

PERSPECTIVA DO RISCO DE IMPACTO NOS RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ, EM FUNÇÃO DO USO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Risk of impact to watershed's water resources of the rivers: Piracicaba, Capivari and Jundiaí, in terms of the irrigation systems used

Ângela Cruz Guirao¹
José Teixeira Filho²

¹Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Geociências

R. João Pandiá Calógeras, 51 – Cx Postal 6152 – CEP 13083-970 – Campinas – São Paulo – Brasil
angela.guirao@ige.unicamp.br

²Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Agrícola

Av. Cândido Rondon, 501 – Cx Postal 6011 – CEP 13083-875 – Campinas – São Paulo – Brasil
Cidade Universitária Zeferino Vaz
jose@agr.unicamp.br

RESUMO

O presente trabalho diagnosticou as regiões que apresentam riscos de impacto nos recursos hídricos em função dos sistemas de irrigação utilizados para demanda agrícola na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (UGRHI-PCJ). As informações do banco de dados do LUPA - 2007/2008 permitiram a obtenção de planos de informação, constituídos em ambiente SIG, sobre a distribuição espacial dos sistemas de irrigação utilizados e o risco que estes apresentam aos recursos hídricos da região, em relação ao consumo de água e eficiência dos sistemas. De acordo com os resultados, 67% dos municípios da UGRHI-PCJ utilizam sistemas de irrigação que exigem baixo consumo de água e alta eficiência, e apenas 37% dos municípios apresentam alto risco de impacto nos recursos hídricos da região. As sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari, Jundiaí e Camanducaia são as regiões que necessitam de maior atenção e de um planejamento específico e integrado. Portanto, concluiu-se que a metodologia proposta forneceu subsídios necessários para a identificação das áreas da UGRHI-PCJ que oferecem maior perspectiva de impacto nos recursos hídricos, podendo ser utilizada como instrumento para análise e gestão ambiental de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, irrigação, risco de impacto, gestão.

ABSTRACT

This study has diagnosed regions at risk of impact of water resources in terms of irrigation systems used for agricultural demand in the Unit of Water Resources Management of the river basins in Piracicaba, Capivari and Jundiaí (UGRHI-PCJ). LUPA-2007/2008's information database has allowed us to obtain information plans, constituted on SIG environment, under spatial distribution of the irrigation systems used and the risk they present to the region's water resources, in terms of water consumption and systems efficiency. According to the results, 67% of the cities in UGRHI-PCJ use irrigation systems that require low water consumption and high efficiency, and only 37% of the cities have a high risk of impact to water resources in the region. The sub-watersheds of Atibaia, Jaguari, Jundiaí and Camanducaia are the regions that need more attention and a specific and integrated planning. Therefore, we have come to a conclusion that the proposed methodology has provided necessary subsidies to identify areas in UGRHI-PCJ which offer greater insight to the impact of water resources, then being able to be used as a tool for the analysis and environmental management of the watersheds.

Keywords: Watershed, irrigation, risk of impact, planning.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica tem se constituído como uma unidade de gestão administrativa e de planejamento, sendo reconhecida como o espaço geográfico mais adequado para a discussão das questões ambientais (CBH-PCJ, 2000). Inclusive, a Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, institui a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Os usos e ocupação da terra, como o processo de urbanização, industrialização e produção agrícola, estão associados às alterações na qualidade e quantidade da água nas bacias (CAMPANA; EID, 2003).

Esses fatores agravaram, principalmente nas últimas décadas, as condições ambientais locais da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (UGRHI- PCJ), levando, muitas vezes à inviabilização da utilização dos recursos hídricos da região (BARBI, 2007; PIACENTE, 2005).

No ano de 2002, 7,4% da demanda total de água da UGRHI-PCJ, destinavam-se às atividades de irrigação (CBH-PCJ, 2003). A demanda agrícola para os principais cultivos, como floricultura, citricultura, hortifruticultura e rizicultura, consumiu em torno de 6,2 m³/s de água (PIACENTE, 2005). Em 2004, esta demanda aumentou para aproximadamente 7,80 m³/s e, em 2008, a demanda estimada da captação de água para irrigação e dessedentação de animais foi de 6,91 m³/s (SERHS, 2005; CPTI, 2008).

A utilização da água para demanda agrícola é necessária, uma vez que os benefícios da agricultura irrigada podem ser confirmados no aumento da produtividade de alimentos e geração de empregos. Porém, o manejo inadequado dessa prática gera impactos nas bacias, podendo alterar a direção e a qualidade das águas subterrâneas e a dinâmica do lençol subterrâneo, por meio da lixiviação de resíduos. O processo de lixiviação associado à prática de aplicação de pesticidas, fertilizantes e

agroquímicos agrava a situação, alterando as propriedades químicas e físicas dos corpos d'água (FOLEGATTI; SILVA; CASARINI, 2004; SAMPAIO; SALCEDO, 1997).

Sobre a irrigação na agricultura, é importante considerar duas variáveis: o consumo de água e a eficiência de cada sistema de irrigação, ou seja, qualquer ação que reduza a quantidade de água que se utiliza por unidade da atividade, e que favoreça a manutenção e a melhoria da qualidade da água. Na irrigação, a eficiência no uso da água integra as perdas que ocorrem nos reservatórios, na condução e na aplicação de parcelas irrigadas (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Segundo a Resolução 707/2004 da ANA (2004), os sistemas de irrigação localizada são considerados os mais eficientes, como gotejamento, 95% e microaspersão, 90%, seguido do pivot central, cuja eficiência é 85% e aspersão, 75%.

Diversos estudos sobre a eficiência dos sistemas indicam a necessidade da utilização de estratégias de manejo, operação adequada de sistemas e aprimoramento nos métodos e equipamentos de irrigação, a fim de reduzir perdas na água a ser aplicada (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

A prática da irrigação realizada adequadamente, onde há conhecimento das características físico-hídricas do solo, do clima, da cultura e dos princípios de funcionamento dos equipamentos de irrigação e tomando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, associada a mecanismos legais, são essenciais para um gerenciamento integrado dos recursos (FOLEGATTI et al., 2004; PROCHNOW, 1985).

Assim, este trabalho teve como objetivo diagnosticar as regiões da UGRHI-PCJ que apresentam maior risco de impacto nos recursos hídricos, em função do uso de equipamentos de irrigação, de forma que tais informações forneçam subsídios para gestão das bacias.

É importante ressaltar que não faz parte do objetivo deste trabalho analisar os tipos de manejo dos sistemas de irrigação, até porque não há dados disponíveis para o Estado de São

Paulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A UGRHI dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá e seus afluentes abrangem uma área de 15.303 km², tendo 92,6% de sua extensão localizada no Estado de São Paulo e 7,4% no Estado de Minas Gerais, sendo 45 municípios paulistas e quatro mineiros integralmente inseridos na bacia e 25 paulistas e um mineiro, parcialmente inseridos (Figura 1).

Em 2006, a população da UGRHI-PCJ era de 5.185.954 habitantes, sendo 98,8% no trecho paulista e 1,2% no trecho mineiro. Dessa população, 54% concentravam-se em dez municípios, principalmente da Região Metropolitana de Campinas (IRRIGART, 2007).

A UGRHI-PCJ abriga o segundo polo industrial do país, com um parque produtivo

diversificado, destacando as atividades do setor tecnológico, telecomunicação e informática, montadoras de automóveis e refinaria de petróleo, fábricas de papel e celulose e indústrias sucroalcooleiras. Um dos principais polos científicos e tecnológicos do país também está inserido na UGRHI-PCJ, com a presença da Unicamp, Unesp, Esalq/USP, ITAL e Embrapa (IRRIGART, 2007).

Em relação à agricultura, a região apresenta enorme potencial pela presença de solos de mediana a alta fertilidade natural associados a um relevo plano a levemente ondulado, sendo a cana-de-açúcar a principal cultura da região (CBH- PCJ, 2006).

Porém, as áreas de pastagens são responsáveis pelo maior uso do solo e a vegetação original encontra-se fragmentada em alguns remanescentes, principalmente nas áreas protegidas, como Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente (IRRIGART, 2007).

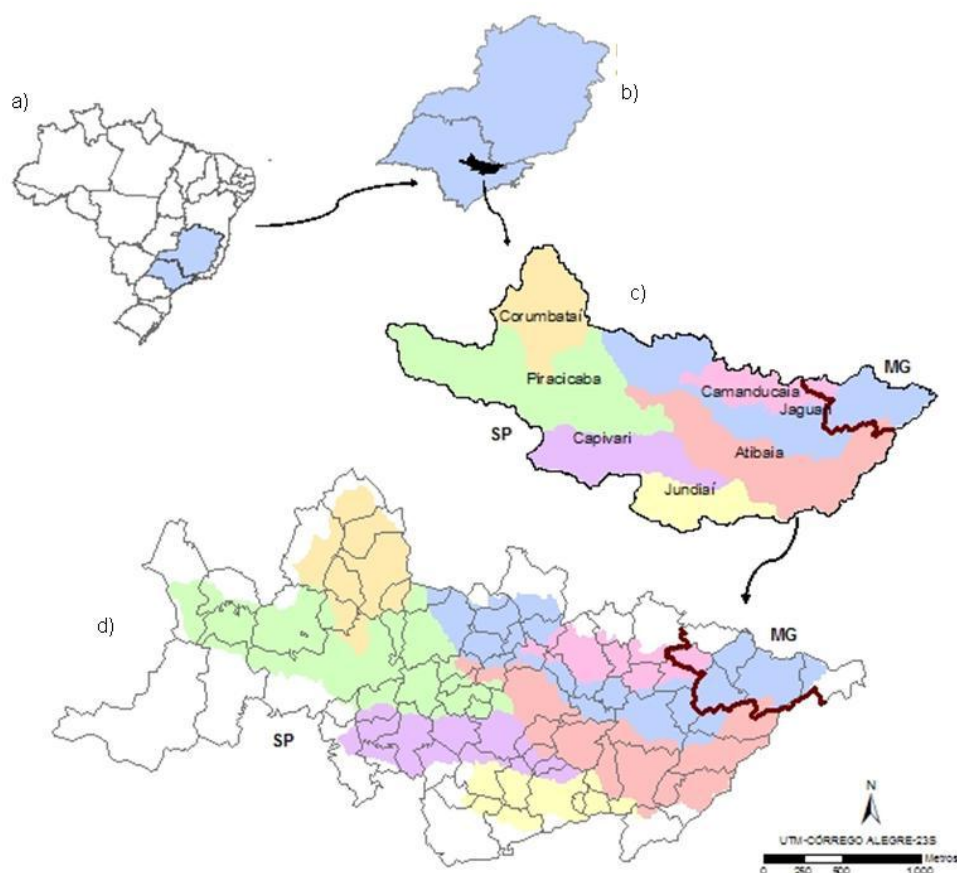


Figura 1: Localização da área de estudo: (a) Brasil; (b) Estados de São Paulo e Minas Gerais; (c) UGRHI-PCJ e divisão por sub-bacias e (d) UGRHI-PCJ, divisão por sub-bacias e municípios.

A disponibilidade hídrica da UGRHI-PCJ correspondente à vazão média anual, no período de junho de 2004 a junho de 2006 foi de 34 m³/s para a bacia do Piracicaba, 2,4 m³/s para a bacia do Capivari e 3,5 m³/s para a do Jundiá, totalizando 39,9 m³/s. A região conta também com a presença do Sistema Cantareira, que capta água em represas nas cabeceiras dos rios Jaguari, Jacaré, Cachoeira e Atibainha e contribui com 31 m³/s para a Região Metropolitana de São Paulo (CPTI, 2008).

Quanto à utilização dos recursos hídricos, o maior consumo na região é da indústria (18 m³/s), seguido do abastecimento público (15 m³/s) e irrigação (7,8 m³/s), totalizando 40,8 m³/s (CBH-PCJ, 2006). É neste cenário diversificado e complexo, que este trabalho se desenvolveu.

2.2 Procedimentos metodológicos

Neste trabalho utilizou-se como fonte de dados o Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo (LUPA), realizado no período de julho de 2007 a setembro de 2008 (SÃO PAULO, 2009). Este censo utiliza as Unidades de Produção Agropecuária (UPA), como unidade básica de levantamento, definidas como o conjunto de propriedades agrícolas contíguas e pertencentes ao mesmo proprietário, localizadas dentro do mesmo município e do perímetro urbano, com área total ou superior a 0,1ha (TORRES et al., 2009).

Como as informações contidas no LUPA referem-se ao Estado de São Paulo, foram considerados apenas os 70 municípios paulistas (parcialmente e completamente inseridos na UGRHI-PCJ), excluindo os mineiros (Quadro 1).

Os dados utilizados neste estudo tiveram sua última atualização em 20 de abril de 2008. As informações do banco de dados do LUPA referentes à irrigação estão disponibilizadas pelo número de UPA por município que utilizam algum equipamento de irrigação. Estes sistemas são classificados em: convencional (aspersão), pivot central, autopropelido e irrigação localizada (gotejamento e microaspersão).

A análise deste material permitiu a obtenção de planos de informação sobre a distribuição espacial dos sistemas de irrigação utilizados nos municípios paulistas da UGRHI-PCJ e o risco de impacto que estes equipamentos apresentam aos recursos hídricos da região, em relação ao consumo de água e eficiência.

Primeiramente, as informações extraídas do banco de dados do LUPA foram organizadas e tratadas no software Excel para cada município e transferidas ao banco de dados do software ArcGis 9.2, para a constituição dos planos de informação.

Três tipos de planos de informação foram gerados: (1) Distribuição espacial dos equipamentos de irrigação por município da UGRHI-PCJ; (2) Perspectiva de risco de impacto nos recursos hídricos da UGRHI-PCJ, em função do consumo de água e eficiência dos sistemas de irrigação; (3) Perspectiva de risco de impacto nos recursos hídricos da UGRHI-PCJ, em função do uso dos sistemas de irrigação.

Nos planos de informação que estão apresentados nos Resultados e Discussão, os municípios estão identificados de acordo com a numeração do Quadro 1.

2.2.1 Planos de Informação da distribuição espacial dos sistemas de irrigação por município da UGRHI-PCJ

Os planos de informação da distribuição espacial dos equipamentos de irrigação por município da UGRHI-PCJ foram obtidos por município e por sistemas de irrigação, a partir da relação, a seguir (Equação 1):

$$I = \frac{N_{\text{município}} \cdot 100}{N_{\text{PCJ}}} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

I: Percentual de UPA que utiliza determinado sistema de irrigação em cada município em relação ao total de UPA com o mesmo sistema na UGRHI-PCJ

$N_{\text{município}}$: Número de UPA que utiliza equipamento de irrigação por município.

N_{PCJ} : Número de UPA que utiliza equipamento de irrigação da UGRHI-PCJ.

Nº identificação	Nome do município	Nº identificação	Nome do município	Nº identificação	Nome do município
1	Águas de São Pedro	25	Jaguariúna	48	Salto
2	Americana	26	Jarinu	49	Santa Bárbara D'Oeste
3	Amparo	27	Joanópolis	50	Santa Gertrudes
4	Analândia	28	Jundiaí	51	Santa Maria da Serra
5	Artur Nogueira	29	Limeira	52	Santo Antônio de Posse
6	Atibaia	30	Louveira	53	São Pedro
7	Bom Jesus dos Perdões	31	Mairiporã	54	Sumaré
8	Bragança Paulista	32	Mombuca	55	Tuiuti
9	Cabreúva	33	Monte Alegre do Sul	56	Valinhos
10	Campinas	34	Monte Mor	57	Vargem
11	Campo Limpo Paulista	35	Morungaba	58	Várzea Paulista
12	Capivari	36	Nazaré Paulista	59	Vinhedo
13	Charqueada	37	Nova Odessa	60	Anhembi
14	Cordeirópolis	38	Paulínia	61	Dois Córregos
15	Corumbataí	39	Pedra Bela	62	Engenheiro Coelho
16	Cosmópolis	40	Pedreira	63	Itirapina
17	Elias Fausto	41	Pinhalzinho	64	Itu
18	Holambra	42	Piracaia	65	Mogi Mirim
19	Hortolândia	43	Piracicaba	66	Serra Negra
20	Indaiatuba	44	Rafard	67	Socorro
21	Ipeúna	45	Rio Claro	68	Tietê
22	Iracemápolis	46	Rio das Pedras	69	Torrinha
23	Itatiba	47	Saltinho	70	Botucatu
24	Itupeva				

Quadro 1: Lista dos municípios paulistas da UGRHI-PCJ contemplados neste estudo.

Para a construção destes planos de informação, os valores resultantes da equação, foram divididos em classes. Para os sistemas de irrigação convencional, autopropelido e pivot central foram consideradas cinco classes: (a) 0 a 0,50%; (b) 0,50 a 1%; (c) 1 a 2%; (d) 2 a 3%; (e) acima de 3%. Para os sistemas de irrigação localizada, as classes foram adequadas em: (a) 0 a 0,50%; (b) 0,50 a 2%; (c) acima de 2% (Figuras 2,3,4 e 5).

2.2.2 Perspectiva de risco de impacto nos recursos hídricos da UGRHI-PCJ, em função do consumo de água e eficiência dos sistemas de irrigação

Aos valores percentuais resultantes da equação 1, atribuiu-se um peso (1 a 3) de acordo com o tipo de consumo e eficiência de cada sistema de irrigação, fundamentado em diversos estudos, tais como Ferreira (2005), Mosca, Testezlaf e Gomes (2005), Oliveira et al. (2004),

Pinto, Silva e Oliveira (2006), Ribeiro et al. (2004, 2005), Rocha et al. (2005), Souza, Souza e Vilas Boas (2008) e Testezlaf et al. (2001).

O maior peso foi atribuído aos equipamentos de pivot central, por consumirem maior quantidade de água, e o menor peso aos equipamentos de irrigação localizada, apresentando consumo semelhante e intermediário, os sistemas autopropelido e convencional (Tabela 1).

Tabela 1: Atribuição de pesos aos sistemas de irrigação na UGRHI-PCJ, em função do consumo e eficiência.

Sistema de irrigação	Consumo	Eficiência
Pivot Central	3	1
Autopropelido	2	3
Localizada	1	2
Convencional	2	3

Os resultados obtidos foram distribuídos em três classes, e a eles atribuídos valores em função do risco que a percentagem de equipamentos de irrigação por município apresenta aos recursos hídricos da UGRHI-PCJ, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Classificação do risco de impacto aos recursos hídricos da UGRHI-PCJ, produzido pelo consumo e eficiência dos sistemas de irrigação

% Em relação ao total da UGRHI-PCJ	Risco	Valor atribuído
Abaixo de 2%	Baixo	1
2 a 5%	Médio	2
Acima de 5%	Alto	3

A soma dos valores atribuídos, por município, aos quatro sistemas de irrigação, resultou em um gradiente de 4 a 12. Este gradiente foi classificado em baixo e alto risco. Considerou-se alto risco quando pelo menos um tipo de irrigação fosse de alto risco ou os quatro valores fossem de médio risco (conforme valores da Tabela 2). Desse modo, os municípios que apresentam alto risco, são aqueles cuja soma foi igual ou superior a 8 e baixo risco os valores entre 4 e 8.

As classes baixo risco e alto risco, resultantes tanto do cálculo do consumo de água, quanto da eficiência dos sistemas de irrigação,

foram combinadas, de forma a serem contempladas em um único plano de informação. A combinação resultou em três categorias: (a) baixo consumo e baixa eficiência; (b) baixo consumo e alta eficiência e (c) alto consumo e alta eficiência (Figura 6).

2.2.3 Plano de informação da perspectiva de risco de impacto nos recursos hídricos da UGRHI-PCJ, em função do uso dos sistemas de irrigação

As classes estabelecidas para os planos de informação da distribuição dos equipamentos de irrigação por municípios da UGRHI-PCJ, foram reorganizadas em três classes, às quais se atribuiu um valor, de 1 a 3, conforme a percentagem de equipamentos de irrigação por município e o risco que esta apresenta aos recursos hídricos da região (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação do risco de impacto que os sistemas de irrigação apresentam aos recursos hídricos da UGRHI-PCJ

Classes	Risco	Valor atribuído
Abaixo de 0,50%	Baixo	1
0,50 a 2%	Médio	2
Acima de 2%	Alto	3

O mesmo cálculo e classificação dos valores para a obtenção do plano de informação da perspectiva de impacto dos recursos hídricos da UGRHI-PCJ, em função do consumo e eficiência dos sistemas de irrigação, foram realizados para este plano de informação.

A soma dos valores atribuídos, por município, aos quatro sistemas de irrigação, resultou em um gradiente de 4 a 12. Este gradiente foi classificado em baixo e alto risco. Considerou-se alto risco quando pelo menos um tipo de irrigação fosse de alto risco ou os quatro valores fossem de médio risco (conforme valores da Tabela 3). Desse modo, os municípios que apresentam alto risco, são aqueles cuja soma foi igual ou superior a 8 e baixo risco os valores entre 4 e 8 (Figura 7).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na UGRHI-PCJ, segundo os dados disponíveis no LUPA, há 40.146 UPA, destas,

3.765 utilizam como métodos de irrigação os sistemas convencional, autopropelido, pivot central e/ou irrigação localizada.

Tais sistemas são necessários para irrigar uma agricultura que ocupa 37,5% da área da UGRHI-PCJ, incluindo a área dos municípios parcialmente inseridos. As culturas perenes ocupam 118,5 ha e as culturas temporárias 45,5 ha, representadas em 86,8% pelo cultivo de cana-de-açúcar.

Dos sistemas de irrigação, o mais utilizado na UGRHI-PCJ é o método convencional, presente em 2.798 UPA. Este sistema, realizado por aspersão, consiste em um jato d'água emitido a grande velocidade que se dispersa no ar em um conjunto de gotas, distribuindo-se sobre a superfície do terreno, com o objetivo de se conseguir uma chuva artificial mais ou menos intensa e uniforme (MELLO; SILVA, 2007).

A distribuição espacial da utilização do sistema convencional de irrigação na UGRHI-PCJ (Figura 2) mostra que apesar de ser o sistema mais utilizado, 52% dos municípios são ocupados pelos menores percentuais, até 0,50% do total de UPA. Essa baixa ocorrência é predominante principalmente, nas sub-bacias dos rios Corumbataí e Piracicaba. Nos municípios pertencentes às sub-bacias dos rios Camanducaia e Atibaia, a presença do sistema convencional é alta, ocorrendo acima de 3% em cada município.

O sistema de irrigação localizada é o segundo método mais utilizado na UGRHI-PCJ, presente em 732 UPA. Consiste em equipamentos de microaspersão ou gotejamento, em que a água é conduzida por uma rede de tubulações até o ponto de infiltração no solo. Tem sido considerado um dos sistemas de irrigação mais apropriado e largamente utilizados, por necessitar de reduzida quantidade de água, economizar energia, possibilitar automação, fertirrigação e maior eficiência de adubação (SCALOPPI, 1986).

O sistema de irrigação localizada reduz a perda de água por evaporação direta à superfície do solo e o escoamento superficial é reduzido (BAR-YOSEF; SAGIV; MARKOVITCH, 1989). Em relação à qualidade de água, é considerado um dos sistemas que

apresenta menor risco de contaminação, pelo menor contato entre o irrigante e a parte aérea das plantas com o efluente. Pode ser utilizado em qualquer tipo de solo e topografia. Porém, por ser um sistema susceptível ao entupimento, pode haver modificação na vazão, afetando a uniformidade de distribuição de água sobre o solo.

O sistema de irrigação localizada ocorre em maior proporção em apenas sete municípios, estando presente acima de 3% em comparação ao total do uso desta irrigação na UGRHI-PCJ (Figura 3).

A concentração do maior uso de irrigação localizada está nas sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari e Camanducaia e apesar de ser o segundo sistema mais utilizado, predomina em municípios cuja ocorrência não ultrapassa 0,50%.

Este resultado é positivo para a UGRHI-PCJ, por se tratar de um sistema eficiente e que exige menor consumo de água.

O sistema autopropelido de irrigação é utilizado em 169 UPA da UGRHI-PCJ. Em geral é realizado por um aspersor, tipo canhão hidráulico de médio ou grande alcance, porém por aplicar água a grandes distâncias, a eficiência do canhão é prejudicada pelo vento.

É o sistema mais utilizado nas lavouras de cana-de-açúcar, tanto para a irrigação, quanto para a distribuição da vinhaça, como forma de aproveitamento racional deste subproduto do álcool.

Apesar da UGRHI-PCJ ser grande produtora de cana-de-açúcar, o sistema de irrigação autopropelido nas bacias não é muito comum, porém é importante salientar que o banco de dados do LUPA disponibiliza as informações por número de UPA e não por equipamento.

Em apenas cinco municípios, este tipo de irrigação ocorre acima de 3% em relação ao total da UGRHI-PCJ e em 37% ocorre em municípios com até 0,50% (Figura 4).

O sistema de irrigação menos utilizado da UGRHI-PCJ é o método por pivot central, presente em apenas 66 UPA (Figura 5).

Este sistema é constituído de uma linha lateral de aspersores montados sobre armações com rodas, tendo uma das extremidades fixada

em um ponto-pivot, enquanto as outras torres se movem continuamente em torno desse ponto durante a aplicação de água. Esse sistema tem sido utilizado principalmente para irrigação de cereais, e atualmente na fruticultura e pastagem. O manejo racional da irrigação via pivot central requer, além do conhecimento de parâmetros climáticos, de características das culturas, dos solos e dos recursos hídricos, o conhecimento da distribuição e quantidade de água utilizada e das eficiências de aplicação e distribuição (FOLEGATTI; PESSOA; PAZ, 1998; FURUKAWA et al., 1994).

O pivot central é utilizado de maneira homogênea na UGRHI-PCJ, com predominância de municípios nas classes de 0 a 0,50% e 0,50 a 2%. Os municípios que utilizam este sistema em maiores quantidades, não estão concentrados em uma mesma região.

Os planos de informação apresentados até o momento mostram a distribuição espacial da ocorrência dos sistemas de irrigação na UGRHI-PCJ, porém não levam em consideração os riscos de impacto que estes podem apresentar aos recursos hídricos da região.

Em especial na UGRHI-PCJ, planos de informação sobre o consumo de água e eficiência dos sistemas de irrigação são fundamentais como ferramenta de gestão para o atendimento das demandas atuais e futuras.

Este plano, que combina os fatores consumo e a eficiência, cuja construção foi detalhada no item Procedimentos Metodológicos, mostra que dos 70 municípios paulistas, 19% apresentam utilização de sistemas com baixa eficiência e alto consumo de água, entre eles Botucatu, Limeira, Piracicaba, Holambra, Monte Mor, Jundiá e Piracaia; 14% utilizam sistemas com baixo consumo e baixa eficiência, como Joanópolis, Nazaré Paulista, Atibaia, Bragança Paulista; e em 67% da UGRHI-PCJ predomina o uso de sistemas de irrigação com baixo consumo de água e alta eficiência (Figura 6).

Este cenário é positivo e favorável à conservação dos recursos hídricos das bacias, porém é importante observar que, principalmente nas sub-bacias dos rios Atibaia e Camanducaia, há concentração de

municípios com sistemas de irrigação que apresentam maior risco à UGRHI-PCJ.

Observa-se, portanto, a necessidade de substituição e implantação de sistemas mais eficientes nestas sub-bacias, uma vez que certas culturas ocorrentes na região podem ser irrigadas por sistemas localizados, como as hortaliças e a citricultura.

Os sistemas e equipamentos de irrigação podem e devem ser aprimorados para reduzir as perdas e induzir ao manejo adequado em conjunto com o solo, a planta e o clima, com ganhos de eficiência do uso da água. Qualquer aumento na eficiência produz incrementos significativos na água disponível para outros fins (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

O plano de informação da perspectiva de riscos de impacto aos recursos hídricos em relação ao uso dos sistemas de irrigação utilizados na UGRHI-PCJ (Figura 7) mostra que além daqueles municípios que apresentaram maior risco em função dos maiores volumes captados de água para irrigação são os das sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari e Camanducaia, 1,93 m³/s, 1,39 m³/s e 1,37 m³/s, respectivamente. Este fato se torna preocupante quando se observa na Figura 7 que as áreas de maior risco aos recursos hídricos da UGRHI-PCJ estão justamente nestas três sub-bacias.

Essas regiões são altamente produtivas, concentrando os municípios que são os maiores produtores e exportadores de flores, olerícolas, citricultura e fruticultura (morango, goiaba, uva, banana, figo e pêssego), como Atibaia, Campinas, Bragança Paulista, Jarinu, Joanópolis, Louveira, Monte Alegre do Sul, Nazaré Paulista e Valinhos.

Embora estes municípios apresentem características distintas, como tamanho, grau de desenvolvimento e população, o cenário da perspectiva de risco de impacto apresentado indica a necessidade de um planejamento prioritário e integrado, visando à substituição dos sistemas atuais de irrigação, capacitação dos produtores, de forma que estes utilizem corretamente os sistemas, objetivando o menor consumo de água e otimizando a eficiência dos sistemas escolhidos, além de instruí-los sobre o melhor modo de aplicação de pesticidas e agroquímicos, para que não seja alterada a qualidade da água.

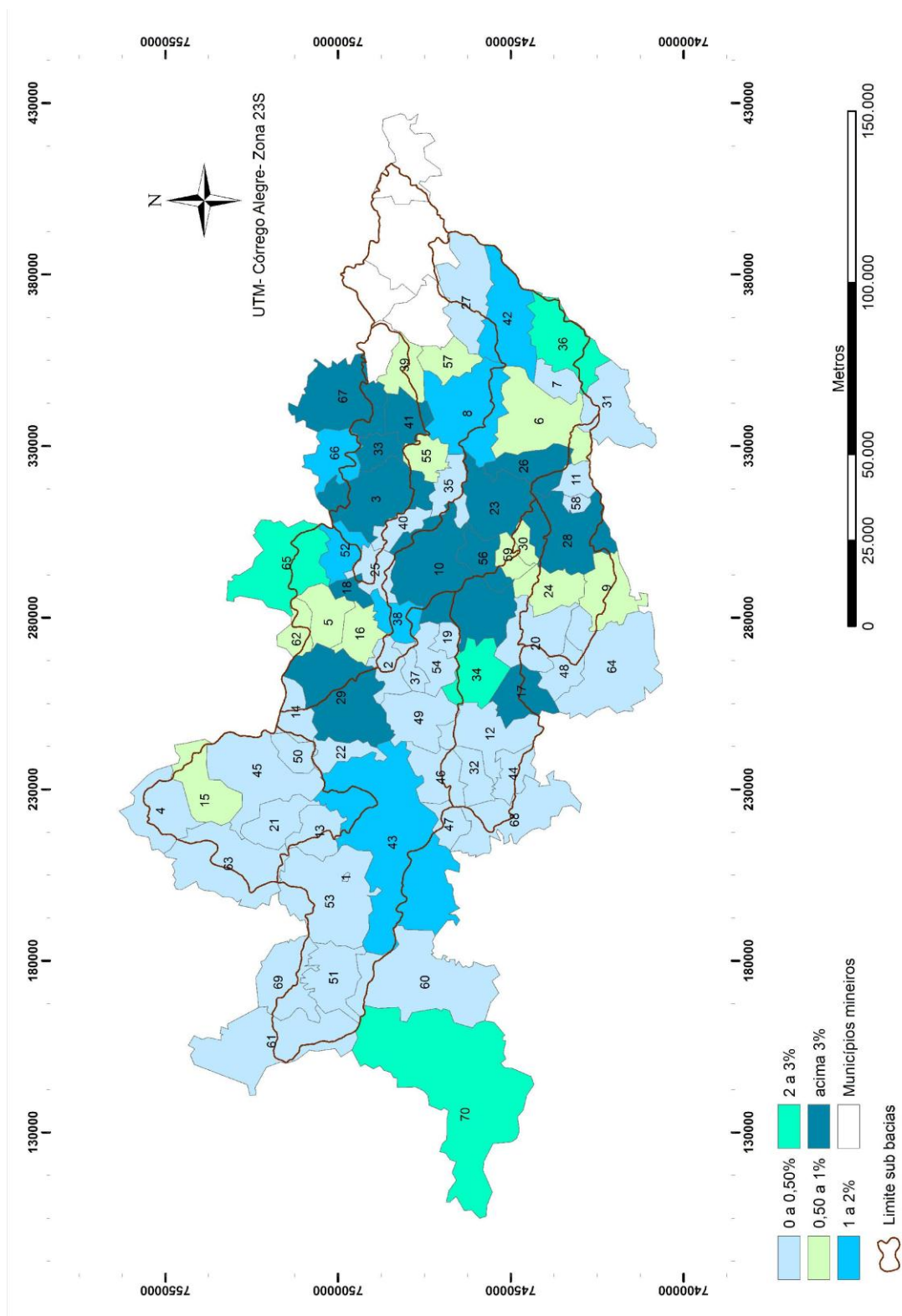


Figura 2: Plano de informação da distribuição espacial dos equipamentos convencionais de irrigação por município da UGRHI-PCJ. A identificação dos municípios está relacionada à numeração do Quadro 1.

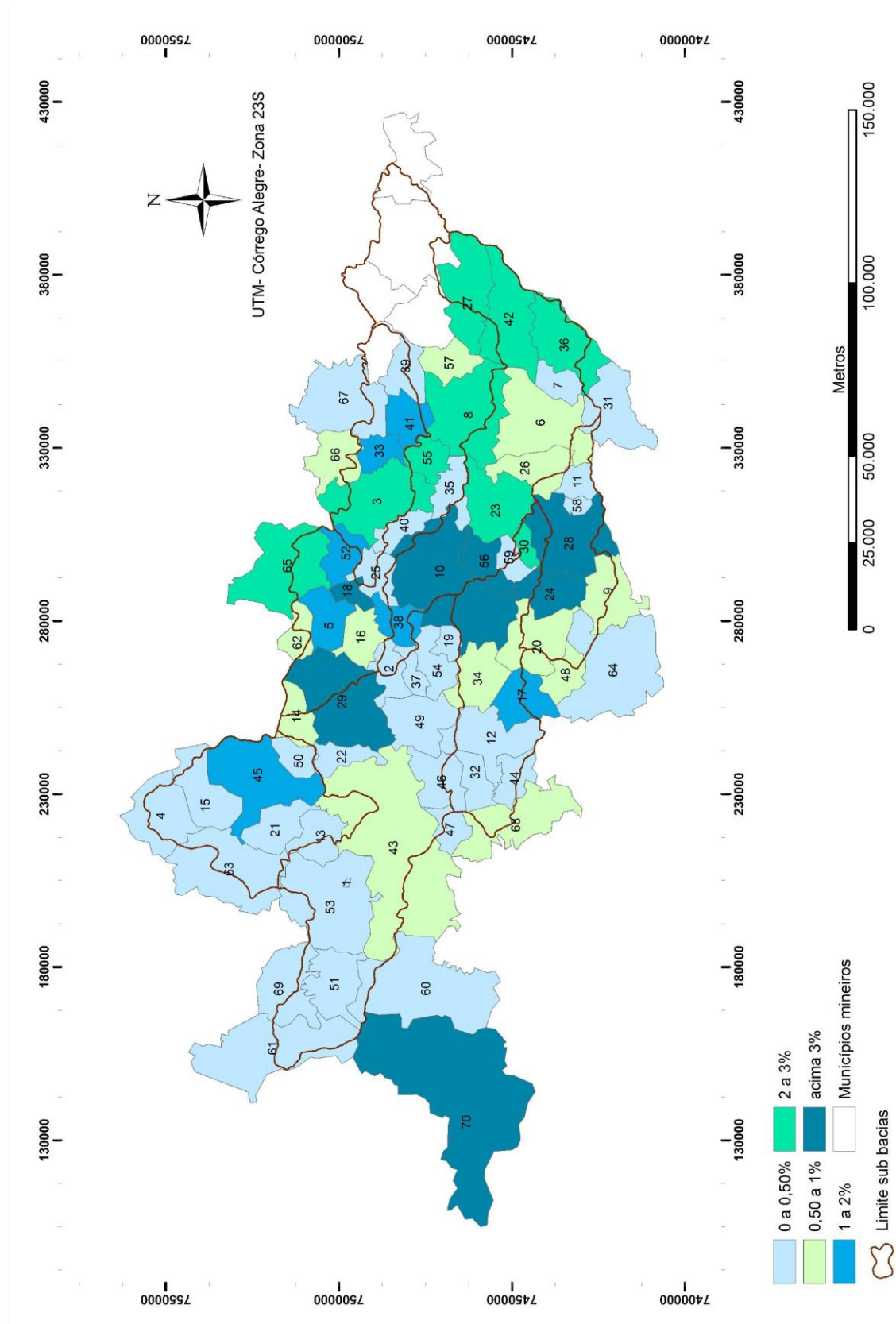


Figura 3: Plano de informação da distribuição espacial dos equipamentos de irrigação localizada por município da UGRHI-PCJ. A identificação dos municípios está relacionada à numeração do Quadro 1.

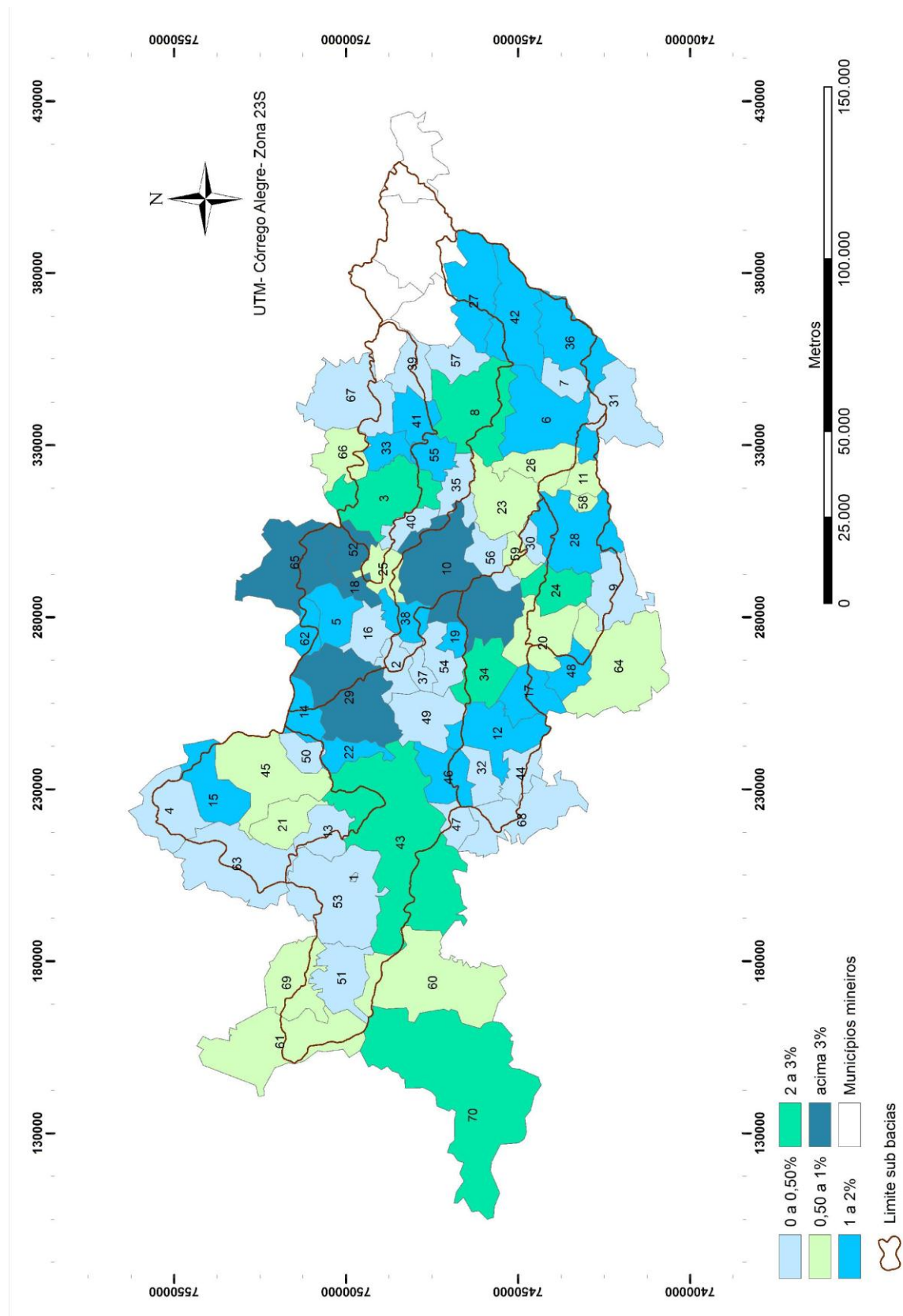


Figura 4: Plano de informação da distribuição espacial dos equipamentos de autopropelido de irrigação por município da UGRHI-PCJ. A identificação dos municípios está relacionada à numeração do Quadro 1.

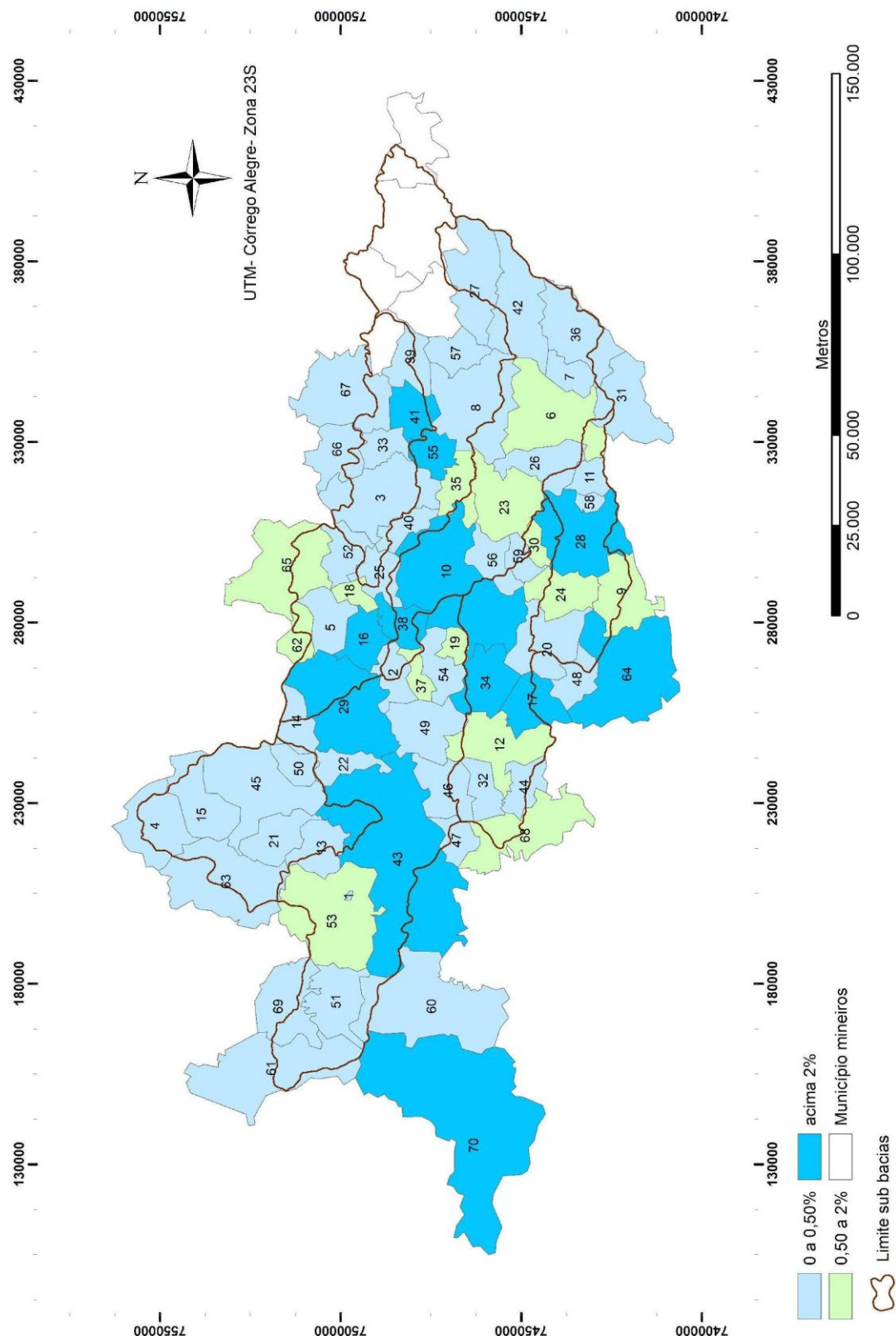


Figura 5: Plano de informação da distribuição espacial dos equipamentos de pivot central de irrigação por município da UGRHI-PCJ. A identificação dos municípios está relacionada à numeração do Quadro 1.

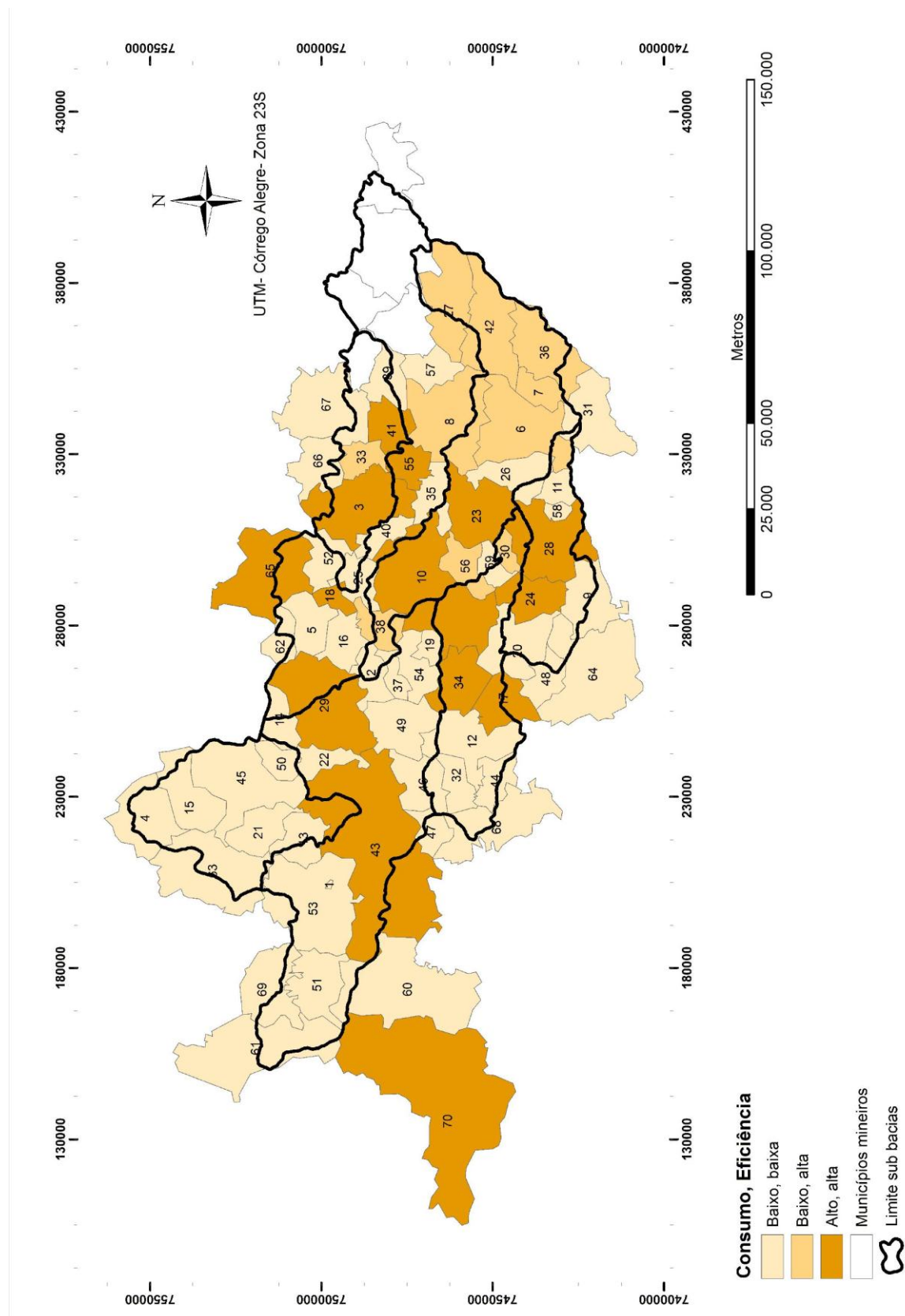


Figura 6: Plano de informação da perspectiva do risco de impacto aos recursos hídricos em relação ao consumo e eficiência dos sistemas de irrigação utilizados na UGRHI-PCJ. A identificação dos municípios está relacionada à numeração do Quadro 1.

4. CONCLUSÃO

O mapeamento das áreas que apresentam risco aos recursos hídricos da UGRHI- PCJ, em função dos sistemas de irrigação utilizados possibilitou as seguintes conclusões:

1. Os dados do Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo- 2007/2008- LUPA, foram suficientes e adequados para a obtenção de planos de informação sobre a distribuição espacial dos sistemas de irrigação utilizados nos municípios paulistas da UGRHI-PCJ e o risco de impacto que estes apresentam aos recursos hídricos da região, em relação ao consumo de água e eficiência dos sistemas.

2. Os planos de informação da distribuição espacial dos equipamentos de irrigação por município da UGRHI-PCJ mostraram as áreas onde se concentram a agricultura irrigada.

3. O risco de impacto nos recursos hídricos das bacias foi classificado entre baixo e alto, permitindo o destaque das regiões que mereçam ações prioritárias do poder público para a minimização dos possíveis impactos.

4. O plano de informação da perspectiva do risco de impacto nos recursos hídricos combinado do consumo e eficiência apontou que 67% da bacia utilizam sistemas de irrigação que consomem menor quantidade de água e são altamente eficientes, favorecendo a conservação e preservação dos cursos d'água da UGRHI-PCJ.

5. As sub-bacias dos rios Atibaia, Jaguari, e Camanducaia são as regiões que necessitam de atenção e de um planejamento específico, por apresentarem maior número de municípios classificados como de alto risco de impacto nos recursos hídricos.

6. O uso de Sistemas de Informação Geográfica mostrou-se um instrumento eficiente para o diagnóstico das regiões que apresentam risco de impacto nos recursos hídricos, auxiliando no planejamento de ações direcionadas e prioritárias em relação à agricultura irrigada, possibilitando melhor visualização do cenário atual das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.

Portanto, este estudo pode ser utilizado nas ações de planejamento da UGRHI-PCJ, visando à conservação dos recursos hídricos, integrando a qualidade e quantidade destes, com seus condicionantes físicos e antrópicos.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Resolução nº 707, de 21 de dezembro de 2004.** Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2004/707-2004.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

BARBI, F. Capital social e ação coletiva na gestão das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí: os desafios da gestão compartilhada do Sistema Cantareira-SP. 2007. 158f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BAR-YOSEF, B.; SAGIV, B.; MARKOVITCH, T. Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorus fertigation. **Agronomy Journal**, California, v. 81, n. 3, p. 443-447, 1989.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9433.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

CAMPANA, N. A.; EID, N. J. Monitoramento do uso do solo. In: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de (Org.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2003. Cap. 18. p. 507-530.

CBH-PCJ. Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari:** gestão dos recursos hídricos. São Paulo: CBH-PCJ/FEHIDRO, 2000. 67 p.

CBH-PCJ. Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Plano de Bacias 2000/2003**. 2003. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PB/PlanoBacia-PCJ-Cap-3.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2009.

CBH-PCJ. Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Plano de Bacias 2004/2007 dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. São Paulo. 2006. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PB/PB0407_Relatorio-Completo.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2008.

CPTI. Tecnologia e Desenvolvimento. Relatório Técnico 404/08. Relatório da situação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – 2007. São Paulo. 2008. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/R_S-07_Relatorio.pdf>. Acesso em: 10 set. 2009.

FERREIRA, P. A. **Quantificação e análise do uso da água em práticas de agricultura irrigada na Bacia do Descoberto-DF**. 2005 152f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, D. F., 2005.

FOLEGATTI, M. V.; PESSOA, P. C. S.; PAZ, V. P. S. Avaliação do desempenho de um pivô central de grande porte e baixa pressão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, p. 119-127, 1998.

FOLEGATTI, M. V.; SILVA, T. J. A.; CASARINI, E. O. O manejo da irrigação como elemento essencial na utilização racional dos recursos hídricos. In: THAME, A. C. M. (Org.). *A cobrança pelo uso da água na agricultura*. São Paulo: IQUAL, 2004. p. 213-219.

FURUKAWA, C.; BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M. Avaliação da irrigação por pivô central na região de Rio Verde, Goiás. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 233, p. 36-49, 1994.

IRRIGART. Engenharia e Consultoria em Recursos Hídricos. Bacias hidrográficas dos

rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí: situação dos recursos hídricos 2004/2006. **Relatório síntese**. Piracicaba: Fehidro/PCJ/CBJ-PCJ, 2007. 74p.

MELLO, J. L. P. M.; SILVA, L. D. B. Material de apoio à condução das disciplinas IT 115-Irrigação e Drenagem, oferecida ao curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas e IT 157-Irrigação, oferecida aos cursos de Agronomia e Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto de Tecnologia-Departamento de Engenharia. 2007.

MOSCA, M. A.; TESTEZLAF, R.; GOMES, E. P. Desenvolvimento de emissores alternativos para irrigação subsuperficial de baixa pressão. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 249-262. 2005.

OLIVEIRA, A. S. et al. Avaliação do desempenho de sistemas pivô central na região oeste da Bahia. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 126-135, 2004.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PIACENTE, F. J. Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. 2005. 181f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

PINTO, J. M.; SILVA, C. L. da; OLIVEIRA, C. A. da S. Influência de variáveis climáticas e hidráulicas no desempenho da irrigação de um pivô central no oeste baiano. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 76-85, jan./abr. 2006.

PROCHNOW, M. C. R. Recursos Hídricos e Metodologia da Pesquisa. **Geografia**, Cidade, v. 10, n. 19, p. 197-202, 1985.

RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; AIROLDI, R. P. da S.; SILVA, M. J. M. da. O efeito da qualidade da água no entupimento de

emissores e no desempenho de filtros utilizados na irrigação por gotejamento. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 136-149, 2004.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. da S.; PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. da. Variações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistemas de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 295-301, 2005.

ROCHA, F. A.; PEREIRA, G. M.; ROCHA, F. da S.; SILVA, J. O. da. Análise da uniformidade de distribuição de água de um equipamento autopropelido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 96-106, 2005.

SAMPAIO, E.; SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentado dos solos brasileiros: região semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, CD-ROM, 1997.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. 2009. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 21 abr. 2008.

SCALOPPI, E. J. Características dos principais sistemas de irrigação. **ITEM-Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 25, p. 22-27, 1986.

SERHS. Secretaria Estadual De Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. 2005. Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PERH/04-07>>. Acesso em: 12 set. 2009.

SOUZA, E. A. M. de; SOUZA, P. C. de; VILAS BOAS, M. A. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em Vila Rural. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 47-62, 2008.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; ROSTON, D. M.; PAULA JUNIOR, D. R.; PATERNIANI, J. E. S.; RIBEIRO, T. A. P. Análise do potencial de entupimento em gotejadores através da avaliação da qualidade de água de irrigação. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 6, n. 1, p. 53-62, 2001.

TORRES, A. J. et al. (Org.). **Projeto LUPA 2007/2008: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo**. São Paulo: IEA/CATI/SAA, 2009.

Data de recebimento: 19.10.2009

Data de aceite: 03.02.2010