ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODO DE JENSEN-HAISE E TANQUE CLASSE A NA ESTIMATIVA DA EVAPORAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE OITICICA/RN

Amylee Carolyne Artur Viana [1] ; Adelena Gonçalves Maia [2]; Joana D' Arc Freire de Medeiros [3] ; Paulo Eduardo Vieira Cunha [4] & Osvaldo de Freitas Neto [5]

RESUMO– A evaporação constitui uma das principais perdas hídricas em reservatórios localizados em regiões semiáridas, podendo comprometer a disponibilidade de água para os diversos usos. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar as estimativas de evaporação do Reservatório Oiticica, localizado no município de Jucurutu/RN, por meio dos métodos de Jensen-Haise e Tanque Classe A. Foram utilizados dados de temperatura do ar, radiação solar e evaporação observada em tanque, obtidos para a região de Cruzeta/RN. Os resultados indicaram diferenças significativas entre os métodos durante o primeiro semestre do ano, enquanto no período de julho a dezembro os valores apresentaram comportamento semelhante, com diferenças inferiores a 8%. A evaporação anual estimada foi de 2.186,16 mm pelo método de Jensen-Haise e de 1.831,79 mm pelo Tanque Classe A. Considerando a área do espelho d'água do reservatório, as perdas anuais por evaporação mostraram-se expressivas, podendo representar mais de 20% da capacidade de armazenamento quando o reservatório se encontra próximo da capacidade máxima. Os resultados evidenciam a relevância da evaporação no balanço hídrico do Reservatório Oiticica e indicam o método de Jensen-Haise como uma alternativa mais consistente para estimativas na região estudada, em razão da maior confiabilidade dos dados utilizados.
Palavras-Chave – Jensen-Haise; Tanque Classe A; Evaporação de reservatórios.

ABSTRACT– Evaporation is a primary cause of water loss in reservoirs located in semi-arid regions and can compromise water availability for various uses. In this context, the present study aimed to compare evaporation estimates for the Oiticica Reservoir, located in the municipality of Jucurutu, RN, Brazil, using the Jensen-Haise and Class A pan methods. Data on air temperature, solar radiation, and observed pan-evaporation for the Cruzeta, RN region were employed. The results indicated significant differences between the methods during the first half of the year, whereas from July to December, the values exhibited similar behavior, with discrepancies of less than 8%. The estimated annual evaporation was 2,186.16 mm using the Jensen-Haise method and 1,831.79 mm using the Class A pan method. Considering the reservoir's water surface area, annual losses due to evaporation were significant, potentially representing over 20% of the storage capacity when the reservoir is near its maximum level. These results highlight the relevance of evaporation in the water balance of the Oiticica Reservoir and suggest the Jensen-Haise method as a more consistent alternative for estimates in the region, given the higher reliability of the data utilized.
Key-words – Jensen-Haise; Class A Tank ; reservoir evaporation.

[1]) Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Departamento de Engenharia Ambiental - Complexo Tecnológico de Engenharia (CTEC) - UFRN- Lagoa Nova - 59066-800 - Natal - RN - Brasil - Tel: (84) 99636-3333. E-mail: amyleeaviana@gmail.com
[2]) Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Departamento de Engenharia Ambiental - Complexo Tecnológico de Engenharia (CTEC) - UFRN- Lagoa Nova - 59066-800 - Natal - RN - Brasil - Tel: (84) 99163-8633. E-mail: adelena.maia@ufrn.br
[3]) Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Departamento de Engenharia Ambiental - Complexo Tecnológico de Engenharia (CTEC) - UFRN- Lagoa Nova - 59066-800 - Natal - RN - Brasil - Tel: (84) 99418-2990. E-mail: joanadarc.medeiros@gmail.com
[4]) Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Departamento de Engenharia Ambiental - Complexo Tecnológico de Engenharia (CTEC) - UFRN - Lagoa Nova - 59066-800 - Natal - RN - Brasil - Tel: (84) 3215-3723. E-mail: pauloeduardovc@gmail.com
[5]) Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Departamento de Engenharia Ambiental - Complexo Tecnológico de Engenharia (CTEC) - UFRN - Lagoa Nova - 59066-800 - Natal - RN - Brasil - Tel: (84) 3215-3723. E-mail: ovaldo.neto@ufrn.br

INTRODUÇÃO

Os reservatórios artificiais são cruciais para gestão e oferta hídrica de uma bacia hidrográfica, sendo uma das soluções para escassez de água e melhoria de balanço hídrico. Assim, a construção desses reservatórios amplia a segurança hídrica à população, entretanto, essas intervenções provocam perdas significativas por evaporação, esse efeito deve ser considerado no balanço hídrico entre oferta e demanda que os reservatórios pretendem contribuir ANA (2021).

Nesse sentido, a evaporação potencial do reservatório é considerada desde a fase de concepção até a fase de operação, tendo em vista que após a construção, a evaporação leva a perdas consideráveis do volume d'água acumulada no reservatório. Sendo assim, a evaporação líquida retrata a perda inerente da água que a indisponibiliza para outros usos. Desse modo, estimar a evaporação de um reservatório é essencial para o planejamento hídrico ANA (2021).

O Reservatório Oiticica, localizado no município de Jucurutu, na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu, constitui uma das mais importantes obras de infraestrutura hídrica do Rio Grande do Norte, desempenhando papel estratégico para a segurança hídrica da região do Seridó. Inaugurado em 2025, o reservatório possui capacidade de armazenamento de aproximadamente 743 hm^3, sendo atualmente o segundo maior reservatório do estado. Diante disso, estimar a evaporação da Barragem Oiticica é de fundamental importância, tendo em vista que a mesma beneficia cerca de 500 mil pessoas em 17 cidades do Rio Grande do Norte. Por essa razão, é um dos principais reservatórios que garante a disponibilidade de água na região DNOCS (2020).

A evaporação pode ser estimada por diferentes modelos fundamentados nos processos de transferências de massa, balanço hídrico, balanço de energia, métodos aerodinâmicos e/ou em métodos combinados por meio de formulações empíricas ou semi-empíricas Feitosa (2020). Além desses métodos, outra forma de quantificação de evaporação é o Tanque Classe A, desenvolvido nos Estados Unidos e amplamente utilizado, pois o uso de outros métodos, como as equações empíricas ou semi-empíricas, que requerem na maioria das vezes uma vasta quantidade dados climáticos da região estudada Pinto (2009).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo comparar a estimativa de evaporação do reservatório de Oiticica, através dos métodos de Jensen-Haise e Tanque Classe A. Dessa forma, determinando como os modelos se comportam na região do estudo, e estimando as perdas de água pelo reservatório de Oiticica

METODOLOGIA

O reservatório Oiticica está localizado no município de Jucurutu, no Rio Grande do Norte (RN), se entendendo pelos municípios de São Fernando (RN), Jardim de Piranhas (RN), Belém do Brejo do Cruz e São José do Brejo do Cruz no estado da Paraíba Souza *et al.* (2023). A Barragem Oiticica foi construída sobre o Rio Piranhas-Açu e está situada entre as coordenadas geográficas 37° 10' de longitude oeste e 6° 10' de latitude sul, localizada na fazenda Oiticica Barbalhos *et al.* (2019). A Figura 1 apresentada a seguir apresenta a área de drenagem do reservatório.

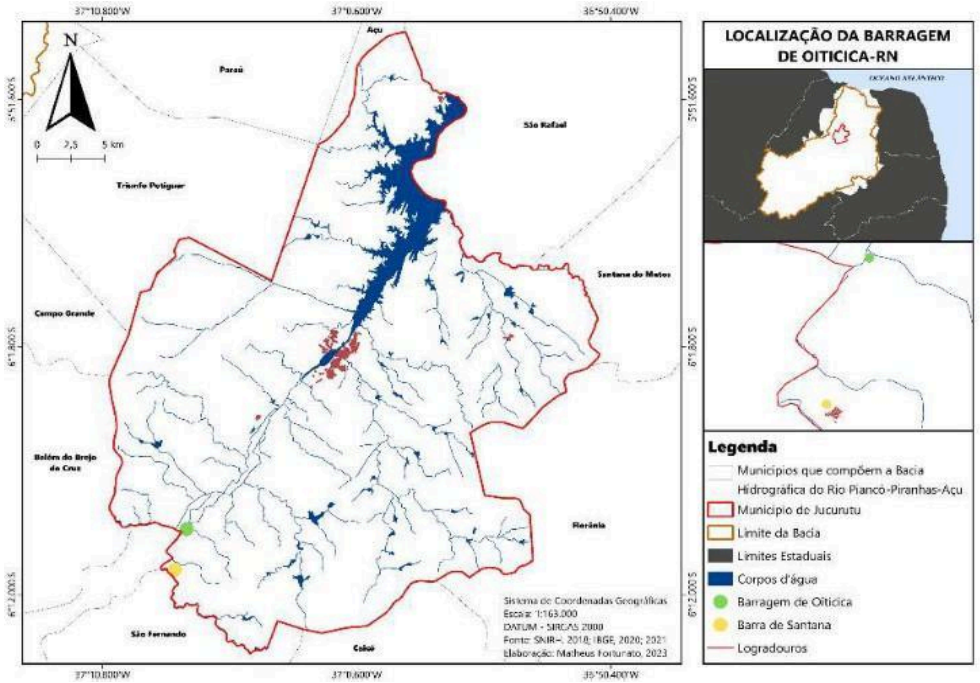


Figura 1 – SBRH 2025: localização da Barragem de Oiticica Ferreira *et al.* (2023).

Os parâmetros meteorológicos utilizados para a estimativa de evaporação anual, foram obtidos da estação climatológica do município de Cruzeta/RN. Os dados de temperatura foram obtidos a partir das Normais Climatológicas INMET (1981-2010), em INMET (2026), os valores de radiação solar foram adquiridos por meio do Atlas Solarimétrico-Cresesb (2000). Por fim, as medidas do Tanque Classe A (2) foram levantadas a partir da estação pluviométrica de Cruzeta/RN (Código: 636003) no Hidroweb ANA (2026).

O modelo de equação utilizado no presente trabalho é o método de Jensen-Haise, que segundo Stracke *et al.* (2023), foi desenvolvido em 1963 pelos pesquisadores americanos Jensen e Haise. Apesar da simplicidade do método, em relação ao número de parâmetros utilizados no cálculo, ele fornece estimativas de evaporação mais confiáveis do que alguns dos modelos mais complexos. Majidi *et al.* (2014) concluiu que este método como um dos mais representativos dos

valores reais de taxa de evaporação para lagos e reservatórios situados em regiões semiáridas. Para o cálculo da evaporação pelo método de Jensen-Haise utilizou-se a equação 1 e para o estimativa através do Tanque Classe A utilizou-se a Equação 2.

$$E = 0{,}03523.\ Rs.\ (0{,}014.\ Ta - 0{,}37) \quad (1)$$

Em que: E - taxa de evaporação diária (mm/dia); Rs - radiação solar ($W.m^{-2}$); Ta - temperatura do ar (Fº)

$$E = Kp \times Etanque \quad (2)$$

Em que: Kp - 0,7; Etanque - evaporação tanque

Para estimativa de evaporação por meio do método de Jensen-Haise, foi necessário realizar conversões de unidades das variáveis utilizadas, temperatura e radiação solar. Após calcular a evaporação mensal e anual, estimou-se a evaporação do reservatório em condições de capacidade máxima e média de armazenamento, com base nos dados de cota, área e volume fornecidos pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH-RN).

As tabelas abaixo apresentam os dados de radiação solar global e a temperatura do ar, respectivamente. Os dados referentes à radiação apresentam a média mensal da radiação solar global diária no ano 2000. Já os dados de temperatura do ar representam uma média mensal compensada entre os anos 1991-2010.

Tabela 1 – Radiação Global

Mês	(MJ/ m².dia)	($W.m^{-2}$)	Mês	(MJ/ m².dia)	($W.m^{-2}$)
Janeiro	20	231,48	Julho	16	185,19
Fevereiro	20	231,48	Agosto	20	231,48
Março	20	231,48	Setembro	20	231,48
Abril	18	208,33	Outubro	22	254,63
Maio	16	185,19	Novembro	22	254,63
Junho	16	185,19	Dezembro	20	231,48

Fonte: CRESESB (2000).

Tabela 2 – Temperatura do Ar

Mês	(F°)	Mês	(F°)
Janeiro	82,94	Julho	78,26
Fevereiro	82,22	Agosto	79,16
Março	81,5	Setembro	80,78
Abril	80,24	Outubro	82,4
Maio	79,7	Novembro	83,3
Junho	78,44	Dezembro	83,48

Fonte: INMET (2026)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados de temperatura e radiação solar apresentados e da evaporação do tanque Classe A, estimou-se a evaporação mensal do reservatório de Oiticica pelos métodos de Jensen-Haise e Tanque Classe A, que são apresentados na Figura 2.

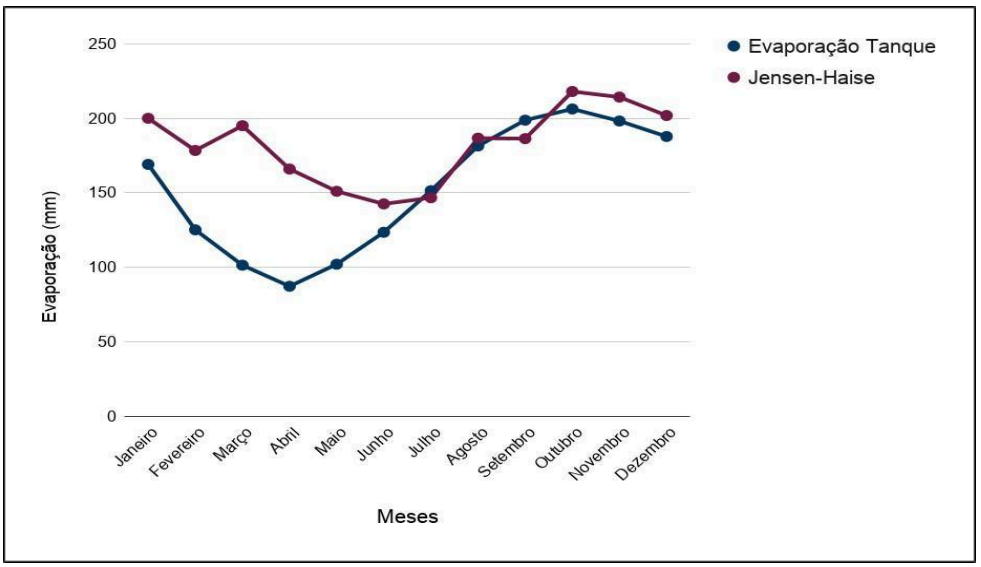


Figura 2 – SBRH 2025: média mensal Tanque Classe A e Jensen-Haise

Pode-se observar que durante os meses de julho a dezembro os valores permanecem próximos e com uma diferença menor, atingindo no máximo 8% de diferença. No entanto, nos meses de janeiro a junho, foi identificada uma grande variação dos resultados, atingindo diferenças que chegaram a mais de 90%, como nos meses de março e abril. Pela análise das tabelas 1 e 2 observa-se a sazonalidade nos valores de radiação e temperatura, o que é considerado no método de Jensen-Haise e de forma indireta também é considerado no método do Tanque Classe A, que mede

diretamente a evaporação do Tanque, influenciada pela sazonalidade dos fatores climáticos. Entretanto, para o método do tanque Classe A utilizamos o fator de correção Kp fixo ao longo do ano, no entanto esta relação entre evaporação do reservatório e do tanque tende a variar, sendo este um fator que influenciou a diferença da relação entre os resultados dos dois métodos.

Com base nas estimativas mensais apresentadas, determinou-se a taxa de evaporação anual do reservatório, que apresentou o valor de 2.186,16 mm para o método de Jensen- Haise e de 1.831,79 m para o Tanque Classe A. A partir desses valores, estimou-se a evaporação do reservatório em condições de capacidade máxima e média de armazenamento, levando em conta os parâmetros de cota, área e volume fornecidos pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH), apresentados na tabela a seguir:

Tabela 3 – Dados de cota, área e volume

Capacidade	Cota (m)	Área (m²)	Volume (m³)
Máxima	114,68	82.484.745,89	742.632.840,34
Média	108,95	49.826.556,14	371.263.820,35

Fonte: SEMARH (2026).

A partir dos dados da área de espelho d'água apresentados na tabela 3 e dos valores levantados de estimativa de evaporação pelos métodos Jensen-Haise e Tanque Classe A foram calculadas as perdas anuais de água do reservatório pelo processo de evaporação.

Tabela 4 – Evaporação anual

Método	Capacidade Máxima			Capacidade Média		
	Área (Km²)	Evaporação anual (hm³)	% do volume máximo	Área (Km²)	Evaporação anual (hm³)	% do volume máximo
Jensen-Haise Evap.=2.186 mm	82, 48	180,32	24, 28	49, 82	108, 92	14,66
Tanque Classe A Evap.= 1.832 mm	82, 48	151,09	20, 34	49, 82	91, 27	12, 29

Observa-se que os valores de perdas de água por evaporação são expressivos, chegando a valores que representam mais de 20% de perda de capacidade de acumulação de água, durante um ano, quando o reservatório está cheio. No entanto como o reservatório não fica cheio durante todo o ano, e na maioria dos anos pode não atingir a sua capacidade máxima, considera-se que os valores de evaporação devem ser mais próximos às perdas anuais calculadas para o reservatório, quando o mesmo se encontra na sua capacidade média, que foi estimada de 12 a 15% do seu volume máximo.

Costa (2018) avaliou a influência das características morfométricas de 76 reservatórios do semiárido do Rio Grande do Norte sobre as perdas por evaporação, desenvolvendo um modelo matemático para estimar a taxa de volume evaporado anual a partir de parâmetros geométricos dos reservatórios. Os resultados indicaram que as perdas anuais por evaporação variaram de 8,82% a 88,57% da capacidade de armazenamento, com valor mediano de 30,87%, evidenciando a forte influência da morfometria na eficiência de armazenamento hídrico dos reservatórios.

CONCLUSÃO

O presente trabalho comparou as estimativas de evaporação do Reservatório Oiticica, no estado do Rio Grande do Norte, utilizando os métodos de Jensen-Haise e Tanque Classe A, com o objetivo de avaliar o comportamento dos modelos em condições semiáridas e quantificar as perdas de água por evaporação no reservatório. Para isso, foram utilizados dados climáticos de temperatura do ar, radiação solar e evaporação observada em tanque, permitindo a estimativa da evaporação mensal e anual e das respectivas perdas volumétricas do reservatório.

Os resultados mostraram diferenças significativas entre as estimativas mensais produzidas pelos dois métodos, principalmente durante o primeiro semestre do ano, enquanto no período de julho a dezembro os valores apresentaram comportamento semelhante. A evaporação anual estimada foi de 2.186,16 mm pelo método de Jensen-Haise e de 1.831,79 mm pelo Tanque Classe A. Considerando a disponibilidade e a confiabilidade dos dados utilizados, bem como evidências encontradas na literatura para regiões semiáridas, o método de Jensen-Haise mostrou-se mais indicado para a estimativa da evaporação do Reservatório Oiticica.

As estimativas obtidas evidenciaram que as perdas por evaporação são expressivas, podendo representar aproximadamente 24% da capacidade máxima de armazenamento do reservatório e valores da ordem de 12 a 15% do volume armazenado em condições médias de operação. Esses resultados confirmam que a evaporação constitui um componente relevante do balanço hídrico do reservatório e que sua magnitude não pode ser negligenciada

Em razão das elevadas perdas por evaporação a que os reservatórios do semiárido estão sujeitos, torna-se fundamental intensificar as pesquisas e promover a implementação de técnicas capazes de reduzir esse processo, como a utilização de estruturas de sombreamento sobre a superfície livre da água, que podem, inclusive, ser integradas à geração de energia fotovoltaica. Além disso, a evaporação deve ser incorporada de forma sistemática ao planejamento dos recursos hídricos, sendo considerada desde a concepção e o dimensionamento dos reservatórios até sua operação e gestão. A inclusão explícita das perdas evaporativas nas análises de disponibilidade hídrica e nas regras operativas possibilita estimativas mais realistas da oferta de água, subsidiando a tomada de decisão, aumentando a eficiência da gestão dos reservatórios e contribuindo para o fortalecimento da segurança hídrica nas regiões semiáridas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA); UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). *Evaporação líquida de reservatórios artificiais no Brasil*. Brasília: ANA, 2021. Disponível em:https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/evaporacao-liquida-de-reservatorios-artificiais-no-brasil/@@download/file/ANA_UFPR_Evapora%C3%A7%C3%A3oL%C3%ADquidadeReservat%C3%B3rios_digital.pdf. Acesso em: 25 maio. 2026.

BARBALHOS, E.F.O.; DANTAS, I.R.S.; SILVA, G.K.C.; MEDEIROS, W.V. (2019). *"A importância no aspecto social da implantação da Barragem Oiticica"* in Anais do XV Congresso de Gestão Pública do Rio Grande do Norte *(CONGESP)*, Natal, 2020, pp. 1-10.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). *Hidroweb: sistemas de informações hidrológicas*. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa. Acesso em: 5 maio. 2026.

BRASIL. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. *Barragem de Oiticica é tema de reunião*. Disponível em:https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/noticias/barragem-de-oiticica-e-tema-de-reuniao. Acesso em: 20 maio. 2026.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO(CRESESB). *Atlas solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos*. Coordenação de Chigueru Tiba. Rio de Janeiro: CEPEL/Eletrobras, 2000. 111 p. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf. Acesso em: 5 maio. 2026.

COSTA, E. M. B. *A influência da morfometria dos reservatórios superficiais nas perdas por evaporação no semiárido potiguar*. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

FEITOSA, G. P. *Cálculo da evaporação em reservatório tropical por diversos métodos: o caso do açude Gavião*. 2020. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

FERREIRA, J.G.; GOMES, M.F.B.; KNOX, W. (2023). *"Narrativas de desenvolvimento e adaptação climática no semiárido do Rio Grande do Norte: o caso da barragem de Oiticica"*. Campos Neutrais - Revista Latino-Americana de Relações Internacionais 5(1), pp. 58-78.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Normais climatológicas*. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 4 maio. 2026.

MAJIDI, M.; ALIZADEH, A.; FARID, A.; VAZIFEDOUST, M. (2014). *"Estimating Evaporation from Lakes and Reservoirs under Limited Data Condition in a Semi-Arid Region"*. Water Resources Management 29, pp. 3711-3733.

PINTO, Francisco Alexandre. *Comparação da evaporação medida em tanques Classe A instalados em ambientes aquático e terrestre e avaliação de métodos de estimativa da evaporação*. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

SOUSA, A.B.P.; MAIA, P.K.L.; MEDEIROS, V.M.B.; FERNANDES, J.M.R.; SILVA, L.K.V.;

NASCIMENTO, R.L.S.; SILVA, J.M.; SIDRIM, D.M.; SILVA, S.L.I.; SILVA, F.G.F.; ROCHA, P.M.; CUNHA, K.P.V.; CUNHA, G.K.G. (2023). *"Mapeamento e qualidade do solo ripário do reservatório Oiticica antes da transferência de água interbacias do São Francisco"* in Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju, 2023, pp. 1-10.

STRACKE, M.P.; LUFT, S.S.; GIRARDELLO, V.C.; SANTOS, A.V. (2023). *"Estudo de caso detalhando informações de precipitação e taxa de evaporação pela área das lagoas de uma estação de tratamento de efluentes"*. Revista Foco 16(8), pp. 1-19. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n8-006.