

POTENCIAL DA ÁREA IRRIGÁVEL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDÃO, REGIÃO SUDOESTE DO ESTADO DE GOIÁS

PATRÍCIA ALVES LEÃO DE CASTRO¹ E GILMAR OLIVEIRA SANTOS²

¹ Departamento de Agronomia. Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil. Fazenda Fontes do Saber, s/n, CEP: 75.901-970, Rio Verde, Goiás, Brasil. E-mail: patricialeao.castro@hotmail.com.

² Departamento de Agronomia. Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil. Fazenda Fontes do Saber, s/n, CEP: 75.901-970, Rio Verde, Goiás, Brasil. E-mail: gilmar@unirv.edu.br.

1 RESUMO

A quantificação da disponibilidade hídrica pode propiciar a tomada de decisão na gestão e planejamento dos recursos hídricos ou até mesmo na aquisição de novas áreas agrícolas que possuem o propósito de fazer agricultura irrigada. Portanto, o objetivo desse trabalho foi determinar o potencial de área irrigável da bacia hidrográfica do Rio Verdão (BHRV), região sudoeste do estado de Goiás. As outorgas utilizadas foram de captação direta superficial de fevereiro de 2019 destinadas as atividades de irrigação, bombeamento, abastecimento público e piscicultura. A vazão específica foi definida pela Instrução Normativa vigente e o processamento dos dados georreferenciados foi realizado através do *Software ArcGis 10.5*. As sub-bacias hidrográficas com maior potencial de irrigação são as dos Rios São Tomás (6.471 L s^{-1}), Verdinho (5.652 L s^{-1}) e Ponte de Pedra (2.172 L s^{-1}). Há 125 sub-bacias hidrográficas que ainda não há usuários da água. A BHRV possui disponibilidade hídrica para irrigar 33,5% da área apta para implantação de sistemas de irrigação distribuídas em toda a sua extensão, exceto nas bacias que apresentaram índices de comprometimento acima de 50%. O potencial de área irrigável total da bacia é de 33.898 ha, podendo assim, gerar aproximadamente 50,4 mil empregos e renda na região.

Palavras-chave: vazão, captação, outorga, irrigação, sensoriamento remoto.

CASTRO, P. A. L. de; SANTOS, G. O.

POTENTIAL OF THE IRRIGABLE AREA OF THE RIO VERDÃO
HYDROGRAPHIC BASIN, SOUTHEAST REGION OF THE STATE OF GOIÁS

2 ABSTRACT

The quantification of water availability can promote decision-making in the management and planning of water resources or even in the acquisition of new agricultural areas that have the purpose of making irrigated agriculture. Therefore, the objective of this work was to determine the irrigable area potential of the Rio Verdão hydrographic basin (BHRV), southwest region of the state of Goiás. The grants used were for direct surface capture from February 2019, unlocking the irrigation, pumping, public supply and pisciculture. The specific flow was defined by the current Normative Instruction and the processing of georeferenced data was performed using the ArcGis 10.5 Software. The hydrographic sub-basins with the greatest irrigation potential are those of the São Tomás Rivers ($6,471 \text{ L s}^{-1}$), Verdinho ($5,652 \text{ L s}^{-1}$) and

Ponte de Pedra ($2,172 \text{ L s}^{-1}$). There are 125 sub-basins that do not yet have water users. BHRV has water availability to irrigate 33.5% of the area suitable for implantation of irrigation systems distributed over its entire length, except in basins with levels of impairment above 50%. The total irrigable area potential of the basin is 33,898 ha, thus being able to generate approximately 50.4 thousand jobs and income in the region.

Keywords: flow rate, capture, grant, irrigation, remote sensing.

3 INTRODUÇÃO

O uso intensivo da água e a competição entre irrigação e abastecimento público, ocasiona o surgimento de disputas entre usuários, tanto para captação quanto para diluição de efluentes. Para isso, o planejamento integrado dos recursos hídricos se tornou fundamental perante os obstáculos à sua gestão. A Lei das Águas exige que seu uso seja múltiplo e que os valores econômicos, sociais e ambientais, sejam considerados, sendo que um dos principais desafios é assegurar a quantidade e qualidade da água para as atuais e futuras gerações.

A agricultura irrigada é uma importante ferramenta para o aumento da produtividade, produção fora de época, diminuindo a pressão sobre novas áreas para o cultivo e os riscos da produção por influências climáticas e maior geração de emprego (CASTRO; SANTOS, 2021; LOPES SOBRINHO et al., 2020) além da sua função na segurança alimentar e nutricional (ANA, 2017). Segundo Pereira et al. (2015) o uso dos sistemas de irrigação é uma técnica de valor expressivo, que se bem planejada e manejada, pode elevar significativamente a rentabilidade e a produtividade.

O Brasil possui 8,2 Mha irrigadas e é o sexto país com maior área equipada com sistema de irrigação no mundo (ANA, 2021), podendo crescer até 65% nos próximos cinco anos (LOPES SOBRINHO et al., 2020). O Estado de Goiás destaca-se por ser uma região com grande potencial de incremento de áreas irrigadas (ANA, 2017),

porém, com deficiência em termos de identificá-las em função das condições favoráveis para instalação dos sistemas associada a vazão outorgável.

A captação da água para uso na agricultura irrigada é um uso consuntivo, por isso, é necessário ter-se outorga de água (ANA, 2017) conforme estabelecido na Lei 9.433/97. No estado de Goiás, os critérios a serem seguidos é regulamentado através da Instrução Normativa nº 004/2015, de 31 de julho de 2015. Através da outorga, é possível obter o controle do uso dos recursos hídricos, independente da metodologia adotada em cada estado ou federação. Essa metodologia pode apresentar falhas quando houver captações clandestinas de uso significativo.

Apesar do grande volume de água existente no País, a disponibilidade tem sido menor e as chuvas mal distribuídas no espaço e no tempo, causando veranicos em épocas essenciais para o desenvolvimento das culturas, demandando maior volume de água para uso na irrigação, principalmente no período de menor disponibilidade, sendo essa uma das preocupações que possa comprometer a oferta de alimentos. No município de Rio Verde, Goiás, chove em média $1.600 \text{ mm ano}^{-1}$, porém com má distribuição espacial e temporal (CASTRO; SANTOS, 2017). O período chuvoso (outubro a março), concentra 85% do volume de chuva (CASTRO; SANTOS, 2021). O intervalo de dias sem chuva no município caracteriza-se com 93 ± 25 dias, o que impossibilita a agricultura de sequeiro (THIESEN et al., 2018).

No planejamento agrícola de uma unidade geográfica com o propósito de aumentar as áreas irrigadas, além da vazão outorgável e a demanda hídrica da cultura (CASTRO; SANTOS; DINIZ, 2019), é fundamental o mapeamento geográfico de locais com potencial de ser instalados os sistemas de irrigação. Segundo Barros et al. (2020) o conhecimento do uso e ocupação da terra, declividade do terreno, classes pedológicas e proximidade dos recursos hídricos, é crucial no processo de um eficiente planejamento de um sistema de irrigação. Os dados obtidos por sensoriamento remoto, formam uma base para decisões em curto espaço de tempo, propiciando a redução de custos e aumentando a produtividade agrícola (PEREIRA; SILVA; PAMBOUKIAN, 2016).

A identificação das áreas propícias a instalação de sistemas de irrigação associada a vazão outorgável, se faz necessário (XAVIER et al., 2021), pois, propiciará ao aumento de produção de alimentos no município, suprimindo a irregularidade espacial e temporal das chuvas, além de favorecer ao cultivo de terceira safra.

Segundo ANA (2017) o município de Rio Verde está localizado em um dos polos emergentes com maior perspectiva de expansão da agricultura irrigada, além de ser o 23º município em área irrigada no país, distribuído em 49,7% com o cultivo de cana-de-açúcar, 19,7% demais culturas em pivô central e 30,6% em demais culturas e sistemas, além de possuir uma localização estratégica para o escoamento da produção de alimentos com a implantação da Plataforma Multimodal (ferrovia norte-sul). Contudo, essa informação irá contribuir com a identificação do potencial de área irrigável no município, identificando as mesmas,

propiciando dentre os vários benefícios, o cultivo da terceira safra, aumento de produtividade e geração de emprego e renda na região. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo determinar o potencial de área irrigável da bacia hidrográfica do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.

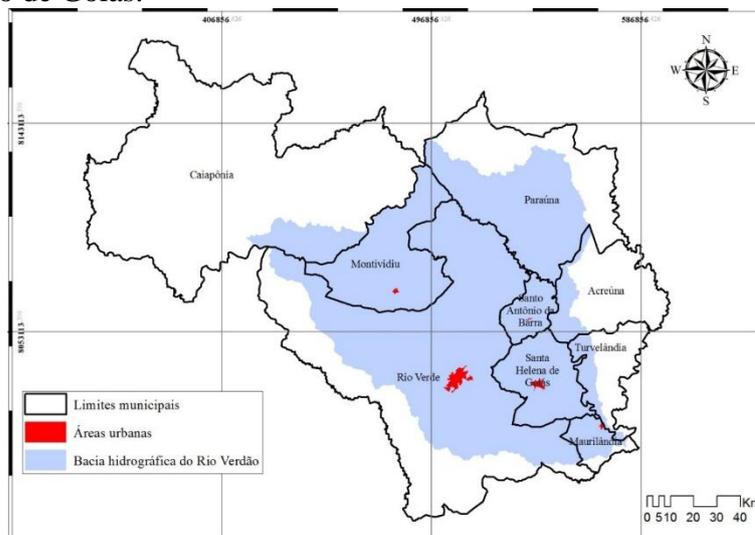
4 MATEIRAL E MÉTODOS

Esse estudo compreende a bacia hidrográfica do Rio Verdão (BHRV), que está inserida na Região Hidrográfica do Paraná, ocupando 1,05% de sua área, localiza-se na zona 22K da grade Universal Transversa de Mercator (UTM) do hemisfério sul, com uma área de drenagem de 12.912 km².

O Rio Verdão é o rio principal e o nomeador da BHRV, sua nascente se localiza na Serra do Caiapó, no município de Caiapônia, com extensão de 406,3 km, tendo pontos de até 115 m de largura. Posicionada na região sudoeste do Estado de Goiás, ocupa cerca de 3,8% do território goiano e inclui integralmente os municípios de Montividiu, Santo Antônio da Barra e Santa Helena de Goiás e parcialmente os municípios de Caiapônia (6,4%), Paraúna (57,9%), Acreúna (21,9%), Turvelândia (31,1%), Maurilândia (77,7%) e Rio Verde (69,0%). Destes, cinco sedes municipais se encontram nos limites da bacia (Figura 1).

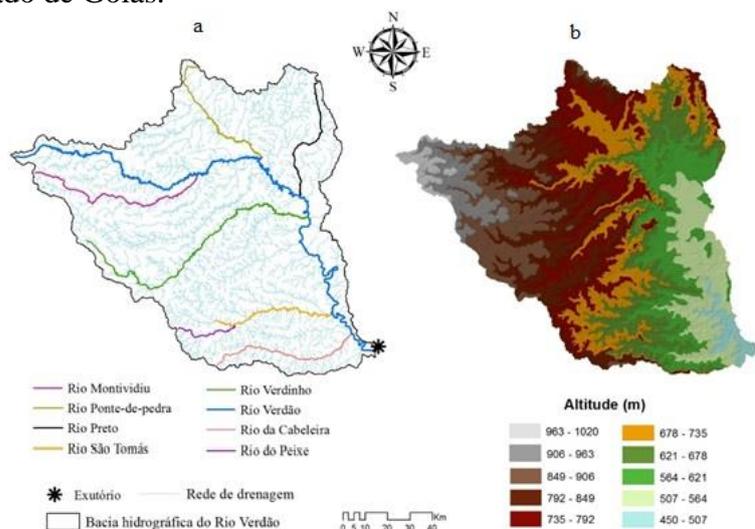
Os rios Montividiu, Ponte de Pedra, Preto, São Tomás, Verdinho, Cabeleira e Peixe, são os formadores do Rio Verdão (Figura 2a). Sua nascente está situada no município de Caiapônia, com altitude de 1.020 m (Figura 2b). Percorre 406,3 km até a confluência com o Rio dos Bois, com altitude de 450 m, exutório da bacia, para formar o Rio Paranaíba.

Figura 1. Municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.



Fonte: Os autores (2020).

Figura 2. Rede de drenagem e altitudes da bacia hidrográfica do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.

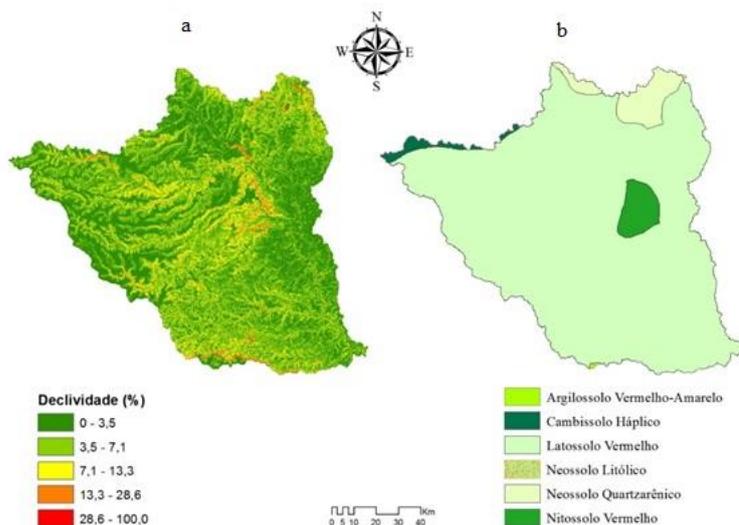


Fonte: Os autores (2020).

A declividade média da BHRV é de 4,3%, com desvio padrão de 3,7%. A área com maior declividade se concentra no município de Rio Verde, onde o solo é classificado como Nitossolo Vermelho (Figura 3a). A BHRV possui predominância do solo Latossolo Vermelho (91,78%),

propício a irrigação por serem profundos e porosos; e com incidência dos solos Argissolo Vermelho-Amarelo (0,05%), Cambissolo Háptico (1,09%), Neossolo Litólico (0,02%), Neossolo Quartzarênico (4,27%) e Nitossolo Vermelho (2,79%; Figura 3b).

Figura 3. Declividade e tipo de solos da bacia hidrográfica do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.



Fonte: Os autores (2020).

Os níveis de declividade para as sub-bacias com outorgas, foram avaliados de acordo com Moreira (2018), relevando a

inclinação do terreno e o grau de limitação que proporciona aos sistemas de irrigação (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação, nível de declividade do terreno e grau de limitação aos sistemas de irrigação.

Classificação	Declividade	Grau de limitação
Plano	0 e 3%	Nulo
Suave ondulado	3 e 6%	Ligeiro
Ondulado	6 e 12%	Moderado
Forte ondulado	12 e 20%	Forte
Montanhoso	> 20%	Muito forte

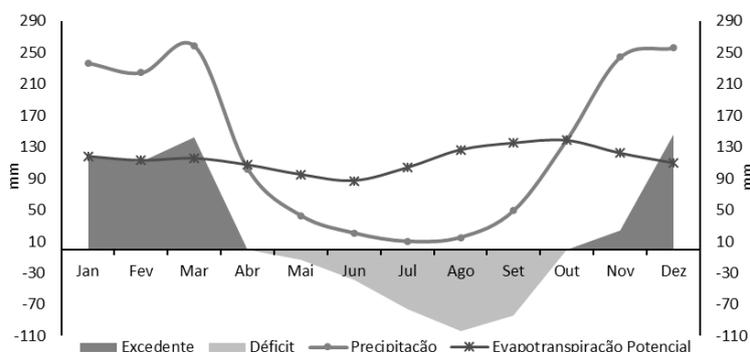
Fonte: Moreira (2018).

O clima na BHRV, segundo a classificação climática de Köppen é do tipo Aw (LOPES SOBRINHO et al., 2020), que caracteriza em clima tropical quente em todas as estações do ano, com temperatura média mensal maior ou igual a 18°C e inverno seco. Segundo Castro e Santos (2017), a evapotranspiração potencial (ET_o) média diária pelo método padrão de Penman-Monteith (PM) é de 3,8 mm, baseado em dados históricos para o

município de Rio Verde, oscilando de 2,9 mm dia⁻¹ (junho) a 4,5 mm dia⁻¹ (setembro e outubro).

O período de estiagem para o município de Rio Verde é de abril a setembro, com deficiência hídrica de 317 mm ano⁻¹ (Figura 4) e de outubro a março, o período chuvoso, com excedente hídrico médio de 543 mm ano⁻¹ (CASTRO; SANTOS, 2017; CASTRO; SANTOS, 2021).

Figura 4. Extrato do balanço hídrico climatológico normal, precipitação e evapotranspiração de potencial média para o município de Rio Verde, Goiás, no período de 1972 a 2016.



Fonte: Castro e Santos (2017).

As faixas das áreas de preservação permanente (APP) foram definidas de acordo com a largura média dos cursos d'água, caracterizados como córregos, ribeirões e rios, tiveram suas faixas de APP delimitadas em 30, 50 e 100 m, respectivamente.

As nascentes e represas naturais ou não, tiveram a delimitação da faixa de APP de acordo com o Código Florestal - Lei 12.651/2012, em 50 m.

As outorgas utilizadas neste estudo, são de captação direta superficial e ativas junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás (SEMAD), em fevereiro de 2019, da qual foram disponibilizados as coordenadas geográficas, vazão e validade de cada outorga.

A vazão de permanência ($Q_{95\%}$; Equação 01) foi determinada a partir do produto da área da bacia e a vazão específica da região definida pela Instrução Normativa nº 004/2015, de 31 de julho de 2015, onde está inserida a bacia hidrográfica do Rio Verdão, em $4,53 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. A vazão disponível foi determinada pela diferença entre a vazão de permanência e a vazão outorgada (Equação 02). O potencial de área irrigável (PAI) foi determinado a partir da vazão disponível outorgável (Equação 03) e a demanda hídrica média da região (ET_o).

$$Q_{95\%} = (Ad \times Q_{esp}) \times 86400 \quad (1)$$

$$Q_{disp} = Q_{95\%} - Q_{out} \quad (2)$$

$$PAI = \frac{Q_{disp}}{ET_o} \times 10^{-4} \quad (3)$$

Em que: $Q_{95\%}$ é a vazão com 95% de permanência no tempo (L d^{-1}); Ad é a área de drenagem (km^2); Q_{esp} é a vazão específica, fixada em $4,53 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^2$; Q_{disp} é a vazão outorgável na seção da bacia (L d^{-1}); Q_{out} é a vazão outorgada (L d^{-1}); PAI é o potencial de área irrigada (ha); ET_o é a evapotranspiração de potencial, fixada em $3,8 \text{ mm dia}^{-1}$ (CASTRO; SANTOS, 2017).

As captações foram ordenadas de montante à jusante em referência ao Rio Verdão. As vazões captadas a montante de cada ponto outorgado foram somadas por sub-bacia e em sua totalidade, para captações diretas no Rio Verdão.

O indicador de comprometimento da bacia foi calculado através da Equação 04, conforme a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2012).

$$I = \left[\frac{(Q_{uso} + Q_{mont})}{Q_{disp}} \right] \times 100 \quad (4)$$

Em que: I é o indicador de comprometimento da bacia (%); Q_{uso} é a vazão de captação individual do usuário (L s^{-1}); Q_{mont} é a soma das vazões de captação de todos os usuários a montante (L s^{-1}).

Os procedimentos referentes à decisão sobre o pedido de outorga pela SEMAD, são diferentes para cada situação

da bacia e se baseia no seu indicador de comprometimento, que é classificado conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classificação do indicativo de comprometimento da bacia hidrográfica.

Classificação	Valores
Normal	$I < 50\%$
Alerta	$50\% < I < 80\%$
Moderadamente crítico	$80\% < I < 100\%$
Altamente crítico	$I > 100\%$

Fonte: SEMARH (2012).

O processamento dos dados georreferenciados foram realizados através do *Software ArcGis* 10.5. A imagem *raster* utilizada para elaboração das camadas vetorizadas, foi extraída do Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil (TOPODATA) e a vetorização foi realizada em sistema de coordenada plano, Sirgas 2000.

As áreas irrigáveis (AI) e não irrigáveis (ANI) foram determinadas por seu uso e ocupação do solo, através de delimitação por imagem de satélite do banco de dados do *software ArcGis*. As áreas consolidadas ausentes de edificações foram definidas como aptas à irrigação e as áreas destinadas à APP, vegetação nativa, edificações, perímetros urbanos, represamentos e mineração, foram classificadas como não irrigáveis.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHRV é composta além do Rio Verdão por outras 16 sub-bacias hidrográficas (SH). A bacia hidrográfica possui 156 captações diretas outorgadas, dessas, 19,2% são no próprio Rio Verdão com vazão de $3,9 \text{ mil L s}^{-1}$ (Tabela 3). A SH do Rio Montividiu é a que possui mais captações (13,5%) e a dos córregos Cachoeirinha, Formosa, da Barra e da Boa Esperança, possuem os menores índices (0,7%).

As captações na BHRV estão concentradas nas regiões norte, sul e oeste. A bacia hidrográfica de maior volume outorgado por captação é na SH do Rio Verdinho, com $241,78 \text{ L s}^{-1}$ por captação e o menor volume foi encontrado na SH do Córrego da Boa Esperança, que é de 15 L s^{-1} por captação. Essa variação pode ser em função da baixa adoção de sistemas de irrigação ou em função da vazão outorgável disponível, que esse segundo conceito é em função da área de influência até o ponto de captação.

Tabela 3. Vazão captada, área total e captações diretas outorgadas na bacia hidrográfica do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.

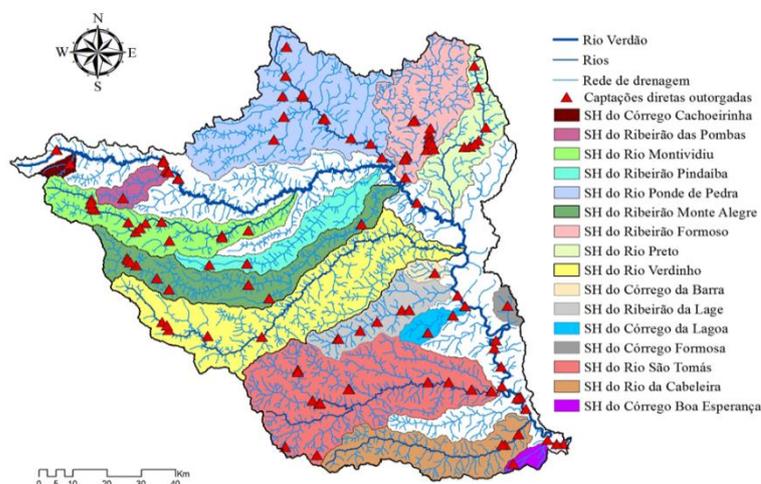
Captações diretas outorgadas	Vazão captada (L s ⁻¹)	Área total km ²	Captações pontos
SH do Córrego Cachoeirinha	42,0	45,4	1
SH do Ribeirão das Pombas	269,6	148,6	4
SH do Rio Montividiu	1.097,2	694,9	21
SH do Rio São Tomás	1.054,6	1.722,1	18
SH do Rio Verdinho	1.208,9	1.631,1	5
SH do Rio Ponte de Pedra	2.442,0	1.499,9	17
SH do Ribeirão Monte Alegre	1.119,2	835,2	14
SH do Ribeirão Formoso	935,0	787,2	16
SH do Rio da Cabeleira	704,7	681,4	5
SH do Rio Preto	550,0	524,3	8
SH do Ribeirão da Lage	884,3	442,3	9
SH do Ribeirão Pindaíba	131,2	431,2	3
SH do Córrego da Lagoa	72,0	114,5	2
SH do Córrego Formosa	13,8	78,4	1
SH do Córrego da Barra	22,2	69,5	1
SH do Córrego da Boa Esperança	15,0	64,1	1
Rio Verdão	3.886,4	12.912,0	30
Bacia Hidrográfica do Rio Verdão	14.448,1	12.912,0	156

SH: Sub-bacia hidrográfica. Fonte: Os autores (2020).

Dentre as SH, a do Rio São Tomás é a maior em área de drenagem (13,3%), seguido pelas SH do Rio Verdinho (12,6%) e Rio Ponte de Pedra (11,6%) e a menor SH é a do Córrego Cachoeirinha (0,4%). As SH do Rio Ponte de Pedra, Ribeirão Formoso,

Rio Preto e Córrego Formosa, se encontram a margem esquerda da BHRV, corresponde a 27% das captações e 22,4% da área total da bacia, representando maior número de captações por área em relação as demais SH, na margem direita (Figura 5).

Figura 5. Localização das sub-bacias hidrográficas (SH), com outorgas ativas, da bacia hidrográfica do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.



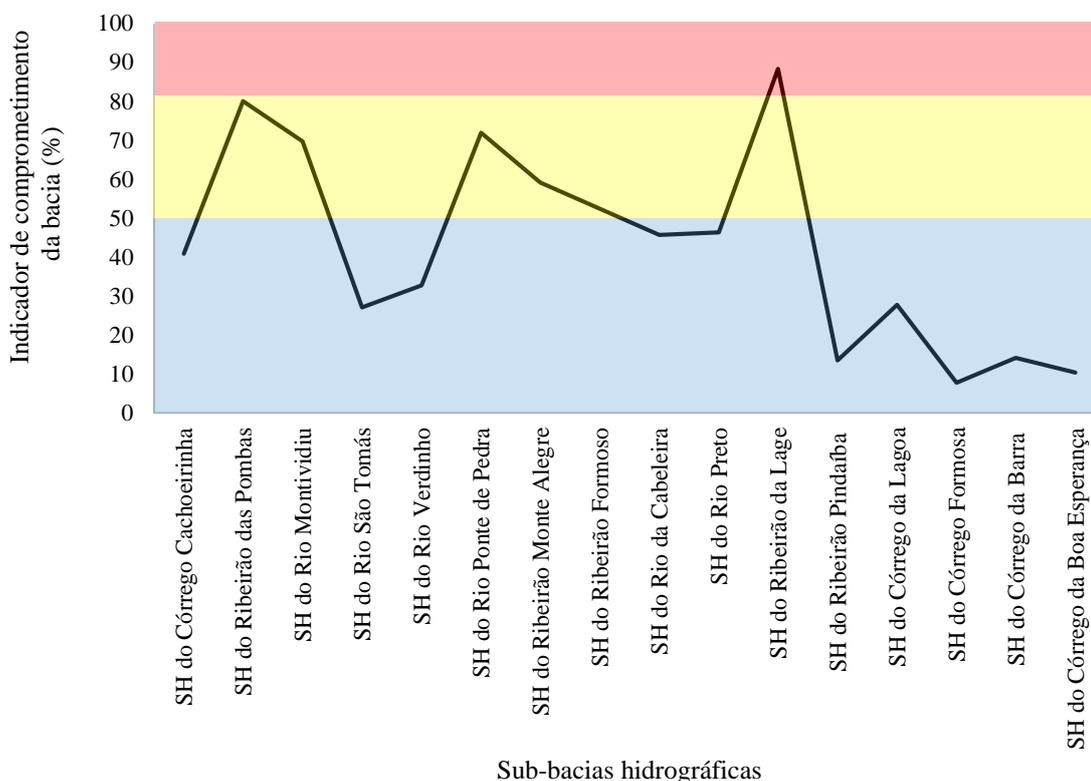
Fonte: Os autores (2020).

O uso das águas captadas na BHRV soma 14.448,1 L s⁻¹ e são destinadas para quatro atividades, irrigação (61%), bombeamento (31%), abastecimento público (7%) e piscicultura (1%) com vazões de 8.687,3; 4.905; 854,4 e 1,4 L s⁻¹, respectivamente.

A BHRV está com 24,7% da vazão comprometida, classificada quanto ao indicativo de comprometimento como condição normal (Tabela 2), o que se torna muito favorável a novos pedidos de outorgas. Analisando por SH, o mesmo ocorre com as SH do Córrego da

Cachoeirinha, do Rio São Tomás, do Rio Verdinho, do Rio da Cabeleira, do Rio Preto, do Ribeirão Pindaíba, do Córrego da Lagoa, do Córrego Formosa, do Córrego da Barra e do Córrego da Boa Esperança. As SH do Rio Montividiu, do Rio Ponte de Pedra, do Ribeirão Monte Alegre e do Ribeirão Formoso encontra-se em situação de alerta e as SH do Ribeirão da Lage e das Pombas, estão com maiores comprometimentos, 88,3% e 80,1% (Figura 6), respectivamente, classificados como moderadamente crítico o parecer favorável à outorga.

Figura 6. Indicador de comprometimento das sub-bacias hidrográficas (SH) do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.

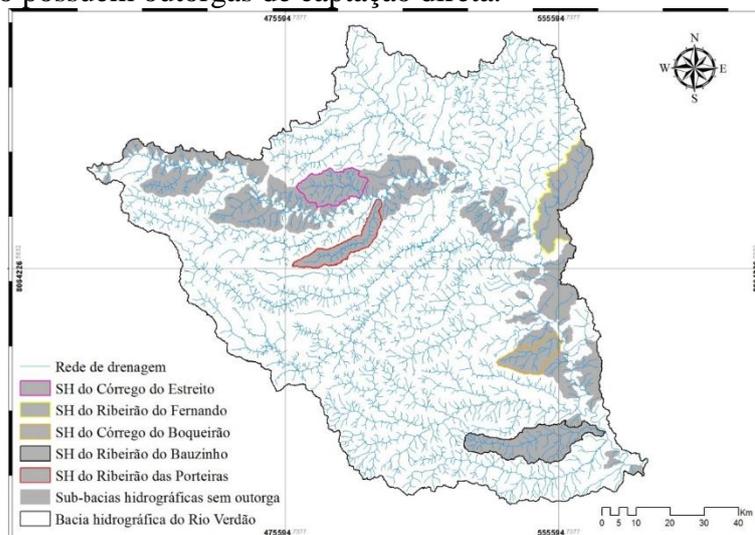


Fonte: Os autores (2020).

Analisando somente as SHs de menor porte, sem leito principal definido, que são afluentes do Rio Verdão como leito principal (SH Rio Verdão), há 125 SHs que não há usuários da água, ou seja, não há captação direta (Figura 7). Essa área contabiliza 481 cursos hídricos, somando 1,24 mil km de extensão, em que o maior

deles é o Ribeirão do Bauzinho, com 51,7 km, seguido dos Ribeirões do Fernando e das Porteiras, com 39,3 e 34,5 km, respectivamente. A área de drenagem das SHs que não há captação de água é de 2,42 mil km², com 4% das SHs acima de 100 km², 7,2% entre 30 e 99 km² e 88,8% com áreas menores que 30 km².

Figura 7. Sub-bacias hidrográficas (SH) do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás, que não possuem outorgas de captação direta.



Fonte: Os autores (2020).

As SHs que não possuem pontos outorgados, totalizam uma área de drenagem (Ad) de 2.400 km², com um PAI correspondente a 0,5% dessa área. Dentre as 125 SHs, as que mais se destacam pelo elevado PAI são os ribeirões do Bauzinho e do Fernando, com 1.337,7 e 1.366,3 ha, respectivamente. Essas SHs possuem disponibilidade de outorga em qualquer ponto da SH. De acordo com o tamanho da Ad, se tem 100% da vazão disponível; já o contrário ocorre com as SH que já possuem pontos outorgados, que é necessário analisar antes se a disponibilidade hídrica é a jusante ou montante das captações já existentes.

O Rio Verdão (leito principal), origem do nome da BHRV é o manancial com maior demanda hídrica outorgada. Da vazão total captada na BHRV, 26,9% é

direta no Rio Verdão, porém, ainda há uma disponibilidade hídrica com potencial de irrigar uma área de aproximadamente 33.898 ha (Tabela 4), 2,6% da sua área total, concentrando o uso da água na prática de irrigação. O Rio Verdão possui 30 pontos de captação direta com retirada total de 3.886,4 L s⁻¹.

A BHRV possui uma área irrigável de 1.012,1 mil ha e o potencial de área irrigável corresponde a 3,3% dessa área (33,6 mil ha). Os pontos de captação estão distribuídos ao longo do curso do rio (Figura 8), com a maior vazão nos pontos 189 e 42 (500 L s⁻¹), distanciados a aproximadamente 343 km da nascente. As áreas desfavoráveis para a implantação de sistemas de irrigação na bacia são de 279,1 mil ha.

Tabela 4. Área da bacia, vazões e potencial irrigável do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.

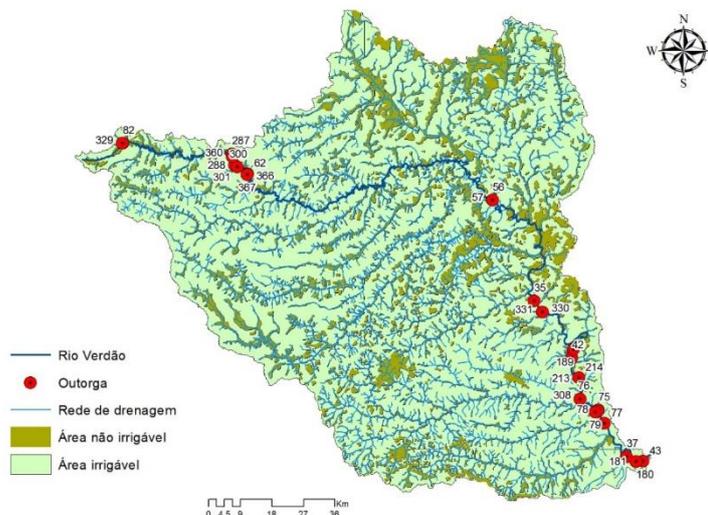
MC	P	Ab	Q95%	Q50%	Qc	Qm	Qo	Q	PAI
		km ²			L s ⁻¹			m ³ dia ⁻¹	ha
	329	67,9	307,8	153,9	15,0	0,0	138,9	12.000	316
	82	68,0	307,8	153,9	120,0	15,0	18,9	1.634	43
	287	427,7	1.937	968,7	195,0	177,0	596,7	51.556	1.356
	360	429,1	1.944	971,8	98,3	372,0	501,6	43.335	1.104
	361	429,1	1.944	971,8	40,7	470,3	460,9	39.819	1.047
	288	438,2	1.985	992,6	200,0	511,0	281,6	24.332	640
	300	439,5	1.991	995,6	160,0	711,0	124,6	10.764	283
	301	439,5	1.991	995,6	28,0	871,0	96,6	8.345	220
	62	627,5	2.842	1.421	64,7	1.168	188,0	16.243	427
	366	628,8	2.849	1.421	46,9	1.233	144,2	12.456	328
	367	628,8	2.849	1.421	64,6	1.280	79,6	6.877	181
	56	6.018	27.261	13.631	25,0	7.069	6.536	564.746	14.861
	57	6.018	27.261	13.631	87,0	7.094	6.449	557.229	14.664
	55	9.284	42.058	21.029	202,0	9.847	10.980	948.690	24.965
Rio Verdão	330	9.341	42.313	21.157	111,6	10.049	10.996	950.078	25.002
	331	9.341	42.313	21.157	55,4	10.160	10.941	945.289	24.876
	189	9.828	44.521	22.260	500,0	10.302	11.459	990.040	26.054
	42	9.871	44.717	22.359	500,0	10.802	10.057	955.312	25.140
	213	9.950	45.072	22.536	145,0	11.302	11.090	958.148	25.214
	214	9.950	45.072	22.536	125,0	11.447	10.965	947.647	24.930
	76	10.016	45.375	22.687	94,6	11.572	11.021	952.216	25.058
	308	10.016	45.375	22.687	124,6	11.666	10.896	941.455	24.775
	75	11.795	53.430	26.715	112,9	12.845	13.757	1.188.590	31.279
	78	11.795	56.433	26.716	113,8	12.958	13.644	1.178.867	31.023
	79	11.796	53.436	26.718	124,0	13.072	13.522	1.168.284	30.744
	77	11.817	53.532	26.766	136,7	13.196	13.433	1.160.638	30.543
	37	12.808	58.019	29.009	129,4	14.037	14.843	1.282.399	33.747
	180	12.888	58.381	29.190	116,0	14.052	15.022	1.297.888	34.155
	181	12.888	58.381	29.190	130,0	14.168	14.892	1.286.656	33.859
	43	12.904	58.446	29.228	20,4	14.298	14.909	1.288.136	33.898
Total		-	-	-	3.886,4	-	-	-	-

MC: Manancial de captação; P: Ponto; Ab: Área da bacia; Q_{95%}: Vazão com 95% de permanência no tempo; Q_{50%}: 50% da vazão Q_{95%}; Qc: Vazão captada; Qm: Vazão a montante; Qo: Vazão outorgável; Q: Vazão; PAI: Potencial de área irrigável. **Fonte:** Os autores (2020).

A BHRV possui disponibilidade hídrica para irrigar 33,5% da área apta para implantação de sistemas de irrigação distribuídas em toda a sua extensão, exceto

nas bacias que apresentaram índices de comprometimento acima de 50% (estado de alerta a altamente crítico).

Figura 8. Pontos de captação no Rio Verdão e áreas irrigáveis e não irrigáveis da bacia hidrográfica do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.

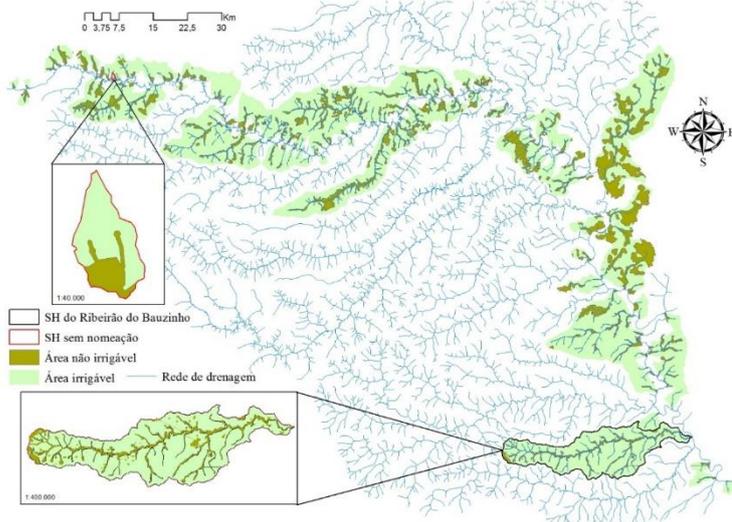


Fonte: Os autores (2020).

Somente no Rio Verdão, a AI das SHs sem outorgas é de 193.800 ha (Figura 9) e a vazão disponível propicia irrigar 6,4% dessa área (12.400 ha). A ANI compreende 47,7 ha, 19,8% das SHs não outorgadas. A menor (sem nomeação conhecida) e a maior

(Ribeirão do Bauzinho) SHs não outorgadas, possuem 1.300 ha e 265.300 ha de Ad, respectivamente. O PAI da menor SH corresponde a 73,1% de sua AI e a do Ribeirão do Bauzinho, 86,3%.

Figura 9. Áreas irrigáveis e não irrigáveis das sub-bacias hidrográficas (SH) do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás, que não possuem outorgas de captação direta.



Fonte: Os autores (2020).

As maiores áreas de drenagem pertencem as SHs dos Rios São Tomás (13,3%), Verdinho (12,6%) e Ponte de Pedra (11,6%), com disponibilidade hídrica de

2.846; 2.485,8 e 955,2 L s⁻¹, respectivamente.

Os municípios que abrangem a BHRV são grandes referências na

agricultura, assim, com a implantação de sistemas de irrigação eficientes, o potencial tende a crescer em produtividade e geração de emprego e conseqüentemente, o produto interno bruto (PIB) dos municípios.

Considerando somente os sistemas de irrigação em uso, a atual demanda por emprego é de 39,5 mil e as bacias que já possuem outorga, podem se expandir ainda em até 19.830 ha (Tabela 5), além da vazão disponível de outras bacias, chegando a um crescimento de até 33.898 ha. Considerando as SH que ainda não possuem sistema de

irrigação, somente nessa área, seria necessárias mais 50.467 pessoas, que estariam movimentando a economia local através de moradias, alimentação, transporte, entre outros, além de produzir riquezas na região. Calcula-se que a agricultura irrigada brasileira seja encarregada por 1,4 milhão de empregos diretos e 2,8 milhões de indiretos, segundo Lima, Ferreira e Christofidis (1999) cada hectare irrigado gera aproximadamente 1,5 emprego.

Tabela 5. Potencial de área irrigável e geração de emprego para a bacia hidrográfica do Rio Verdão, região sudoeste do estado de Goiás.

Sub-bacias hidrográficas outorgadas	PAI (ha)	Empregos (pessoas)
SH do Córrego Cachoeirinha	138,3	207
SH do Ribeirão das Pombas	152,5	229
SH do Rio Montividiu	1.083,9	1.626
SH do Ribeirão Pindaíba	1.922,3	2.884
SH do Rio Ponte de Pedra	2.171,8	3.258
SH do Ribeirão Monte Alegre	1.756,7	2.635
SH do Ribeirão Formoso	1.927,6	2.891
SH do Rio Preto	1.449,4	2.174
SH do Rio Verdinho	5.652,0	8.478
SH do Córrego da Barra	307,5	461
SH do Ribeirão da Lage	267,0	400
SH do Córrego da Lagoa	425,7	639
SH do Córrego Formosa	372,5	559
SH do Rio São Tomás	6.470,9	9.706
SH do Rio Cabeleira	1.906,7	2.860
SH do Córrego da Boa Esperança	296,0	444
Total	19.830	39.451

PAI: Potencial de área irrigada. **Fonte:** Os autores (2020).

As SH do Rio São Tomás e Rio Verdinho se destacariam na geração de emprego se as AI fossem destinadas à agricultura irrigável, o que acarretaria no crescimento dos municípios abrangentes (Tabela 6). A menor bacia, em relação a sua Ad, SH do Córrego da Cachoeirinha, é capaz de produzir mais 207 empregos com o uso da agricultura irrigada em todo seu PAI.

A irrigação deve ser realizada com o objetivo de aumentar a produtividade e o lucro, respeitando os limites ambientais, e

para que isso seja efetivo, a qualidade da água utilizada na irrigação precisa ser analisada principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica.

Os pontos de captação próximos a foz das SHs necessitam de atenção com a possível má qualidade da água, pelos usos a montante, o que interfere na eficiência e no sistema de irrigação a ser utilizado (ANA, 2015).

Em concordância com Xavier et al. (2021) as ferramentas de análises espaciais através do SIG demonstraram ser eficientes na manipulação e integração dos dados utilizados para identificação e quantificação das áreas aptas a implantação de sistema de irrigação, podendo ser uma alternativa viável para estudos de aptidão a irrigação.

A expansão da agricultura irrigada propiciará a produção fora de época, elevando o valor comercial, por suprir o período de deficiência hídrica de seis meses no ano que ocorre na região. Além disso, propiciará a geração de emprego e renda na região, porém, esses pedidos devem ser analisados antecipadamente se em pontos específicos da SH possui ainda disponibilidade hídrica, ou seria a montante ou a jusante do ponto analisado neste trabalho, em função da validade, renovação e liberação de novas outorgas.

Portanto, o potencial de ampliação das áreas irrigadas deve ser observado com cautela, sendo útil para o planejamento da bacia hidrográfica do Rio Verdão, porém devem ser analisadas o uso de águas subterrâneas e por represamento, que não foram contabilizadas através da metodologia utilizada.

6 CONCLUSÃO

A BHRV possui disponibilidade hídrica para irrigar 33,5% da área apta para implantação de sistemas de irrigação distribuídas em toda a sua extensão, exceto nas bacias que apresentaram índices de comprometimento acima de 50%. O potencial de área irrigável total da bacia é de 33.898 ha, podendo assim, gerar aproximadamente 50,4 mil empregos e renda na região.

7 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio a

pesquisa (Número do Processo: 201810267001546).

8 REFERÊNCIAS

ANA. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. 1. ed. Brasília, DF: ANA, 2017. 86 p.

ANA. **Atlas da irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. 2. ed. Brasília, DF: ANA, 2021. 66 p.

ANA. **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba**. Brasília, DF: ANA, 2015. 73 p.

BARROS, A. C.; MINHONI, R. T. A.; LIMA, A. A.; BARROS, Z. X. Identificação de terras potenciais para irrigação por pivô central mediante técnicas de geoprocessamento. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 32329-32343, 2020.

CASTRO, P. A. L.; SANTOS, G. O. Condições climáticas como ferramenta de planejamento agrícola e urbano, o caso do município de Rio Verde, Goiás. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 14, n. 3, p. e8119, 2021.

CASTRO, P. A. L.; SANTOS, G. O. **Métodos de estimativa de evapotranspiração potencial como ferramenta de gestão ao uso da água**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2017.

CASTRO, P. A. L.; SANTOS, G. O.; DINIZ, R. G. Models for estimating reference evapotranspiration in diferentes periods in Rio Verde, Goiás, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Ontário, v. 11, n. 18, p. 63-75, 2019.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. O estado das águas no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999. 1 CD-ROM.

LOPES SOBRINHO, O. P.; SANTOS, L. N. S.; SANTOS, G. O.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B. Balanço hídrico climatológico mensal e classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o município de Rio Verde, Goiás. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 27, p. 19-33, 2020.

MOREIRA, F. G. A. **Potencial das terras para irrigação da Fazenda Experimental Lageado, Botucatu - SP, por geoprocessamento**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

PEREIRA, L. S.; SILVA, D. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Sensoriamento remoto aplicado à agricultura de precisão no cultivo do bambu. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 8-33, 2016.

PEREIRA, R. M.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; SALES, L. S.; RODRIGUEZ, W. D. M.; SOUZA, J. M. F. Viabilidade econômica da irrigação de cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. Edição Especial, p. 149-157, 2015.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Superintendência de Recursos Hídricos. **Manual técnico de outorga**. Goiânia, 2012. 45 p.

THIESEN, A. C. O.; CARVALHO, R.; CABRAL, R. F.; CASTRO, P. A. L.;

SANTOS, G. O. Intervalo de dias sem chuva no município de Rio Verde, GO. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 47., 2018, Brasília-DF. **Anais** [...]. Brasília: SBEA, 2018. p. 1-4.

XAVIER, C. J.; FERREIRA, M. L.; SANTIAGO, W. E.; RODRIGUES, R. C. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas aptas para implantação de pivôs centrais. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 8, p. e6110817038, 2021.