



Balanço hídrico em uma área irrigada no aquífero aluvial do rio Sucuru, Sumé, PB – Brasil

*Water balance in an irrigated area in the alluvial aquifer of the Sucuru river, Sumé,
PB - Brazil*

***Everton John Camelo Alves¹, Francisco de Assis da Costa Neto², Edgleidson Lima Rodrigues³,
Jaelson de Almeida Vieira⁴ e George do Nascimento Ribeiro⁵***

RESUMO: A água é motivo frequente de lutas, privações e simultaneamente conflito e consenso, e é, ao mesmo tempo, fundamental na definição da ocupação de territórios, interferindo diretamente na dinâmica das relações sociais. Pois, devido ao seu processo de formação geológica, os aquíferos aluviais do semiárido nordestino são rasos, estreitos, alongados e funcionam analogamente a tubos de água subterrânea, cuja direção de fluxo é predominantemente axial. Nesse contexto, este trabalho se propõe a analisar a potencialidade do manancial, considerando a influência dos poços nele existentes utilizando o balanço hídrico entre os anos de 2014 e 2015. Portanto, a área de estudo compreende o Semiárido Brasileiro, na bacia do Rio Sucuru, no município de Sumé, Paraíba, no Perímetro Irrigado ao longo do aquífero aluvial. Nesse trecho, o balanço hídrico, que é calculado levando em conta a evapotranspiração, a precipitação, a demanda, a recarga da fronteira montante e fluxo para a fronteira jusante, em um período mais crítico de escassez hídrica, é suficiente para atender aos usuários. Logo, o manancial possui potencialidade preservada sem comprometer os usuários de regiões à jusante.

Palavras-chave: Aquífero aluvial, balanço hídrico, potencialidade.

ABSTRACT: Water is a frequent reason for struggles, deprivations and simultaneously conflict and consensus, and it is, at the same time, fundamental in defining the occupation of territories, directly interfering in the dynamics of social relations. For, due to their geological formation process, the alluvial aquifers of the northeastern semi-arid region are shallow, narrow, elongated and function analogously to underground water pipes, whose flow direction is predominantly axial. In this context, this work proposes to analyze the potential of the source, considering the influence of the existing wells using the water balance between the years 2014 and 2015. Therefore, the study area comprises the Brazilian Semiarid, in the Sucuru River basin, in the municipality of Sumé, Paraíba, in the Irrigated Perimeter along the alluvial aquifer. In this stretch, the water balance, which is calculated taking into account evapotranspiration, precipitation, demand, recharge from the upstream frontier and flow to the downstream frontier, in a more critical period of water scarcity, is sufficient to serve users. Therefore, the source has preserved potential without compromising users of downstream regions.

Keywords: Alluvial aquifer, water balance, potentiality

¹ Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, E-mail: everton.prof.2020@gmail.com <http://orcid.org/0000-0002-9741-5557>

² Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, E-mail: francisco.costa@ufcg.edu.br <http://orcid.org/0000-0001-9681-39193>

³ Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, E-mail: edgleidsonrodrigues13@gmail.com <http://orcid.org/0000-0002-9691-5875>

⁴ Mestrando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB E-mail: jaelsonav.50@gmail.com <http://orcid.org/0000-0002-9821-6453>

⁵ Prof. D. Sc. Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB E-mail: georgenribeiro@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos da natureza com maior presença simbólica, sendo motivo frequente de lutas, privações e simultaneamente conflito e consenso, e é, ao mesmo tempo, fundamental na definição da ocupação de territórios, interferindo diretamente na dinâmica das relações sociais (FERNÁNDEZ-ARROYO&RODRÍGUEZ-MARÍN, 2017).

Ferreira (2019) afirma que a questão hídrica é, então, cada vez mais marcante por causa da escassez e da distribuição desigual. Esse tema, conforme Neto (2020), é particularmente relevante à região do semiárido nordestino, cujas características climáticas marcantes lhe conferem elevadas taxas de evaporação, ciclos de fortes estiagens, secas prolongadas, alta variabilidade espaço-temporal das chuvas, além de baixos índices pluviométricos.

Alves (2016) atribui a desigualdade na oferta de recursos hídricos, especialmente no semiárido, aos terrenos cristalinos com baixa capacidade de infiltração, acumulação e circulação de água internamente. Ainda conforme o autor, não obstante a impermeabilidade do solo predominantemente rochoso, sobre essas áreas podem se formar camadas de terrenos sedimentares, os quais em que pese a sua localização restrita aos leitos e margens de rios, se constituem, muitas vezes, num aquífero favorável ao aproveitamento.

Graças ao seu processo de formação geológica, os aquíferos aluviais do semiárido nordestino são rasos, estreitos, alongados e funcionam analogamente a tubos de água subterrânea, cuja direção de fluxo é predominantemente axial (ALVES, 2016).

O município de Sumé, localizado na região semiárida do Cariri Paraibano, pertence à sub-bacia do Rio Sucuru, que por sua vez compõe mais amplamente a Região do Alto Curso do Rio Paraíba. No município, há um perímetro irrigado, implantado na década de 1970 e então fomentado pelo DNOCS (NETO et al., 2013). Inicialmente esse perímetro irrigado era abastecido pelo açude Sumé, mas com o tempo essa demanda hídrica foi sendo migrada para o aquífero aluvial de Sumé, situado também no Rio Sucuru (VIEIRA, 2002).

Os sistemas ambientais abertos existem em abundância e por isso são normalmente analisados pelos hidrologistas. Dentre as várias ferramentas de análise, o balanço hídrico pode avaliar as componentes do ciclo hidrológico para uma região selecionada, ora por limites topográficos ou por outras razões (VILLELA & MATTOS, 1975); por exemplo, uma área de maior concentração de cobertura vegetal nativa ou de atuação de atividades como agricultura e irrigação.

Nesse contexto do aquífero aluvial do município de Sumé, este trabalho se propõe a analisar a potencialidade do manancial, considerando a influência dos poços nele existentes utilizando o balanço hídrico entre os anos de 2014 e 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende o Semiárido Brasileiro, na bacia do Rio Sucuru, no município de Sumé, Paraíba, no Perímetro Irrigado ao longo do aquífero aluvial.

A área retangular destacada, selecionada por Alves (2016), possui 720 m na horizontal e 480 m na vertical. Foi utilizada para construir o modelo do trecho do aquífero aluvial pelo software PMWIN 7.0.31, a partir do modelador MODFLOW, enfatizando os seis poços: Well W11, Well W12, Well W13, Well W14, Well W15 e Well W16 e uma barragem subterrânea a qual influi na contenção de parte do fluxo de água, sendo que o poço Well W12 é utilizado apenas para dessedentar o gado (Figura 1).

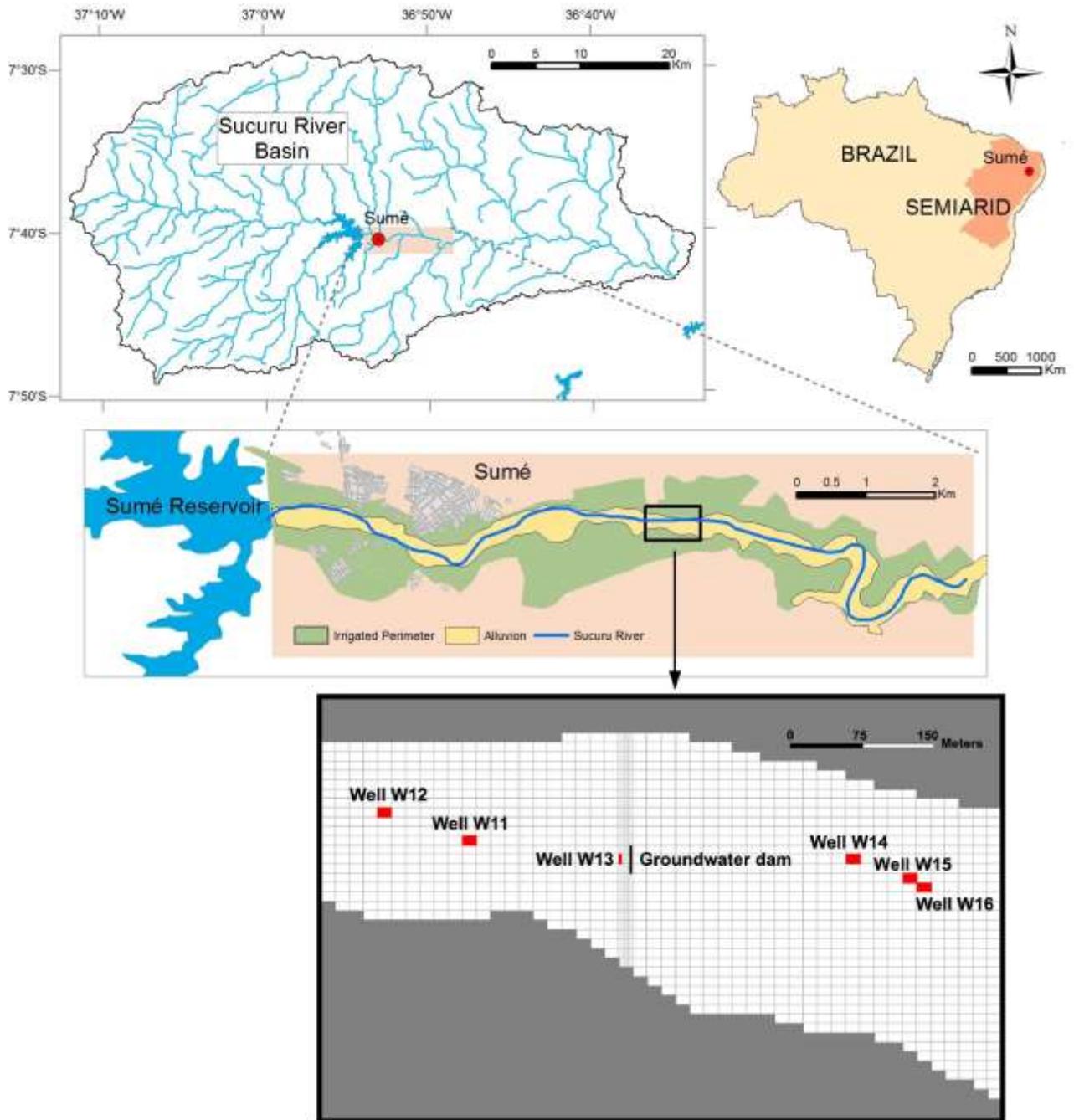


Figura 1. Área de estudo enfatizando o trecho modelado, sendo a área em cinza ocupada por solo cristalino. Fonte: adaptado de Alves et al. (2018).

A água desse trecho do aquífero aluvial abastece parte do Perímetro Irrigado, composta de culturas de milho verde e gramíneas (Figura 2).

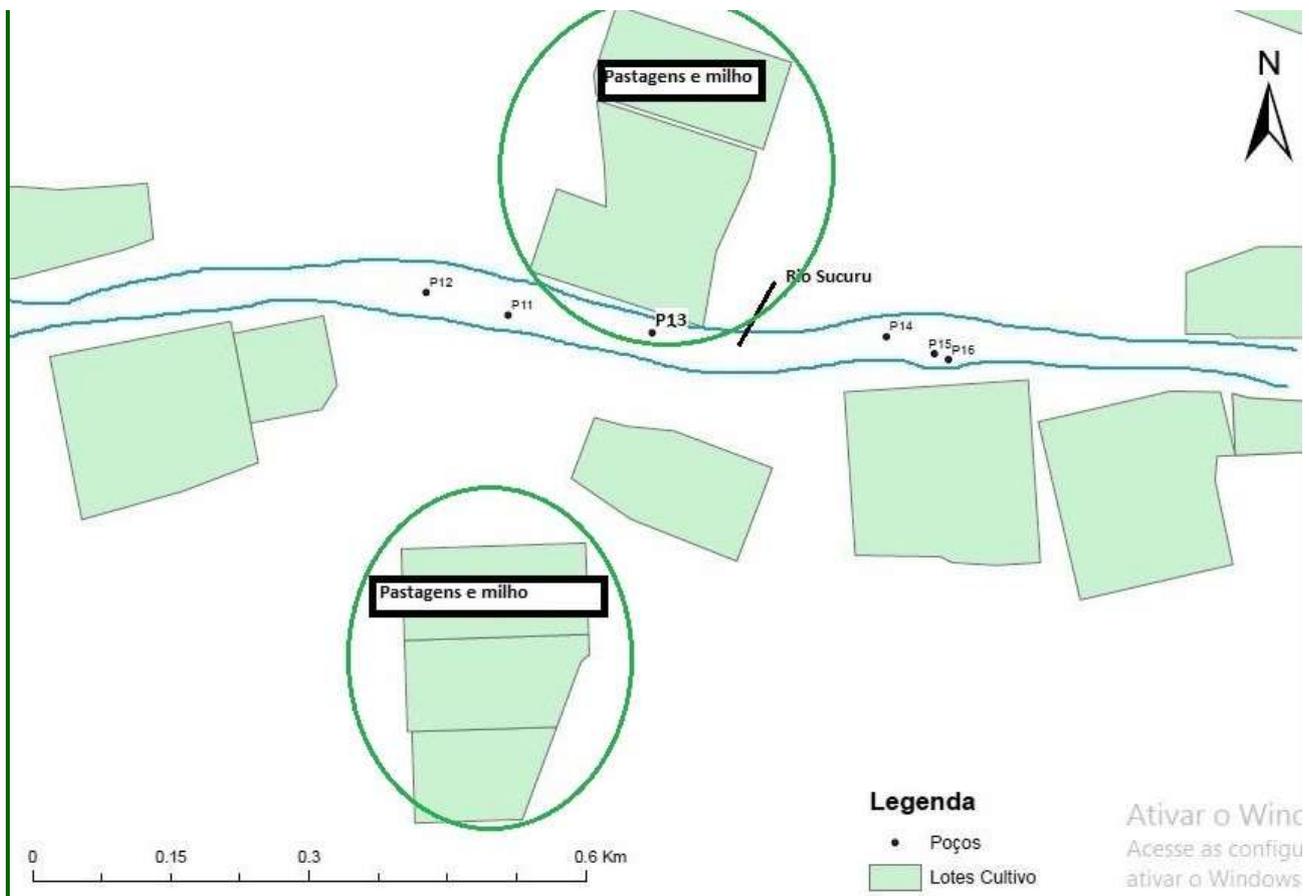


Figura 2. Áreas irrigadas delimitadas, destacadas nas elipses em verde. Fonte: Alves (2016).

Cálculo do volume de evapotranspiração

Para irrigar as áreas apresentadas e dessedentar o gado, nos seis poços as bombas foram programadas com as vazões diárias para funcionarem no período mais crítico em termos de estiagem.

Nesse período mais crítico, foi levado em consideração o cálculo das lâminas de evapotranspiração potencial média mensal, elaborado pelo método de Thornthwaite, utilizando médias das temperaturas registradas em 2014 e mensuradas por Climate-Data (2015), sendo 2014 e 2015 anos de estiagem.

Entretanto, para cada cultura a evapotranspiração potencial é peculiar, pois a FAO (1977) estabeleceu os coeficientes de correção (K_c) para as culturas do milho e gramíneas. Visto que as duas culturas são abastecidas dentro de cada mês, obtém-se o K_c médio.

Portanto, obtém-se as lâminas de evapotranspiração potencial a partir dos coeficientes de correção em culturas.

A partir dessas lâminas e das vazões referenciais, corroborando com a Figura 2, que esclarece as delimitações e as localizações delas ao longo da área de estudo, Alves (2016) calculou as áreas irrigadas para cada poço.

Portanto, o volume de evapotranspiração potencial (V_{ep}) é a lâmina de evapotranspiração potencial mensal (e_i) multiplicada pela área total irrigada (A_{it}) (Equação 1).

$$V_{ep} = e_i \times A_{it} \quad (\text{Eq. 1})$$

Cálculo do volume de precipitação

Para um ano de estiagem, 2015, no período mais crítico, são utilizadas as lâminas médias de precipitação no município de Sumé.

Logo, o volume de precipitação (V_p) é a lâmina média de precipitação mensal (p) multiplicada pela área total irrigada (A_{it}) e multiplicada por 10^{-3} , para ser mensurado em m^3 .

$$V_p = p \times A_{it} \quad (\text{Eq. 2})$$

Cálculo do volume de demanda

De acordo com Alves (2016), as culturas de milho verde e gramíneas são irrigadas nesses meses de maio a julho. Por isso, as áreas irrigadas são constantes nesses três meses. Com os volumes de demanda diária já estabelecidos como referência no mês de julho, as vazões nesse mês, os volumes de demanda diária nos meses de maio e junho são a área irrigada multiplicada pela lâmina de evapotranspiração potencial diária, já calculados por Alves (2016).

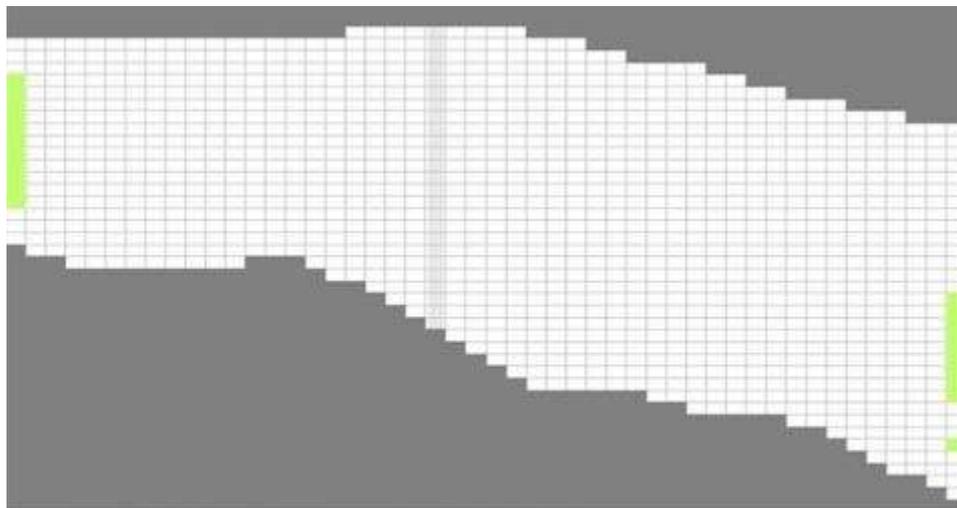
Desse modo, calcula-se o volume de demanda total dos poços por dia em cada mês (V_{dd}), o volume de demanda dos poços em todo o mês (V_{dm}) (multiplicando V_{dd} por 8 (número fixo de dias de irrigação do mês (sendo dois dias por semana)) e, por fim, o volume de demanda total nos três meses (V_{dt}).

Logo, obtém-se a Equação 3.

$$V_{dt} = V_{d_{\text{maio}}} + V_{d_{\text{junho}}} + V_{d_{\text{julho}}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Cálculo do volume de recarga da fronteira montante

Nas Figuras 3 e 4 é apresentado o modelo do trecho do aquífero aluvial selecionado por Alves (2016) com as fronteiras permeáveis do aquífero (em verde), regiões ou células onde há carga hidráulica constante no período de 15 dias (22 de abril a 07 de maio de 2015) de simulação do embasamento cristalino. É também apresentado o perfil longitudinal do trecho na seção mais próxima da área onde se encontra a maioria dos poços, cujo embasamento e superfície superior desse trecho são predominantemente horizontais.



Células com cargas definidas nas fronteiras montante e jusante.

Figura 3. Modelo do trecho do aquífero aluvial com fronteiras permeáveis onde a carga hidráulica é acima do embasamento cristalino. Alves (2016).

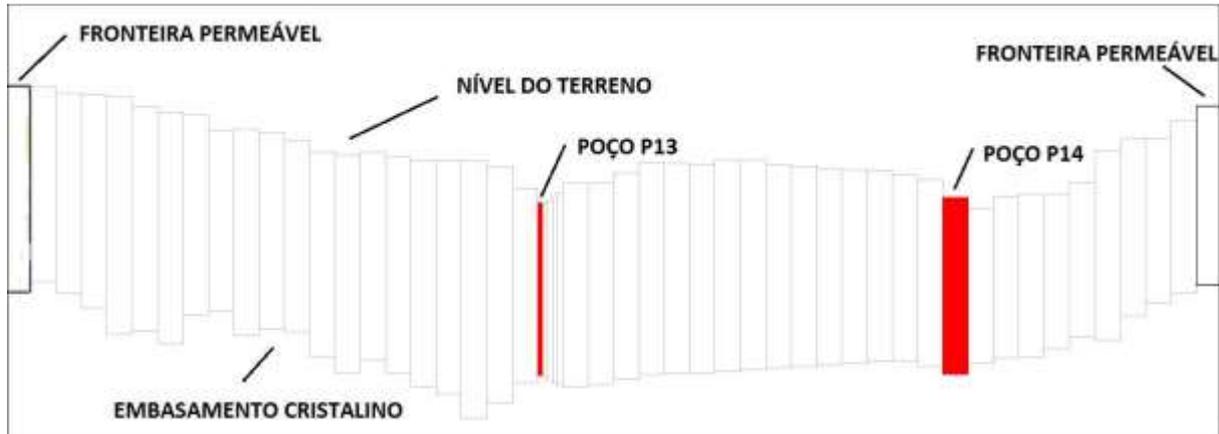


Figura 4. Perfil longitudinal na seção mais próxima da maioria dos seis poços.

Fonte: Alves (2016).

De uma quinzena a outra as cargas hidráulicas são mensuradas em poços sob regime estático, quando não há bombeamento.

Observando as células em verde da fronteira a montante do trecho do aquífero aluvial, há 11 células com carga hidráulica acima do embasamento cristalino. Como, de acordo com a modelagem realizada por Alves (2016), o comprimento na direção vertical de cada célula (l_i) é 10 m, a largura total (l_f) da fronteira com carga hidráulica, ou seja, com recarga é de 110 m.

$$l_f = 110,00 \text{ m}$$

De posse desse comprimento, da carga hidráulica e do comprimento longitudinal do trecho (L_l) de 720 m, o volume estimado de recarga proveniente na fronteira montante ao trecho (V_{erm}) (Equação 4).

$$V_{erm} = h_m \times l_f \times L_l \quad (\text{Eq. 4})$$

Esse volume é o total de todo o trecho aluvial, mesmo que este seja considerado prismático, levando em conta a largura da fronteira com carga hidráulica acima do embasamento cristalino. Visto que, o volume de água ocupa apenas os espaços vazios e a porosidade eficaz ou efetiva (η_e) é o volume de água que passa pelos vazios por gravidade dividido pelo volume total do aquífero, sendo esta estabelecida por Vieira (2002) com a calibração do modelo do aquífero e utilizada por Alves (2016), valor $\eta_e = 0,10$. Portanto, o volume de recarga é a porosidade efetiva multiplicada pelo volume estimado de recarga (Equação 5).

$$V_{rm} = \eta_e \times V_{erm} \quad (\text{Eq. 5})$$

Cálculo do volume de fluxo para a fronteira jusante

Estima-se, conforme Alves (2016), que o volume para a jusante seja de 50% do volume de recarga proveniente da fronteira montante. Desse modo, o volume que sai para a fronteira jusante é de acordo com a Equação 6.

$$V_j = V_{rm} \times 0,50 \quad (\text{Eq. 6})$$

Cálculo do balanço hídrico

De posse do volume total de precipitação (V_{pt}), do volume de recarga (V_{rm}), do volume para a jusante (V_j) e do volume total de evapotranspiração (V_{ept}), o balanço hídrico (ΔS) (Equação 7).

$$\Delta S = V_{pt} + V_{rm} - V_j - V_{ept} \quad (\text{Eq. 7})$$

Em lâminas (mm) de água, esse balanço (ΔL) é o balanço hídrico em volume dividido pela área de projeção plana horizontal de contato da água com os vazios (A_{av}), área essa equivalente a 10% de toda a área da projeção horizontal da base do embasamento cristalino ($A_p = l_f \times l_l$), considerando a lâmina de água com valor constante (mm) (Equação 8).

$$\Delta L = (\Delta S/A_{av}) \times 10^3 \quad (\text{Eq. 8})$$

Sendo $A_{av} = 0,10 \times A_p$.

O valor diário do balanço hídrico (ΔL_d) é o total dividido por 90 dias, sendo cada mês fixado em 30 dias (Equação 9).

$$\Delta L_d = \Delta L/90 \quad (\text{Eq. 9})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Volume de evapotranspiração

As chuvas não foram suficientes para atender aos cultivos de maio a julho de 2015, período selecionado por Alves (2016), tomando como referência o mês de julho, no qual o mesmo fez o diagnóstico (Tabela 1).

Tabela 1. Vazão de referência no mês de julho

Poço	Vazão (m ³ /dia)
Well W11	78,50
Well W12	4,62
Well W13	27,75
Well W14	13,87
Well W15	13,87
Well W16	13,87

Fonte: adaptado de Alves (2016).

Logo, com base nas médias das temperaturas registradas em 2014 e mensuradas por Climate-Data (2015), sendo 2014 e 2015 anos de estiagem foram obtidas as lâminas (mm) de evapotranspiração potencial média mensal (Tabela 2).

Tabela 2. Lâminas (mm) de evapotranspiração potencial média mensal em 2014 adaptadas para 2015

Maio	Junho	Julho
79,22	65,67	62,27

Fonte: adaptado de Alves (2016).

Contudo, como as lâminas de evapotranspiração potencial dependem de cada cultura, na Tabela 3 são apresentados os respectivos coeficientes de correção.

Tabela 3. Coeficiente de correção em cultura

Milho verde	Gramínea	Kc médio
0,775	0,773	0,774

Fonte: FAO (1977); Alves (2016).

Logo, a partir desse coeficiente de correção, na Tabela 4 são apresentadas as lâminas de evapotranspiração potencial.

Tabela 4. Lâminas de evapotranspiração potencial corrigidas a partir do Kc médio

Lâmina de evapotranspiração	Maio	Junho	Julho
Lâmina de evapotranspiração potencial mensal com Kc(ei) (mm)	61,32	50,83	48,20
Lâmina de evapotranspiração potencial mensal com Kc (ei) (m)	0,06132	0,05083	0,04820
Lâmina de evapotranspiração potencial diária com Kc, fixando 30 dias para cada mês (ei/30) (m)	0,00204	0,00169	0,00161

Fonte: adaptado de Alves (2016).

Diante desses valores, são apresentadas na Tabela 5 as áreas irrigadas pelo uso de cada poço.

Tabela 5. Área irrigada

Poço	Área (Ai)(hectares)
Well W11	5,00
Well W13	1,73
Well W14	0,87
Well W15	0,87
Well W16	0,87
Área total (hectares)	9,34
Área total (Ai)(m ²)	93.400,00

Fonte: adaptado de Alves (2016).

Portanto, na Tabela 6 observa-se o cálculo do volume obtido.

Tabela 6. Volumes de evapotranspiração potencial mensal (m³)

Maio	Junho	Julho	Total (Vept)
5.727,29	4.747,52	4.501,88	14.976,69

Volume de precipitação

Na Tabela 7, são apresentadas as lâminas médias de precipitação no período de estiagem.

Tabela 7. Lâminas de precipitação (p) (mm)

Maio	Junho	Julho
2,3	29,0	36,9

Fonte: AESA (2020).

De acordo com a Eq. 2, na Tabela 8 observa-se o cálculo do volume obtido.

Tabela 8. Volumes de precipitação (Vp) (m³)

Maio	Junho	Julho	Total (Vpt)
214,82	2.708,60	3.446,46	6.369,88

Volume de demanda

Na Tabela 9 são apresentados os volumes de demanda em cada poço.

Tabela 9. Volumes de demanda por dia (m³/dia)

Poço	Maio	Junho	Julho
Well W11	99,89	82,78	78,50
Well W12	4,62	4,62	4,62
Well W13	35,31	29,26	27,75
Well W14	17,65	14,63	13,87
Well W15	17,65	14,63	13,87
Well W16	17,65	14,63	13,87
Volume de demanda total dos poços por dia (m ³ /dia)	192,77	160,55	152,48
Número de dias (fixando em 30)	8	8	8
Volume de demanda total dos poços por mês (m ³ /mês)	1.542,16	1.284,40	1.219,84

Fonte: adaptado de Alves (2016).

Portanto, de acordo com a Eq. 3, o volume total de demanda é de 4.046,40 m³.

Volume de recarga da fronteira montante

Na Tabela 10 são apresentadas as cargas hidráulicas quinzenais em 2015.

Tabela 10. Cargas hidráulicas em regime estático em cada poço (h_i) em 2015.

Poços	Data da coleta e profundidade (m)					
	22/04/15	07/05/15	20/05/15	15/06/15	29/06/15	13/07/15
Well W11	501,97	501,85	502,09	501,58	501,42	501,35
Well W12	504,91	504,77	504,70	504,56	504,51	504,53
Well W13	502,61	502,23	--	502,91	501,70	501,36
Well W14	502,88	502,33	502,48	502,33	502,19	501,81 *
Well W15	--	500,99	502,17	499,81 *	500,91	501,58
Well W16	501,09	--	500,85	500,28	500,42	500,46

* Cargas hidráulicas logo após o bombeamento; -- impossível medir, pois o nível d'água não estava em regime estático. Fonte: Adaptado de Alves (2016).

Verifica-se que a variação predominante da carga hidráulica de uma quinzena a outra é abaixo de 1 m, o que pode se considerar que nos três meses de maio a julho a carga hidráulica é constante, inclusive na fronteira a montante do trecho do aquífero aluvial, valendo ressaltar que, conforme simulação de Alves (2016), o fluxo de água é da esquerda para a direita. Desse modo, levando em consideração o regime estático, estima-se que a carga hidráulica na fronteira a montante do trecho (hm) é 505 m, imediatamente superior à carga de maior valor, de 504,91 m ao longo do poço Well W12.

Logo, de acordo com a Eq. 4, o volume estimado de recarga proveniente da fronteira montante ao trecho é de 39.996.000,00 m³.

E, conforme a Eq. 5, o volume de recarga da fronteira montante é de 3.999.600,00 m³.

Volume de fluxo para a fronteira jusante

Conforme a Eq. 6, o volume de fluxo para a fronteira jusante é de 1.999.800,00 m³.

Balanço hídrico

De posse dos valores dos volumes de: precipitação, recarga da fronteira a montante, fluxo para a fronteira jusante e evapotranspiração potencial das culturas do milho e gramíneas, conforme a Eq. 7, o volume armazenado ou o balanço hídrico é de 1.991.193,19 m³, ou seja, em lâminas (mm) de água, de acordo com a Eq. 8, é de 251.413,28 mm.

Esse valor é o total nos três meses maio, junho e julho. Por sua vez, o valor diário desse balanço hídrico é, conforme a Eq. 9, de 2.793,48 mm.

Esse valor é superior ao déficit hídrico ou balanço hídrico diário obtido por Filgueiras et al. (2018), que é de -24,00 mm para horticulturas como milho, por exemplo. Pois, na área de estudo definida pelo autor, em Patos de Minas, MG, os cultivos dependem apenas da água da chuva, os quais necessitam de irrigação.

Do mesmo modo, o valor obtido no presente artigo é superior ao calculado por Santos et al. (2020), que é de 0,138 mm por dia, sendo o respectivo balanço hídrico diário em volume de 55,804 m³/dia, visto que a área modelada em projeção do aluvião é de 40,5 hectares e a extração das águas do aluvião tem sido realizada sem o devido conhecimento da potencialidade do manancial.

O mesmo ocorre em relação ao balanço hídrico calculado por Caetano et al. (2020), de 0,00330 mm por dia, visto que não é considerada a recarga, sendo o volume diário de 1,153 m³ disponível para o consumo, que é dividido pela área do aluvião de 346.196 m², para ser obtido o balanço hídrico em mm.

Diante disso, o volume que compõe o balanço hídrico é mais que suficiente para atender a demanda nos meses de maio a julho, cujo volume é de 4.046,40 m³.

CONCLUSÃO

Quando o balanço hídrico em volume é maior que a demanda de uso, o manancial tem a potencialidade preservada sem comprometer usuários de regiões à jusante, como é o caso do trecho em estudo no aquífero aluvial do rio Sucuru.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. J. C. Potencialidade e manejo dos recursos hídricos do aquífero aluvial em Sumé – PB. [S.l.]: Universidade Federal de Campina Grande, 2016.

ALVES, E. J. C.; RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. de O.; VIEIRA, J. B. de A. Limits and conditions for the exploitation of alluvial aquifers in the Brazilian semi-arid region. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2018, v. 23, e. 34.

CAETANO, T. O.; PAIVA, A. L. R. de; SILVA, S. R. da; COUTINHO, A. P.; CIRILO, J. A.; CABRAL, J. J. da S. P. Abastecimento rural de água: uso e demanda em comunidades do Semiárido e a disponibilidade hídrica dos aluviões.

Revista de Gestão de Água da América Latina, 2020, v. 17, e.8.

CLIMATE-DATA.ORG. Disponível em: <http://pt.climate-data.org/location/42573>. Acesso em: 05/07/2015.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1977.

FERNÁNDEZ-ARROYO, J.; RODRÍGUEZ-MARÍN, F. Los procesos de enseñanza-aprendizaje relacionados con el agua en el marco de las hipótesis de transición. *Revista Eureka*, 2017. v. 14, n. 1, p. 227–243.

FERREIRA, J. G. A transposição das águas do Rio São Francisco na resposta à seca do Nordeste brasileiro. *Cronologia da transformação da ideia em obra. Revista Latino-Americana de Relações Internacionais*, 2019. v. 1, n. 2, p. 53–72.

FILGUEIRAS, R.; OLIVEIRA, V. M. R. de; CUNHA, F. F. da; MANTOVANI, E. C. Temporal dynamics of climatological parameters and hydric balance in the management of agricultural crops. *Engenharia Agrícola*, 2018, v. 38, n. 5, p. 705-717.

NETO, F. De A. Da C. Análise de alternativas para o uso das águas do projeto de integração do rio São Francisco - eixo norte – no Estado da Paraíba, através de um modelo de otimização multiobjetivo. [S.l.]: Universidade Federal de Campina Grande, 2020.

NETO, J. D. *et al.* Unidades Produtivas da Agricultura Familiar no Perímetro Irrigado de Sumé, PB. *Enciclopédia Biosfera*, 2013. v. 9, n. 16, p. 2060–2070.

SANTOS, W. J. S. dos; PAIVA, A. L. R. de; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P. Fluxo e armazenamento de água em aluvião do semiárido pernambucano para abastecimento de pequenas comunidades. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 2020, v. 55, n. 4, p. 479-497.

VIEIRA, L. J. Dos S. Emprego de um Modelo Matemático de Simulação do Fluxo Subterrâneo para Definição de Alternativas de Exploração de um Aquífero Aluvial. [S.l.]: Universidade Federal da Paraíba, 2002.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo - SP: McGraw-Hill do Brasil, 1975.