

## IV-268 - SIMULAÇÃO DE OPERAÇÃO DA BARRAGEM LAGOA DO ARROZ - PB E CONSTRUÇÃO DA CURVA DE REGULAÇÃO POR MEIO DA EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

**Noilda Andréa Dias Sousa<sup>(1)</sup>**

Estudante de Engenharia Ambiental pelo Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

**Samanda Costa do Nascimento<sup>(2)</sup>**

Estudante de Engenharia Ambiental pelo Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

**Vanine Elane Menezes de Farias<sup>(3)</sup>**

Estudante de Engenharia Ambiental pelo Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Manoel Roberto do Nascimento, 54, Bloco B7, Apt. 404 - Jardim Cidade Universitária - João Pessoa - Paraíba - CEP: 58052-562 - Brasil - Tel: +55 (83) 99635-0419 - e-mail: noilda\_dias@hotmail.com

### RESUMO

No regime semiárido do Nordeste, a natureza semeia anos de cheias e secas meteorológicas, arbitrariamente, assim como anos de normalidade, onde, regularmente, certa quantidade de água é disponibilizada para os usuários de determinado manancial. A sequência exata de ocorrência desses eventos é uma incógnita para a ciência, que não tem como prever tais circunstâncias, podendo tornar inconstante a potencialidade hídrica de uma região. O objetivo deste trabalho é elaborar um planejamento hídrico para o reservatório Lagoa do Arroz, PB, Brasil, por meio do dimensionamento hidrológico da barragem a partir de séries históricas de precipitação para que suporte a máxima de retirada de água, minimizando o impacto sobre o meio ambiente e suprimindo as necessidades da população abastecida pelo reservatório, a fim de manter o nível de garantia deste acima de 80%. A pesquisa se caracteriza como explicativa de método e um estudo de caso. Os resultados reportam-se à capacidade de regularização do Açude Lagoa do Arroz e a garantia de atendimento das vazões demandadas para o intervalo de 80,5 a 99,67%, com uma vazão regularizada destinada a atender as necessidades hídricas básicas dos usuários de águas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de Barragem, Balanço Hídrico, Vazão Demandada, Curva de Regulação.

### INTRODUÇÃO

Desde os primórdios até os dias contemporâneos, o homem preocupa-se em acumular água pois sabe que a natureza tem ciclos, os quais trazem períodos de menor disponibilidade de água que outros. Nas regiões de clima semiárido, como no sertão da Paraíba, a variabilidade dessa inconstância da potencialidade hídrica aumenta de forma considerável tanto pela escassez de chuva, devido à imprevisibilidade dos períodos de precipitação (GARJULLI, 2003; SILVA 2006), assim como por ser uma região de alto poder evaporativo, devido à alta incidência de radiação solar (SIVAPRAGASAM *et al.*, 2009).

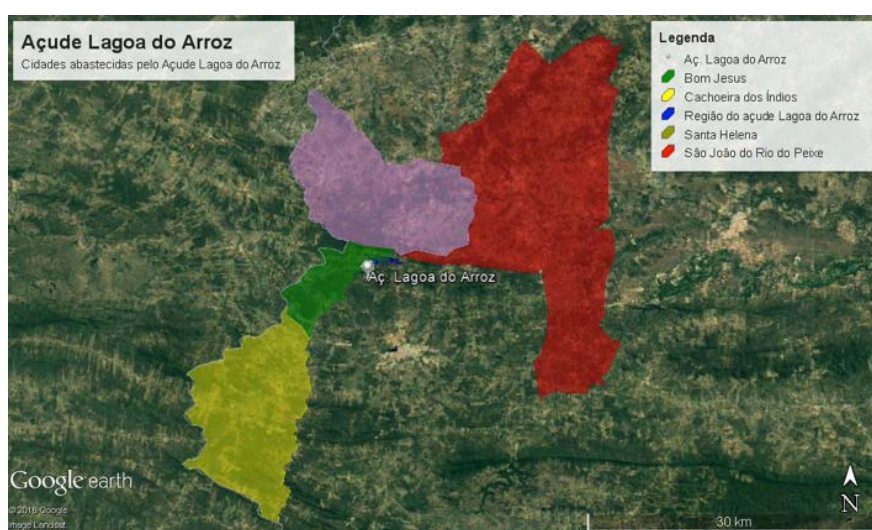
Para compensar essa irregularidade da oferta natural da água, são implantadas barragens para que a regularidade seja obtida artificialmente e, dessa forma, dispor de uma reserva de água perene (FOWE *et al.*, 2015). As barragens tornam-se necessárias pelo fato de o volume de água que o rio conduz ao longo do tempo normalmente ser inferior a demanda que a sociedade necessita, principalmente em áreas como as do semiárido brasileiro, onde períodos de seca são frequentes e, conseqüentemente, haverão períodos em que a vazão escoante no leito dos rios é menor que a demanda.

O presente estudo aborda o comportamento do "açude Lagoa do Arroz situado no município de Cajazeiras, Paraíba, no Vale do Riacho Cacaré, afluente pela margem direita do Rio do Peixe, na bacia do alto Piranhas" (DNOCS, 1981). Aproximadamente no meridiano 38° 35' 35,29" de Longitude Oeste de Greenwich e no paralelo 6° 48' 47" de Latitude Sul, Açude Lagoa do Arroz foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, DNOCS, em 1987, possuindo capacidade de acumular 80.221.000 m<sup>3</sup> de água e uma área de 327.62 km<sup>2</sup> (DNOCS, 1981). O comportamento hídrico da rede de drenagem da bacia do rio do Peixe, a qual está inserida o açude Lagoa de Arroz, se caracteriza por cursos intermitentes sazonais (Galvão *et al.*,

2006), com sistema de drenagem exorréica, de ordem 5 pelo Método de Strahler .

Reservatórios como o de Lagoa do Arroz representam garantia de água para a produção de alimentos, criação de animais e abastecimento humano durante períodos de seca (FAULKNER *et al.*, 2008; FOWE *et al.*, 2015; GARJULLI, 2003). De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu (2015), o açude Lagoa do Arroz beneficia as cidades de Santa Helena, Bom Jesus, Cachoeira dos Índios e São João do Rio do Peixe. Atende, assim, ao abastecimento de 35.516, 400 hectares de irrigação a montante, 400 hectares de irrigação a jusante, aquicultura, defluência a jusante, a criação de 32.427 bovinos, 3.119 suínos e 49.172 aves, além de 23 unidades de saúde (IBGE, 2016).

O objetivo principal do reservatório, além da piscicultura, abastecimento humano e cultura de vazante, é a perenização do riacho Cacaré para irrigação a jusante, onde existem cerca de 1.800 ha de solos aluviais irrigáveis, que serão posteriormente objeto de projeto específico de irrigação. A partir do consumo anual de 13.160m<sup>3</sup>/ha, verificado para a cultura do arroz em São Gonçalo, definiu-se em 800 ha a área irrigável a partir do lago formado (DNOCS, 1981).



**Figura 1: Região abastecida pelo açude Lagoa do Arroz. (Fonte: Geoportal AESA adaptado)**

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a Lei Nº 9433/1997, como o açude é resultante de ações que alteram "o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água [e buscam a] derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo" (Brasil, 1997, art. 12), ele é sujeito ao "regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos [o qual] tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água" (Brasil, 1997, art. 11). Portanto, estudos como este são importantes para auxiliar as unidades gestoras, no caso do Riacho Cacaré, o Comitê de Bacia Piancó-Piranhas-Açu, a ter insumos técnicos para auxiliar sua gestão e assim atender as diretrizes da PNRH.

Outro fator a ser considerado é que como o comportamento hídrico da rede de drenagem desse reservatório se caracteriza por cursos intermitentes sazonais, faz-se necessário realizar o estudo das variáveis hidrológicas inerentes ao reservatório para que o volume de água retirado seja compatível com a capacidade do açude ao longo dos anos. Historicamente, o volume armazenado diminuiu de forma drástica e um dos fatores responsáveis é a retirada de água do reservatório além do nível que ele poderia sustentar. Na Figura 1, pode-se observar a variação de volume do Açude Lagoa do Arroz ao longo dos últimos anos.



**Figura 2: Variação de volume do Açude Lagoa do Arroz nos últimos anos. (Fonte: AESA)**

Todos esses fatores e situações extremos devem ser levados em consideração no gerenciamento do reservatório, para que se tenha boa garantia da vazão retirada, e assim assegurar-se que determinada vazão estará disponível ao longo do tempo para os diversos usos inerentes às atividades da população.

Dessa forma, este trabalho objetiva calcular e analisar os dados da equação do balanço hídrico no açude Lagoa do Arroz com o fim de elaborar um planejamento de recursos hídrico para o reservatório, por meio do dimensionamento hidrológico da barragem para que suporte a máxima de retirada de água, minimizando o impacto ao meio ambiente e suprimindo as necessidades da população abastecida, a fim de manter o nível de garantia deste acima de 80%.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada pode ser enquadrada como uma pesquisa explicativa que, segundo Gil (1999) e Vergara (2004), busca identificar os fatores que contribuem para a ocorrência de determinado fenômeno, e visa explicar a razão dos acontecimentos. Para a determinação dos fatores influentes foi necessário a obtenção de dados por meio de entidades públicas, como mapas, relatórios técnicos, e documentos.

Diferente do conceito adotado por Vergara (2004), Yin (2005) determina outras estratégias de estudos para pesquisas e uma delas é o estudo de caso. Para Yin (2005) “o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real”. Deste modo, a pesquisa desenvolvida comprovará que, na medida que haja variação da demanda de consumo de água, altera-se a eficiência do reservatório em estudo.

## OBTENÇÃO DE DADOS

Os dados empregados no estudo compreendem a valores necessários à aplicação da equação do balanço hídrico. A regra operativa buscada considera as variáveis representativas da entrada de água no reservatório e as de retirada, de forma a compatibilizá-los entre si, preservando uma garantia mínima de 80%. Segundo Todhunter (2016), dada pela equação do balanço hídrico, a taxa de variação no volume do lago do reservatório, representada na equação (1) a seguir:

$$dL_v / dt = R_i + P_L \cdot L_A + G_i - E_L \cdot L_A - G_o \quad \text{equação (1)}$$

Onde  $R_i$  é o escoamento superficial para dentro do lago,  $P$  é a precipitação direta no lago,  $L_A$  é a área do lago;  $E_L$  é a evaporação da água do lago; e  $G_i$  e  $G_o$  são o escoamento subterrâneo entrando e saindo do lago respectivamente.

Para este estudo a equação foi adaptada, considerando apenas os volumes evaporado, precipitado sobre o lago, afluente, sangrado e demandado, por se tratar de uma barragem, desconsiderando escoamentos subterrâneos e superficiais, como pode observar-se na equação (2).

$$V_{\text{final}} = V_{\text{precipitado}} + V_{\text{afluente}} - V_{\text{evaporado}} - V_{\text{sangrado}} - V_{\text{demandada}} \quad \text{equação (2)}$$

Os dados para determinação da eficiência do reservatório, como: intervalo de tempo (ano e mês do período estudado), curva cota-área-volume e as demais variáveis da equação (2) foram a base de dados, ou seja, os dados de entrada para o início do estudo. As Tabelas 1, 2, 3 e 4 abaixo apresentam a base de dados disponibilizados pela ANA, 2016.

**Tabela 1: Dados da Curva Cota-Área-Volume.**

COTA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME (m³)	COTA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME (m³)
77	0	0	91	2.060.000,00	8.518.250,00
78	7.500,00	3.750,00	92	2.509.500,00	10.803.000,00
79	80.000,00	47.500,00	93	3.212.000,00	13.663.750,00
80	172.500,00	173.750,00	94	4.703.000,00	17.621.250,00
81	240.500,00	380.250,00	95	4.945.500,00	22.445.500,00
82	304.000,00	652.500,00	96	5.420.000,00	27.628.250,00
83	359.000,00	984.000,00	97	6.237.500,00	33.457.000,00
84	487.000,00	1.407.000,00	98	7.318.000,00	40.234.700,00
85	592.000,00	1.946.500,00	99	8.570.500,00	48.179.000,00
86	637.000,00	2.561.000,00	100	10.245.500,00	57.587.000,00
87	761.250,00	3.260.125,00	101	11.369.000,00	68.394.250,00
88	953.500,00	4.117.500,00	102	12.284.000,00	80.220.750,00
89	1.221.000,00	5.204.750,00	103	13.616.500,00	93.171.000,00
90	1.573.000,00	6.651.750,00	104	15.257.500,00	107.607.750,00

Fonte: Ana (2016) adaptado.

**Tabela 2: Volume Médio Precipitado e Evaporado.**

MÊS	VOLUME MÉDIO PRECIPITADO (m³)	VOLUME MÉDIO EVAPORADO (m³)
jan	0,1002	0,178
fev	0,1675	0,125
mar	0,2547	0,103
abr	0,1618	0,106
mai	0,0682	0,137
jun	0,0294	0,157
jul	0,0130	0,200
ago	0,0044	0,240
set	0,0065	0,257
out	0,0114	0,267
nov	0,0194	0,241
dez	0,0420	0,229

Fonte: Ana (2016) adaptado.

**Tabela 3: Volume Máximo e Mínimo e Área do Reservatório.**

VOLUME MÁXIMO (m³)	VOLUME MÍNIMO (m³)	ÁREA TOTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA (km²)
80.220.750,00	2.561.000,00	327,62

Fonte: Ana (2016).

A vazão mensal do intervalo de tempo de 1913 a 2012 foram dados disponibilizados de acordo com a Tabela 4, o que totalizou um registro de 1200 vazões mensais.

**Tabela 4: Vazão Mensal do Ano de 1913.**

ANO	MÊS	VAZÃO (mm)	VAZÃO (m³/mês)
1913	jan/13	0	0
	fev/13	23,4	7666308
	mar/13	90,3	29584086
	abr/13	13,5	4422870
	mai/13	6,3	2064006
	jun/13	3,1	1015622
	jul/13	0	0
	ago/13	0	0
	set/13	0	0
	out/13	0	0
	nov/13	0	0
	dez/13	3,5	1146670

Fonte: Ana (2016).

### **DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DA EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO E SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS**

Para o estudo é necessário determinar cada variável da equação do balanço hídrico, com base nos dados de entrada citados na etapa anterior. A obtenção das variáveis foi dividida em duas etapas, como mostra a Tabela 5. A primeira etapa calculou-se 8 variáveis, a segunda etapa calculou-se 5 variáveis, com finalidade de obter o volume final do reservatório.



**Tabela 5: Variáveis da Equação do Balanço Hídrico**

1º PARTE			
VARIÁVEIS	DETERMINAÇÃO	VARIÁVEIS	DETERMINAÇÃO
Volume Inicial (m³)	Vinicial = volume máximo/ 2	Volume 1 (P-E)/ 2 (m³)	V 1 = Vprec. - Vevap. / 2
Área do reservatório	Obtido pela curva poligonal entre a área da lâmina d'água de cada cota do reservatório em relação ao seu volume.  $Ares. = 6E-18x^3 - 2E-09x^2 + 0,2419x + 92794$ ,  Onde, o "Ares." representa a área e o "x" o volume.	Volume Remanescente 1 (m³)	Vrem 1. = Vinicial + V 1
		Volume Afluente (m³/mês)	Vafluente (vazão mensal – dado de entrada)
Volume Precipitado 1 (m³)	Vprec 1. = Precipitação do mês x Área do reservatório.	Volume Remanescente 2 (m³)	Vrem 2 = Vrem. 1 + Vafluente.
Volume Evaporado 1 (m³)	Vevap 1. = Evaporação do mês x Área do reservatório.	Volume sangrado (m³)	Vsangrado = Vrem.2 – Vmáximo.
2º PARTE			
VARIÁVEIS	DETERMINAÇÃO	VARIÁVEIS	DETERMINAÇÃO
Nova área do lago (m²)	Uso da Equação da área do reservatório (parte 1), porém a variável x será o Volume Remanescente 2.	Volume 2 (P-E) /2 (m³)	Uso da Equação do volume 1 (parte 1), porém as variáveis volume precipitado e volume evaporado serão substituídos por volume precipitado 2 e volume evaporado 2.
Volume Precipitado 2 (m³)	Uso da Equação do volume precipitado 1 (parte 1), porém a variável a área será substituída pela variável nova área do lago.		
Volume Evaporado 2 (m³)	Uso da Equação do volume evaporado (parte 1), porém a variável a área será substituída pela variável nova área do lago.	Volume Remanescente 3 (m³)	Vrem 3 = V rem. 2 + V 2 – Vsangrado.
Volume final do reservatório		Vfinal = Vrem. 3 - Vazão Demanda.	

Tendo em vista que o processo de evaporação não ocorre de forma concentrada, mas sim ao longo de todo o mês, foi necessário calcular as retiradas e entradas de água do reservatório considerando os primeiros 15 dias de cada mês e, em seguida, os 15 dias restantes. Deste modo, as variáveis Volume 1 e Volume 2 apresentado na Tabela 5, consistiu na subtração da precipitação e da evaporação dividido por 2.

A solução da equação do balanço hídrico foi realizada em uma planilha Excel, fazendo-se uso das funcionalidades desse aplicativo. Cada coluna da planilha representa uma parcela da equação do balanço hídrico. Cada linha corresponde à solução da referida equação no intervalo de simulação de 1 mês.

O volume final do reservatório depende da variável vazão demandada, deste modo fixou-se a vazão demandada de interesse, a qual o nível de garantia obtivesse um valor acima de 80%. Uma vez fixando a vazão de interesse, é possível observar a presença de falhas quanto ao aumento da vazão de abastecimento para população (vazão demandada), como também, para a retirada de água para outros fins, como a irrigação.

## RESULTADOS OBTIDOS

Seguindo a metodologia adotada, os resultados da pesquisa reportam-se à capacidade de regularização do Açude Lagoa do Arroz, para o qual foi investigada a garantia de atendimento das vazões demandadas para o intervalo de 80,5 a 99,67%, obtendo-se assim a vazão regularizada destinada a atender as necessidades hídricas básicas dos usuários de águas envolvidos de maneira sustentável. De acordo com a bibliografia consultada (EMBRAPA, 2005), estimativas de consumo das atividades foram usadas para o cálculo da vazão de demanda mostrada na Tabela 6 abaixo.

**Tabela 6: Vazão Demandada do Ano de 2010 em m³/s.**

ORGÃOS DE CONSULTA	Setores de Abastecimento		Consumo (m³/mês)
ANA	Irrigação ao redor		920.678,40
ANA	Aquicultura		2.592
IBGE	Unidades de Saúde		172,5
IBGE	Bovinos		53.504,55
IBGE	Suínos		1.497,12
IBGE	Aves		265,53
IBGE	População	Santa helena	24.160,50
IBGE		Bom Jesus	10.800
IBGE		São João do Rio do Peixe	81.904,50
IBGE		Cachoeira dos índios	42.957
Vazão Demandada (2010)			1.138.532,10

Com o objetivo de analisar o horizonte futuro, projetou-se a população de 2020 em 37.258 habitantes, a partir da equação de estimativa pelo método aritmético, baseados nos Censos de 2002 e 2010 do IBGE das cidades mencionadas na Tabela 1.

Por não existir uma metodologia de previsão do comportamento hídrico para os próximos anos de uma localidade, considera-se o comportamento hídrico ocorrido nos últimos 100 anos (1913 a 2012) como um perfil para estudos futuros, pois nesse intervalo de tempo há maior probabilidade de eventos de seca, cheia e normalidade.

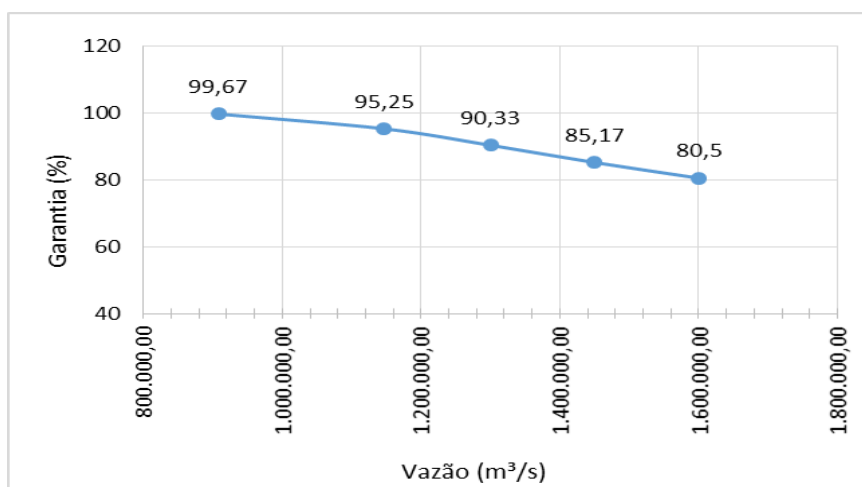
Deste modo as vazões históricas de 1913 a 2012 são usadas para verificar o comportamento futuro da barragem, em que foi considerado a população de 2020 (estimada) equivalente a população de 1913, (Tabela 6). A escolha da projeção de população é feita de acordo com ano de início de monitoramento de projeto, dessa forma escolheu-se o ano de 2020, para assim verificar o comportamento da eficiência do reservatório para os próximos anos.

Entre os anos de 2010 e 2020, a população apresentou um crescimento de 1742 habitantes. Deste modo, a vazão demandada passa a ser de 1.146.373,35 m³/mês. Para essa vazão, o nível de garantia é de 95,25 %, visto que dos 1200 meses analisados 57 apresentaram falhas. Para a obtenção de uma garantia de 99,67 % a vazão demandada da população e das atividades locais devem ser reduzidas a 908.000 m³/mês. Ao comparar as garantias de 95,25 % e de 99,67 %, observa-se que a redução da vazão de demanda ocasiona o aumento do nível de garantia, da mesma forma em que, à medida que a vazão aumenta, a garantia diminui. Para certificar tal afirmação, calculou-se a vazão de demanda e o nível de garantia em intervalos de 10 anos, constatando, assim, o comportamento da vazão e da garantia, como mostrado na Tabela 7 abaixo.

**Tabela 7: Comportamento da Vazão e da Garantia de 10 em 10 Anos de acordo Com os Dados Estudados.**

Ano	Vazão (m³/mês)	Garantia (%)
1913 ~ 2020	1.146.373,35	95,25
1923	1.154.214,60	95,08
1933	1.162.055,85	94,75
1943	1.169.897,10	94,5
1953	1.177.738,35	94,33
1963	1.185.579,60	94,16
1973	1.193.420,85	94,08
1983	1.201.262,10	93,83
1993	1.209.103,35	93,58
2003	1.216.944,60	93,16
2012	1.224.001,72	92,92

Considerando uma gestão de recursos hídricos mais eficiente na região e modificando as demandas de vazão necessárias, pode-se obter uma garantia entre 80,5 % e 99,67 %, como apresentado na Figura 3 abaixo.



**Figura 3: Curva de Regularização do Reservatório Lagoa do Arroz em Função da Vazão Demandada.**

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o Açude de Lagoa do Arroz, a vazão ideal a ser retirada todo mês de forma a garantir 99,76% de disponibilidade é de 908.000,00 m³/mês, ou seja, 350,30 L/s. Excedendo-se esse valor, o risco de colapso/crise hídrica é acentuado. Como a vazão atual demandada é superior a essa, constata-se já no presente um nível de garantia de atendimento das demandas pelo açude inferior ao necessário.

Nota-se que essa vazão ideal é um guia para um modelo de maior eficiência operativa do reservatório para a garantir o atendimento da demanda mesmo em condições climáticas adversas, como períodos de seca, visto que a região estudada localiza-se na região do sertão da Paraíba. Deste modo, constata-se que para o nível de garantia teórico tornar-se realista na prática operativa do reservatório é necessário uma gestão adequada de recursos hídricos, principalmente com relação a vazão retirada para outros fins, que não seja o abastecimento populacional.

Deste modo, pode-se constatar que a gestão de recursos hídricos é a forma mais eficaz de minimizar os impactos da seca assim como as políticas severas de racionamento da água. O gerenciamento hídrico deve ser feito com base no real comportamento do ciclo hidrológico, incentivando medidas preventivas e alternativas que minimizem qualquer perda na qualidade e quantidade da água. Então, para se ter uma avaliação mais precisa dos fatores de interferência direta no reservatório e seus efeitos, é indispensável uso dos métodos de estimativas de vazões a serem retiradas além do monitoramento da barragem, e dessas etapas compõe-se o gerenciamento do recurso hídrico.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nos resultados encontrados no presente artigo, estimou-se o nível de garantia do Açude Lagoa do Arroz de 80,5 % a 99,76 % e a vazão de demanda necessária para atender a população minimizando danos ambientais, financeiros e sociais. Todos os objetivos propostos foram atingidos e constatou-se que, ao longo do tempo, conforme era de se esperar, com o aumento da demanda, a garantia do reservatório diminui. Uma das interferências dá-se devido a barragem estar localizada no semiárido do Sertão da Paraíba, região que contém um alto poder evaporativo, alta incidência de radiação solar, e oscilações naturais com períodos de seca, facilitando a inconstância da disponibilidade de água para abastecimento. Desta forma, faz-se necessário aprimorar o conhecimento acerca da evaporação, precipitação e da vazão de retirada, além de utilizar da técnica do balanço hídrico como uma ferramenta na implementação de políticas de gerenciamento de recursos hídricos, buscando analisar o melhor desempenho do reservatório na realização de suas funções sem que haja prejuízo ao meio ambiente, à região, e principalmente à população.



Embora as entidades responsáveis pelo abastecimento de água no Brasil estimem um consumo médio diário necessários a cada uma das atividades humanas, não há uma garantia que esse padrão seja seguido uniformemente, podendo haver variação do consumo médio per capita da população, de 150 l/hab.dia. A grande concentração de indústrias, hospitais, comércios e retiradas ilegais de água dos reservatórios também são fatores de interferência direta que reduzem a eficiência do reservatório.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESA). Monitoramento. Variação do Volume nos Últimos Anos. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaGraficos&codAcude=9051>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
2. AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESA). GeoPortal AESA. Arquivos no formato shapefile. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>. Acesso em: 05 nov. 2016.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu. Disponível em: <<http://piranhasacu.ana.gov.br/produtos/sinteseDiagnostico.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2016.
4. \_\_\_\_\_. Estudo Para Refinamento do Balanço Hídrico e Definir Diretrizes, Metodologias e Ferramenta para Subsidiar o Estabelecimento de Regras Operativas para 204 Reservatórios Localizados na Região Semiárida, Contemplando Estimativas de Oferta Hídrica e Demandas Associadas, Criação de Base de Dados e Aplicação de Ferramenta de Suporte e Decisão. 2016.
5. 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\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em:
6. DNOCS. 2. DER U R. Açude Público Lagoa do Arroz; Memória, Especificações E Orçamento. João Pessoa, 1981. P. 1 – 10. Disponível em: <[http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/barragens/Barragem%20da%20Paraiba/lagoa\\_do\\_arroz.htm](http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/barragens/Barragem%20da%20Paraiba/lagoa_do_arroz.htm)>. Acesso em: 17 nov. 2016.
7. EMBRAPA. Estimando o consumo de água de suínos, aves e bovinos em uma propriedade. Dezembro, 2005. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/50527abe5e31a.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 2016.
8. FAUKNER, J.W. et. al. *Water use and productivity of two small reservoir irrigation schemes in ghana's upper east region. Irrigation and Drainage*, n.57, p.151–163, 2008.
9. FOWE, T. et al. *Water balance of small reservoirs in the Volta basin: A case study of Boura reservoir in Burkina Faso. Agricultural Water Management*, n. 152, p.99–109, 2015.
10. GALVÃO, M. J. da T. G. et al. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, Geologia do Rio do Peixe. CPRM/UFCEG/FINEP, 2006.
11. GARJULLI, R. Os recursos hídricos no semi-árido. Cienc. Cult. [online]. vol.55, n.4, p.38-39, 2003. ISSN 2317-6660.
12. GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
13. IBGE. Informações estatísticas da Paraíba e Municípios. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=25&search=paraiba>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2016.
14. SILVA, R. M. A. Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. 2006. 298f. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília, Brasília, DF.
15. SIVAPRAGASAM, C. et al. *Modeling Evaporation-Seepage Losses for Reservoir Water Balance in Semi-arid Regions. Water Resour Manage*, n. 23, p.853-867, 2009.
16. TODHUNTER, P. E., *Mean hydroclimatic and hydrological conditions during two climatic modes in the Devils Lake Basin, North Dakota (USA). Lakes and Reservoirs: Research and Management*, n.21, p. 338–350, 2016.
17. VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
18. YIN. R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.