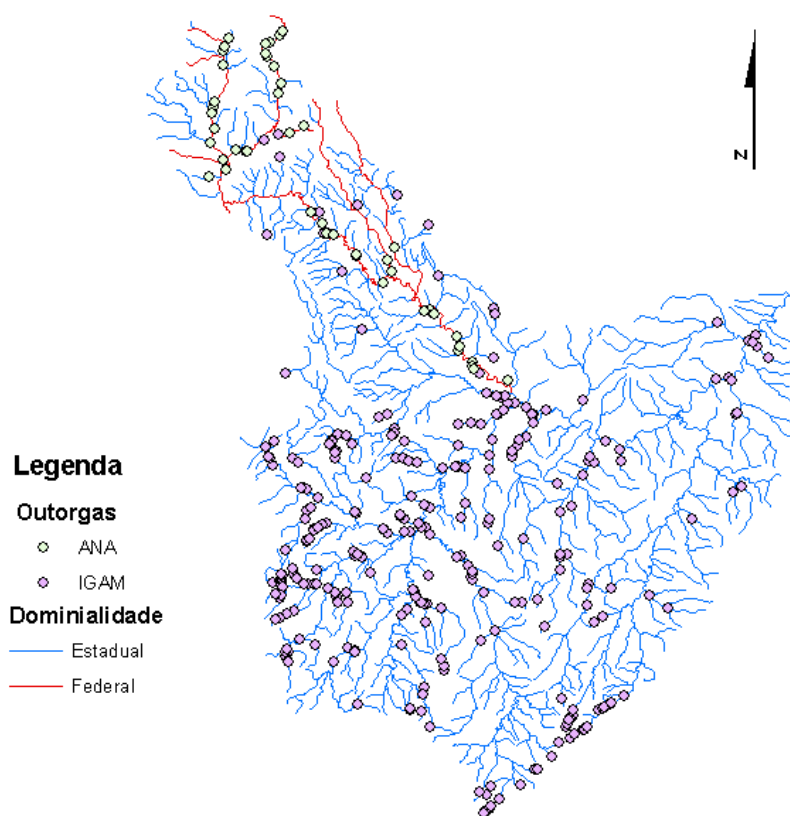


Figura 2 – Outorgas e suas dominialidades na bacia do rio Pacaratu, considerando os dados referentes a janeiro de 2010.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilidade hídrica para outorga foi analisada considerando-se os dados de janeiro de 2010 com a variação temporal até dezembro de 2014, entretanto, sem considerar novas outorgas neste período. A variação espacial foi avaliada para cada segmento da hidrografia com diferentes critérios para estabelecimento da vazão mínima de referência.

4.1 Variação temporal da vazão disponível para outorga

Para estimativa da variação temporal da vazão disponível para outorga na bacia do rio Paracatu foram fixadas duas seções de interesse e analisada a variação da vazão disponível para outorga ao longo do tempo. Foram consideradas as seções localizadas na foz do rio Preto (dominialidade da ANA) e na foz do rio Paracatu, de dominialidade do IGAM. Para a variação temporal foi considerado o período compreendido entre 2010 e 2014.

Na Figura 3 é apresentado o gráfico de saída do SIAPHi que apresenta os valores da $Q_{7,10}$, da vazão máxima permissível para outorga e da vazão total outorgada a montante da seção localizada na foz do rio Paracatu e considerando a variação temporal no período entre janeiro de 2010 e dezembro de 2014 sem considerar novas outorgas neste período.

Observa-se um rebaixamento das linhas correspondentes aos valores do somatório das vazões outorgadas no período de 2010 a 2014, que se deve ao fato de que as outorgas vão se expirando e que não foram consideradas possíveis renovações ou emissões de novas outorgas de uso da água.

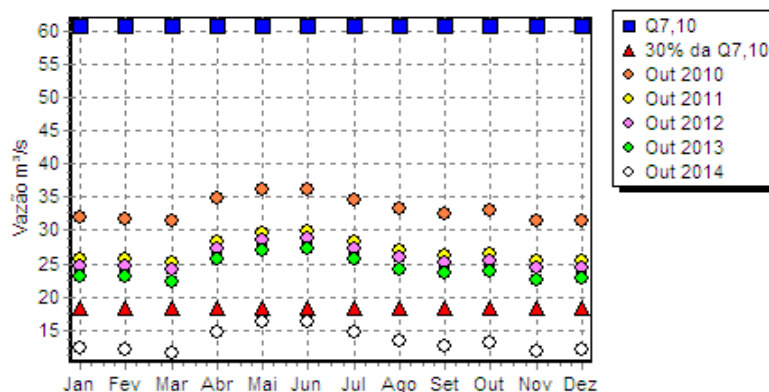


Figura 3 – $Q_{7,10}$, vazão máxima permissível para outorga e demandas em uma seção específica localizada na foz do rio Paracatu considerando a variação mensal entre os anos de 2010 e 2014 sem considerar novas outorgas neste mesmo período.

A vazão total outorgada entre 2010 e 2013 superou a vazão máxima permissível para outorga no Estado de Minas Gerais. A demanda máxima persiste nos meses de maio e junho, sendo que no mês de junho de 2010 a vazão total concedida para outorgas corresponde a $36,26 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ caracterizando-a como a situação mais crítica encontrada para a seção específica em todo o período considerado.

Considerando as outorgas vigentes em 2014, o somatório das vazões outorgadas a montante da seção localizada na foz do rio Paracatu encontra-se entre 19 e 27% da $Q_{7,10}$ e, portanto, entre 63 e 90% da vazão máxima permissível para outorga adotada pelo IGAM (30% da $Q_{7,10}$), sendo este comportamento, entretanto, pouco representativo das reais condições existentes na bacia e decorrentes da não consideração das renovações das outorgas a serem vencidas até o ano de 2014.

Na Figura 4 é apresentado o gráfico gerado pelo SIAPHi para os valores correspondentes a 30% da $Q_{7,10}$ e a vazão total outorgada a montante da seção localizada na foz do rio Preto, considerando-se a variação temporal no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2014. Observa-se que as maiores demandas foram encontradas nos meses de maio a agosto de 2010 em que o somatório das vazões outorgadas a montante ultrapassou o valor máximo adotado pelo IGAM (30% da $Q_{7,10}$), alcançando a ordem de $9,83 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (48,1% da $Q_{7,10}$) durante o mês de maio e $9,75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (47,7% da $Q_{7,10}$) durante os meses de junho, julho e agosto.

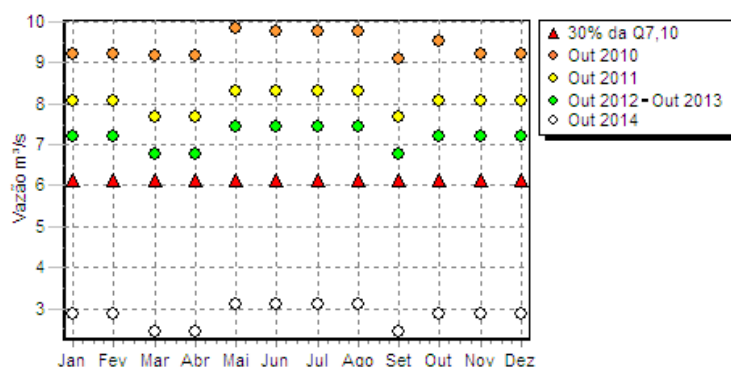


Figura 4 – 30% da $Q_{7,10}$ e demandas para a seção localizada na foz do rio Preto considerando a variação mensal entre os anos de 2010 e 2014.

4.2 Variação espacial da relação entre demandas e vazão mínima de referência ao longo da bacia do rio Paracatu

Para análise da variação espacial da relação entre demandas e vazão mínima de referência (estabelecida conforme diferentes critérios) foram gerados no SIAPHi mapas nos quais os trechos da hidrografia são representados em classes de cores de acordo com a relação entre o somatório das vazões outorgadas a montante e a vazão mínima de referência. Nesta representação foram consideradas as outorgas vigentes em janeiro de 2010 e três critérios para determinação da vazão mínima de referência: Q_{95} na área de dominialidade da ANA e $Q_{7,10}$ na área de dominialidade do IGAM; Q_{95} em toda a área da bacia do rio Paracatu; e, $Q_{7,10}$ em toda a área da bacia do rio Paracatu.

Na Figura 5 apresenta-se o mapa da relação entre o somatório da vazão outorgada a montante e a vazão mínima de referência (Q_{95} na área de dominialidade da ANA e $Q_{7,10}$ na área de dominialidade do IGAM). Observa-se que em 52% dos trechos com outorgas a montante, a vazão total outorgada superou o limite máximo permissível para outorga (70% da Q_{95} na área de dominialidade da ANA e 30% da $Q_{7,10}$ na área de dominialidade do IGAM).

Na área de dominialidade da ANA evidenciou-se que em 8,2% dos 61 trechos com outorgas a montante, somatório da vazão outorgada a montante superou a 70% da Q_{95} . Enquanto que na área de dominialidade do IGAM constatou-se que 60,3% dos 320 trechos com vazão outorgada a montante o valor da vazão total outorgada superou a 30% da $Q_{7,10}$.

Em parte, as diferenças obtidas estão associadas às diferenças entre os critérios adotados pela ANA e pelo IGAM para o estabelecimento da vazão máxima permissível para outorga.

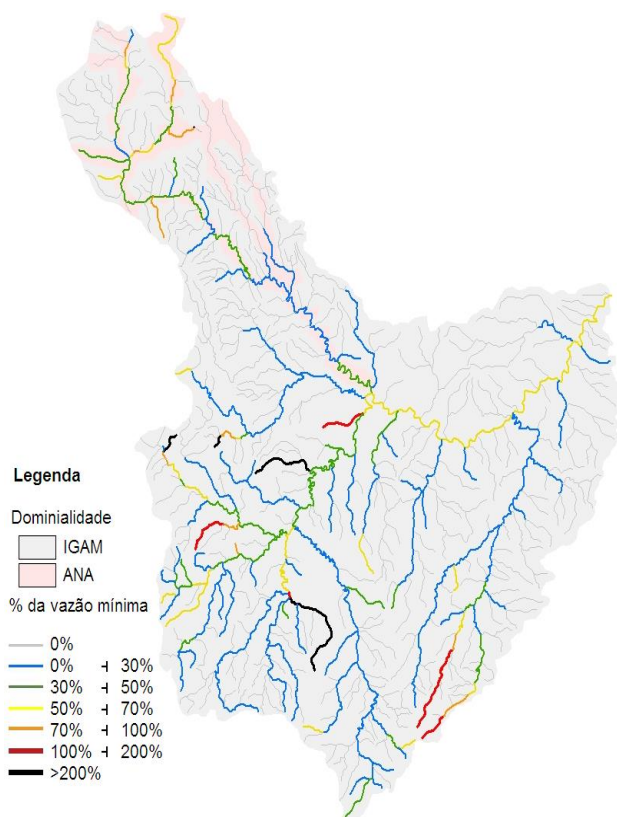


Figura 5 – Porcentagem da vazão mínima Q_{95} (área de dominialidade da ANA) e da $Q_{7,10}$ (área de dominialidade do IGAM) outorgada a montante de cada segmento da hidrografia,

considerando as outorgas vigentes em janeiro de 2010.

Com a finalidade de mostrar os efeitos do uso de diferentes critérios relativos à vazão máxima permissível para outorga apresenta-se, na Figura 6, a simulação da adoção do critério utilizado pela ANA (70% da Q_{95}) para toda a área da bacia. As mudanças em relação à situação que existe atualmente na bacia, que está apresentada na Figura 5, ocorrem nos trechos localizados na região de dominialidade do IGAM, sendo estes reclassificados conforme a relação entre o somatório das vazões outorgadas a montante e a Q_{95} .

Observou-se que em 5,18% dos trechos com vazão outorgada a montante o somatório das vazões outorgadas a montante superou a 70% da Q_{95} .

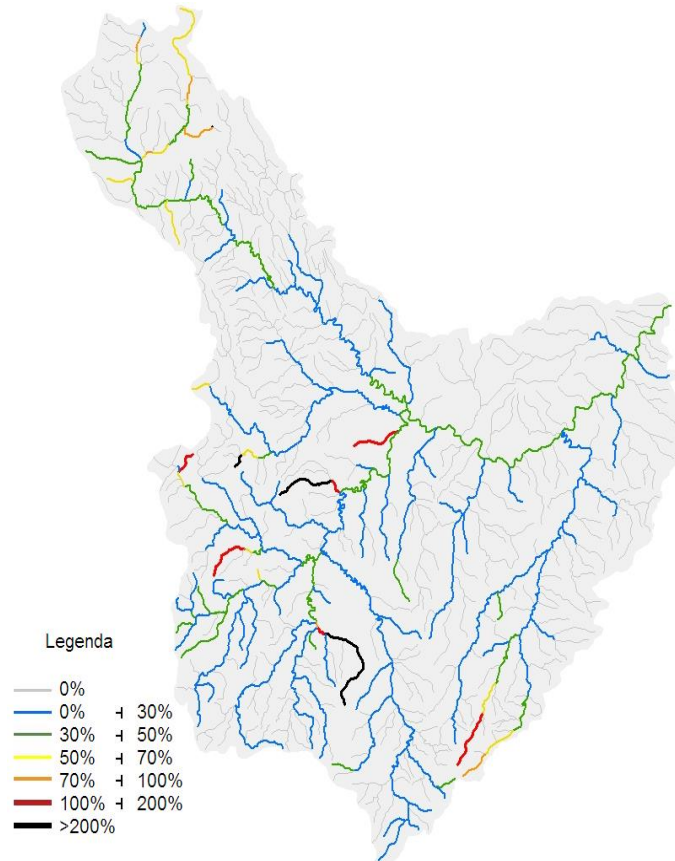


Figura 6 – Porcentagem da vazão mínima Q_{95} outorgada a montante de cada segmento da hidrografia, considerando as outorgas vigentes em janeiro de 2010.

Considerando as outorgas vigentes em janeiro de 2010 e a adoção da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} como vazão mínima de referência em toda a extensão da bacia hidrográfica observa-se que o critério de 70% da Q_{95} é menos restritivo que o critério de 30% da $Q_{7,10}$ para o estabelecimento da vazão máxima permissível para outorgas na bacia do Rio Paracatu. Observou-se que na simulação realizada apenas 4,74% dos trechos com outorga a montante estariam acima do limite de 70% da Q_{95} . Por outro lado, 48,15% dos trechos com outorga a montante estariam acima dos 30% da $Q_{7,10}$. Na Tabela 1 são apresentados os percentuais dos trechos, localizados na bacia do rio Paracatu e que possuem vazão outorgada a montante, compreendidos em cada classe de porcentagem da vazão mínima de referência já outorgada a montante

Tabela 1 - Trechos em relação aos que possuem outorgas a montante, por classe da porcentagem da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} já outorgada a montante, considerando as outorgas vigentes em janeiro de 2010.

Classe	Vazão mínima de referência	
	$Q_{7,10}$	Q_{95}
> 0 a 30%	51,84%	64,47%
> de 30 a 50%	21,84%	26,58%
> de 50 a 70%	17,63%	4,21%
> de 70 a 100%	4,47%	1,58%
> de 100%	4,21%	3,16%

5 CONCLUSÕES

No ano de 2010 o somatório das vazões outorgadas superou a vazão disponível para outorga em 52% dos trechos com outorga a montante, caracterizando-se como uma situação de desequilíbrio.

Na área de dominialidade estadual o critério para estabelecimento da vazão mínima de referência (30% da $Q_{7,10}$) se mostrou mais restritivo se comparado com o critério adotado na área de dominialidade federal (70% da Q_{95}).

O uso do geoprocessamento e do software SIAPHi 1.0 foi eficiente para a avaliação da disponibilidade hídrica, permitindo a sintetização de informações importantes em gráficos e em mapas temáticos. O software SIAPHi 1.0 também se mostrou eficaz para simulação e comparação entre a adoção de diversos critérios para estabelecimento da vazão permissível para outorga.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Topologia hídrica: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos versão 1.11. Brasília, 2006. 29 p.

PFAFSTETTER, O. Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 1989. 19 p. (Manuscrito não publicado)

OLIVEIRA, J. R. S. Otimização do Aproveitamento da Disponibilidade de Águas Superficiais na Bacia do Ribeirão Entre Ribeiros. 2011. 97 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

RODRIGUEZ, R. del G. Proposta conceitual para a regionalização de vazões: Estudo de caso da bacia do rio São Francisco. 2008. 254 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SOUZA, J. F. Sistema de informações para apoio ao planejamento e gestão de recursos hídricos. 2011. 73 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.