

REDUÇÃO NA EVAPORAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS VISANDO INCREMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

**MAX HENRIQUE VIEIRA DOS SANTOS¹; ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA¹;
TALES MILER SOARES²; GEBER BARBOSA DE ALBUQUERQUE MOURA³ E
ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA⁴**

¹ Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros. s/n, Dois Irmãos, Recife-PE. E-mail: maxhvs@gmail.com, enio.fsilva@ufrpe.br

² Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo Baiano, Rua Rui Barbosa, 710, Cruz das Almas-BA. E-mail: talesmiler@gmail.com

³ Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros. s/n, Dois Irmãos, Recife-PE. E-mail: geber.moura@ufrpe.br

⁴ Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Av. Mister Hull, 2977, Fortaleza-CE. E-mail: alexsandro@ufc.br

1 RESUMO

A evaporação é um dos fatores que contribui para a redução da disponibilidade hídrica de reservatórios nas regiões semiáridas. Diante disto, objetivou-se avaliar diferentes tipos de telas de sombreamento sobre a redução da evaporação de água de superfícies livres na região semiárida. A estrutura foi composta por 20 tanques dispostos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com telas de polietileno com 50% de sombreamento nas cores vermelha, azul, branca, preta e prata e telas na cor preta com porcentagens de sombreamento 50, 70 e 80%; como testemunha, foram adicionadas parcelas sem cobertura, ambos com quatro repetições. A estrutura experimental foi localizada na Estação da Agricultura Irrigada de Ibimirim - PE, Brasil. Após 30 dias observou-se que a tela na cor branca foi a mais eficiente na redução da evaporação a qual foi 64,6% inferior à evaporação do tanque Classe A. Enquanto isso, a porcentagem de sombreamento da tela preta de 80% reduziu a evaporação em 66% quando comparada com o tanque Classe A. Em termos de volume, a economia pode atingir, quando estimada para o reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, em média 7.038.939,3m³ quando se utiliza telas de sombreamento na cor branca e tela preta com porcentagem de sombreamento de 80%.

Palavras-chave: tanques evaporímetros, telas de sombreamento, variáveis climáticas.

**SANTOS, M. H. V.; SILVA, Ê. F. F.; SOARES, T. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, A. O.
REDUCTION IN SURFACE WATER EVAPORATION AIMING AT INCREASING
WATER AVAILABILITY IN THE SEMIARID REGION OF THE STATE OF
PERNAMBUCO**

2 ABSTRACT

Evaporation is one of the factors that contributes to the reduction of water availability in reservoirs in the semiarid region of the state of Pernambuco. Given this, the objective of this

Recebido em 25/06/2016 e aprovado para publicação em 09/02/2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n4p789-799>

study was to evaluate different types of shading screens in the reduction of the water evaporation in tropical semiarid region. The structure was composed of 20 tanks in a completely randomized design; covered by polyethylene screens with 50% shading in red, blue, white, black and silver; and black screens with shading percentages of 50%, 70% and 80%, as a control, uncovered plots (SC) were added, both with four replications. The experimental structure was located in the Irrigated Agriculture Station of Ibimirim, PE, Brazil. The white screen was efficient in the most efficient in reducing evaporation, 64.6% below the evaporation of class A tank. The black screen with the 80% shading percentage reduced by 66% the evaporation in ratio compared to Class A tank. In terms of volume, savings may reach, when estimated for the Engenheiro Francisco Savoy reservoir, an average of 7,038,939.3 m³ using shading screens with white and black screens, with an 80% shading percentage.

Keywords: evaporimeter tanks, shading screens, climatic variables.

3 INTRODUÇÃO

O processo pelo qual a água líquida de uma superfície evaporante é convertida em vapor é denominado evaporação. As principais fontes de evaporação da água são os lagos, rios, solo e a vegetação molhada. E a sua estimativa torna-se de extrema importância em relação ao gerenciamento eficiente dos recursos hídricos, considerando esta como uma das principais componentes do ciclo hidrológico (JENSEN, 2010). Em particular o problema climático do semiárido, caracteriza-se pelo balanço hídrico negativo, que enquanto a precipitação pluvial varia de 300 a 800 mm ano⁻¹ a evaporação ultrapassa os 2.000 mm ano⁻¹, com um regime pluvial que delimita duas estações bem distintas, uma estação chuvosa de 3 a 5 meses, que ocorre no primeiro semestre do ano, e a estação seca, que tem duração de 7 a 9 meses (SILVA; MOURA; KLAR, 2014).

A taxa de evaporação de água em superfícies livres depende de diversos fatores que vão além da energia radiante, como é o caso da área da superfície evaporante, temperatura, pressão atmosférica, umidade do ar e velocidade do vento. Sendo variável o efeito individual de cada fator climático, tornando complexo o estudo teórico da perda de água para grandes corpos d'água, em que muitas vezes desconsidera-se o efeito do armazenamento de calor, para corpos d'água poucos extensos e "rasos", até 4 m de profundidade (TAGLIAFERRE et al., 2011).

A medição direta da evaporação a partir de um reservatório, em que se tenha precisão na medida do nível da água, é bastante difundida devido principalmente à sua facilidade de medição. Estes dados de evaporação são correlacionados com extensos reservatórios de água e até com superfícies cobertas com vegetação (GALLEGO-ELVIRA et al., 2012; ASSOULINE et al., 2010). Podem-se encontrar diversos tipos de tanques de evaporação, alguns instalados na superfície do solo, outros enterrados, variando suas dimensões e material de construção. Os três tipos mais difundidos no mundo são o tanque Classe A (USWB) bastante utilizado no Ocidente; tanques de pequenas dimensões tipo "Colorado" e o tipo Young, ambos com paredes enterradas (JONES, 1992).

No começo na década de 1960, foram realizadas pesquisas com o intuito de evitar a evaporação dos reservatórios de água, utilizando óleos voláteis e filmes de baixa camada molecular (FRENKIEL, 1965). Desde então, a preocupação em relação a evaporação da água tem promovido o uso de técnicas que permitam um melhor controle das perdas por evaporação, aumentando a disponibilidade de água para diversas atividades dentre elas a agricultura irrigada.

Entre as soluções mais eficientes, estão à utilização de filmes plásticos não porosos apoiados sobre estruturas metálicas, que são conhecidos substancialmente por reduzir o impacto da radiação solar e a velocidade do vento sobre a taxa de evaporação (COLOMBO et al., 2015). Outra alternativa seria o uso de materiais vegetais como folhas de palmeira dentre outras, onde segundo autores como Alam e AlShaikh (2013) e AlHassoun et al. (2011), esta técnica apresenta boa eficiência com redução de até 50% da evaporação dos reservatórios, entretanto tais opções podem alterar aspectos qualitativos da água armazenada.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente experimento, avaliar diferentes tipos de telas de sombreamento para reduzir a evaporação de água de superfícies livres em regiões semiáridas, afim de determinar o potencial de incremento hídrico para a agricultura irrigada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Estação de Agricultura Irrigada de Ibimirim (EAI – Ibimirim) da UFRPE, localizada no município de Ibimirim/PE, região do vale do Rio Moxotó, próxima ao reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, a 8° 50' de latitude sul, 37° 71' de longitude oeste e altitude de 400 m (TEMÓTEO, 2000). A região é caracterizada como semiárida, com clima BSWH, segundo Köppen, com temperatura média de 26°C, precipitações de 500 mm ano⁻¹ e evaporação média de 2.220 mm ano⁻¹.

Foram utilizadas 20 parcelas em delineamento inteiramente casualizado, perfazendo cinco tratamentos e quatro repetições. Cada parcela foi representada por um tanque circular em polietileno com diâmetro de 2,50 m, área superficial de 4,91 m², altura de 0,49 m e volume de 2 m³. As parcelas foram espaçadas entre si a 2 m.

Para redução da evaporação, foram realizados dois ensaios. O primeiro ensaio foi realizado no período de 03 de julho a 02 de agosto de 2011, utilizando-se telas de sombreamento com diferentes cores: vermelha (TSV), azul (TSA), branca (TSB), preta (TSP) e prata (TSP_r) com 50% de sombreamento. O segundo ensaio foi realizado no período de 04 de agosto a 02 de setembro, utilizando-se telas de cor preta (TSCP) com as seguintes porcentagens comerciais de sombreamento 50, 70 e 80%, como testemunha foi feita uma repetição de parcelas sem cobertura (SC). Ambas as telas foram acondicionadas sobre os tanques de evaporação a uma altura de 0,15 m do nível do espelho d'água, esticadas e fixadas nos reservatórios.

Para caracterizar as telas, foram realizados ensaios de transmissividade (T) em relação à radiação solar global (Tabela 1), utilizando piranômetros modelo CS 300, com o objetivo de aferição do percentual de sombreamento real das telas. A transmissividade (T) do polietileno à radiação solar global foi determinada utilizando a equação 1.

$$T = \frac{K_i}{K_0} \times 100 \quad (1)$$

Em que K_i e K_0 é a densidade do fluxo da radiação solar global incidente (BURIOL et al., 1995). E a percentagem de sombreamento (S) foi calculada a partir da equação 2, no horário entre 9 e 17h do dia.

$$S = 100 - T \quad (2)$$

Tabela 1. Percentagens de sombreamento comercial e médio real nas diferentes telas utilizadas

Materiais	Sombreamento		S
	Comercial	Real	
	(%)		
Preta	50	63,5	8,1
Branca	50	40,5	3,3
Vermelha	50	40,8	5,5
Azul	50	53,7	7,1
Prata	50	66,4	3,9
Preta 50%	50	57,1	8,4
Preta 70%	70	79,2	5,2
Preta 80%	80	81,8	4,9

S – Desvio Padrão

Em relação à aferição da evaporação, foram realizadas diariamente leituras manuais mediante régua, com precisão de 1 mm, instalada próximo a um microtubo transparente que registrava o nível dos tanques localizado na parede externa, utilizando-se o princípio dos vasos comunicantes, no período de 30 dias ininterruptos. O cálculo da lâmina evaporada foi conforme a equação 3:

$$LE = (L_{an} - L_{at}) + P \quad (3)$$

Em que:

LE – Lâmina Evaporada (mm);

L_{an} – Leitura Anterior (mm);

L_{at} – Leitura Atual (mm);

P – Precipitação (mm).

Para análise de comparação em relação à lâmina evaporada, foram realizadas medições em tanque classe A (ECA) instalado ao lado da área experimental. Durante todo o período dos ensaios, dados de temperatura do ar (T, °C) média, máxima e mínima, umidade relativa do ar (UR, %) média, máxima e mínima, velocidade do vento (V, m s⁻¹) e precipitação (mm), foram monitorados por meio de estação climatológica automática localizada na Estação de Agricultura Irrigada de Ibimirim (EAI – Ibimirim).

Estatisticamente, foi analisada a significância dos dados através de análise de variância e teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. As lâminas evaporadas nos tratamentos e no ECA foram comparadas por meio de regressão através do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados climatológicos da área experimental

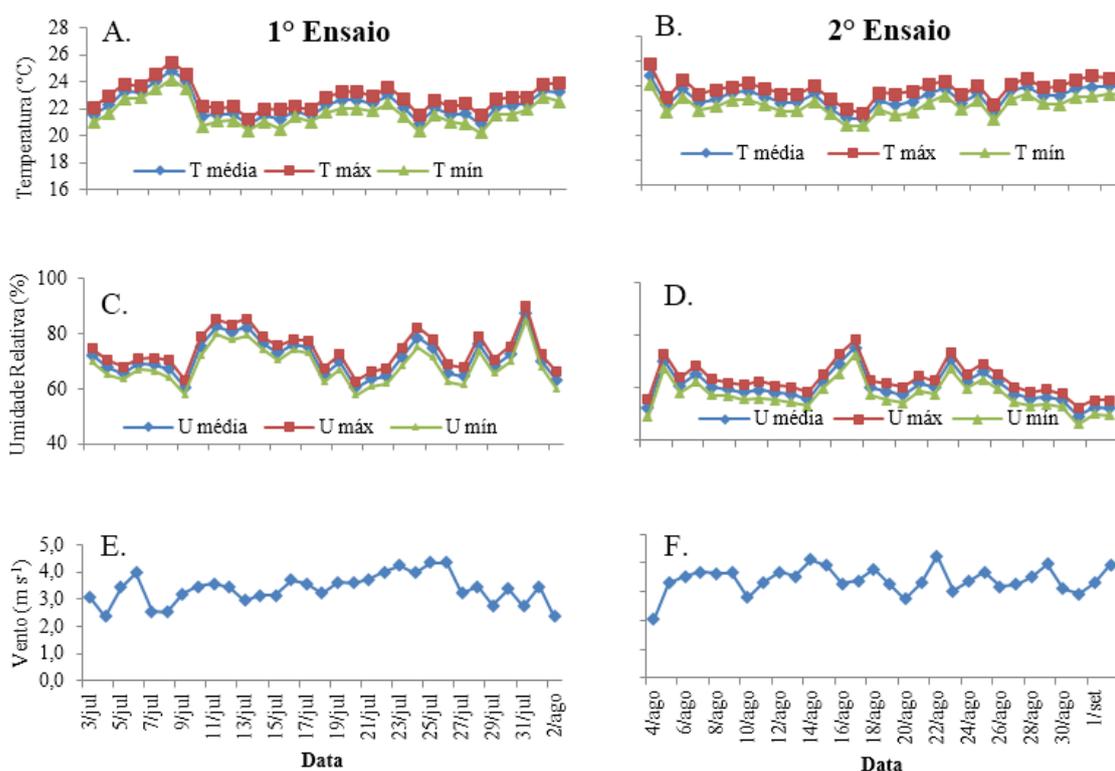
Na Figura 1 pode-se observar os valores médios diários dos elementos meteorológicos obtidos durante o período analisado. A temperatura média para o primeiro ensaio (Figura 1A) foi de 21,7°C e de 22,4°C no segundo ensaio (Figura 1B), foram registradas as maiores temperaturas sendo estas superiores a 25°C. Para umidade relativa do ar (UR) observou-se

valores médios de 71,4% no primeiro ensaio (Figura 1C) e 60,1% no segundo ensaio (Figura 1D), sendo registrados os menores valores de UR (49,0%) no segundo ensaio estudado. A velocidade do vento apresentou valores médios de $3,3 \text{ m s}^{-1}$ (1º ensaio) e $3,4 \text{ m s}^{-1}$ (2º ensaio).

Teoricamente, a água absorve calor durante a alteração do seu estado físico, (JENSEN, 2010) ocorrendo assim o processo de evaporação, principalmente durante os períodos mais quentes do dia e nas zonas mais quentes da Terra, como as regiões áridas e semiáridas (GALLEGO-ELVIRA et al., 2012; LEÃO et al., 2013).

Porém, é muito variável o efeito individual de cada fator climatológico no processo da evaporação (LEÃO et al., 2013) sendo este dependente das condições climáticas de cada região estudada. Muitas vezes desconsidera-se o efeito do armazenamento de calor, para corpos d'água poucos extensos e "rasos" (por exemplo, até 4 m de profundidade) (JAKIMAVICIUS et al., 2013); como também, a falta de pureza da água que é considerado um fator extremamente variável, por exemplo a presença de impurezas na superfície líquida pode afetar o balanço de energia radiante (MEDINA-GÓMEZ et al., 2014, FERREIRA; CUNHA, 2013).

Figura 1. Dados meteorológicos diários especificando o período de realização dos ensaios. 1º ensaio para as telas coloridas (A, C e E) e 2º ensaio para as telas pretas de diferentes porcentagens de sombreamento (B, D e F).



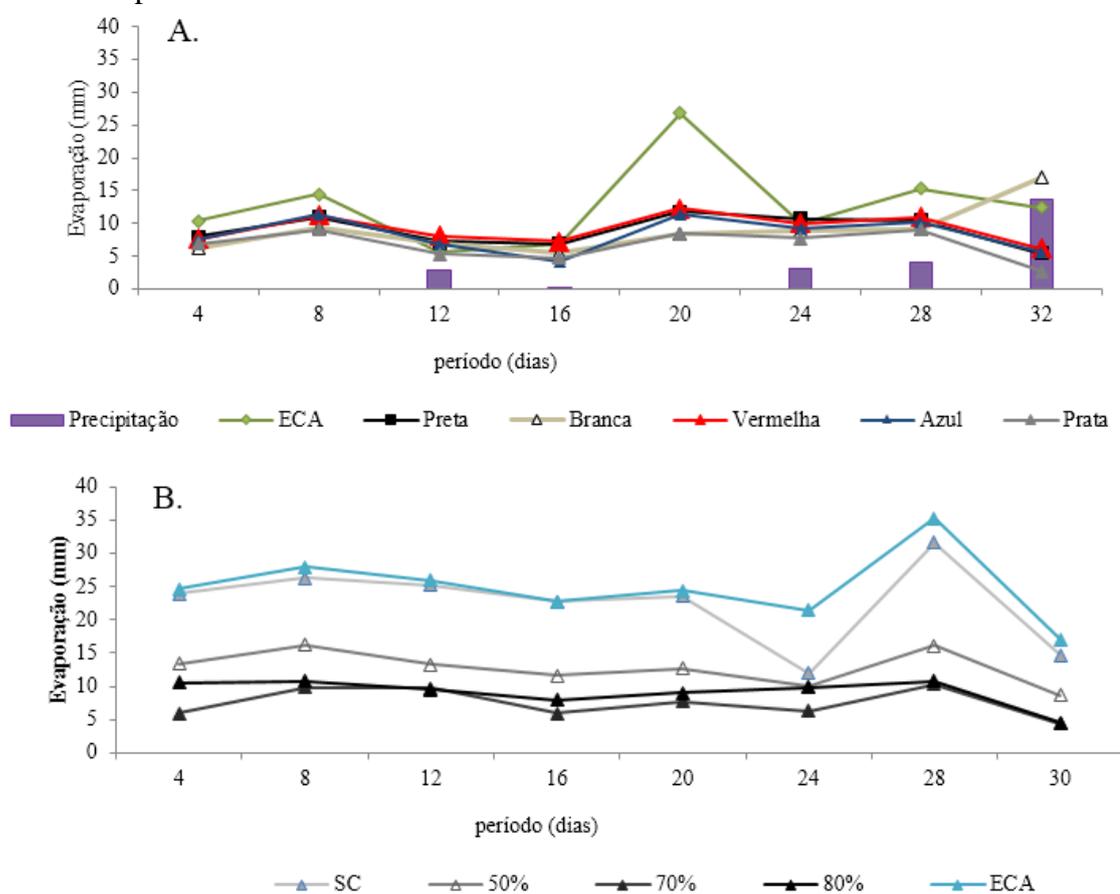
5.2 Evaporação dos diferentes reservatórios

Os maiores valores de evaporação (EV) para as telas coloridas (Figura 2A) foram observados para o período compreendido entre 18 e 21 de julho com total evaporado para o ECA de $26,8 \text{ mm}$, durante todo o período estudados as telas de cor prata ($1,7 \text{ mm dia}^{-1}$) e branca ($2,2 \text{ mm dia}^{-1}$) apresentaram os menores índices de EV dentre as telas. Para as telas de

sombreamento percentuais pretas (Figura 2B) os maiores valores de EV foram observados no período compreendido entre 28 a 31 de agosto com valores de ECA de 35,2 mm.

Dentre os tratamentos estudados a TSCP de 80% apresentou EV de 2,5 mm dia⁻¹ enquanto para SC foram observados valores de 6,4 mm dia⁻¹, obtendo-se assim uma redução de 60% do total evaporado entre os reservatórios, tal redução poderia gerar um acréscimo de água disponível para atividades como a irrigação (GALLEGO-ELVIRA et al., 2010) ou para abastecimento de residências (LEÃO et al., 2010) em regiões semiáridas do país a exemplo da economia que poderia ser gerada na realização do experimento, onde o reservatório Engenheiro Francisco Sabóia reduziria de maneira significativa a evaporação ocorrida em seu espelho d'água com redução de até 220.056 m³ dia⁻¹ de água neste período.

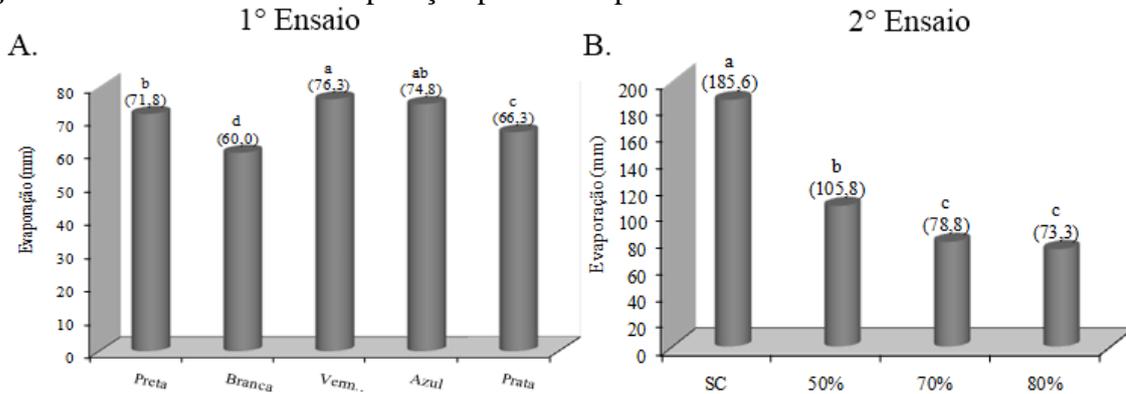
Figura 2. Evaporação das telas coloridas (A) e sombreadas (B) durante os ensaios ao longo do tempo.



Na Figura 3, encontram-se as diferenças significativas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade entre as médias da evaporação acumulada de cada ensaio. A tela branca apresenta a menor evaporação (60,0 mm), diferindo estatisticamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade das demais. Estatisticamente, as telas vermelha e azul não diferiram em relação à lâmina evaporada, apresentando os maiores valores de evaporação, variando quantitativamente de 76,3 a 74,8 mm (Figura 3A). Estes resultados diferem dos apresentados por Alvarez et al. (2006), onde estes autores observaram que as telas preta e azul obtiveram os menores valores de evaporação (70% de redução do valor evaporado), enquanto as telas branca e prata obtiveram menores eficiências, aumentando esta apenas com o uso de uma segunda camada, reduzindo a evaporação em 10%.

As telas com 70 e 80% de sombreamento apresentaram a menor taxa de evaporação acumulada, com 78,8 e 73,3 mm, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Já a tela de 50% de sombreamento obteve a maior taxa de evaporação quando comparado aos demais sombreamentos (105,5 mm) (Figura 3B). O tanque sem cobertura (SC) foi utilizado para quantificar a evaporação total, apresentando o maior valor (185,6 mm).

Figura 3. Dados médios de evaporação para os respectivos tratamentos e ensaios



*letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Considerando uma área de 4,91 m², o quantitativo de economia de água devido à evaporação para as telas coloridas preta, branca, vermelha, azul e prata foram de 113,8; 125,55; 109,3; 110,8 e 119,3 mm, respectivamente, ambas em relação à testemunha SC. Para as telas pretas com porcentagens de sombreamento de 50%, 70% e 80%, tais economias ficaram em torno de 79,8; 106,8 e 112,3 mm de água evaporada, respectivamente. O tipo de material de cobertura pode afetar diretamente a taxa de evaporação de superfícies livres de água; e que a sua eficiência pode ser determinada a partir de sua aplicação direta, sendo influenciados pelas suas características ópticas, de porosidade e rugosidade (JENSEN, 2010).

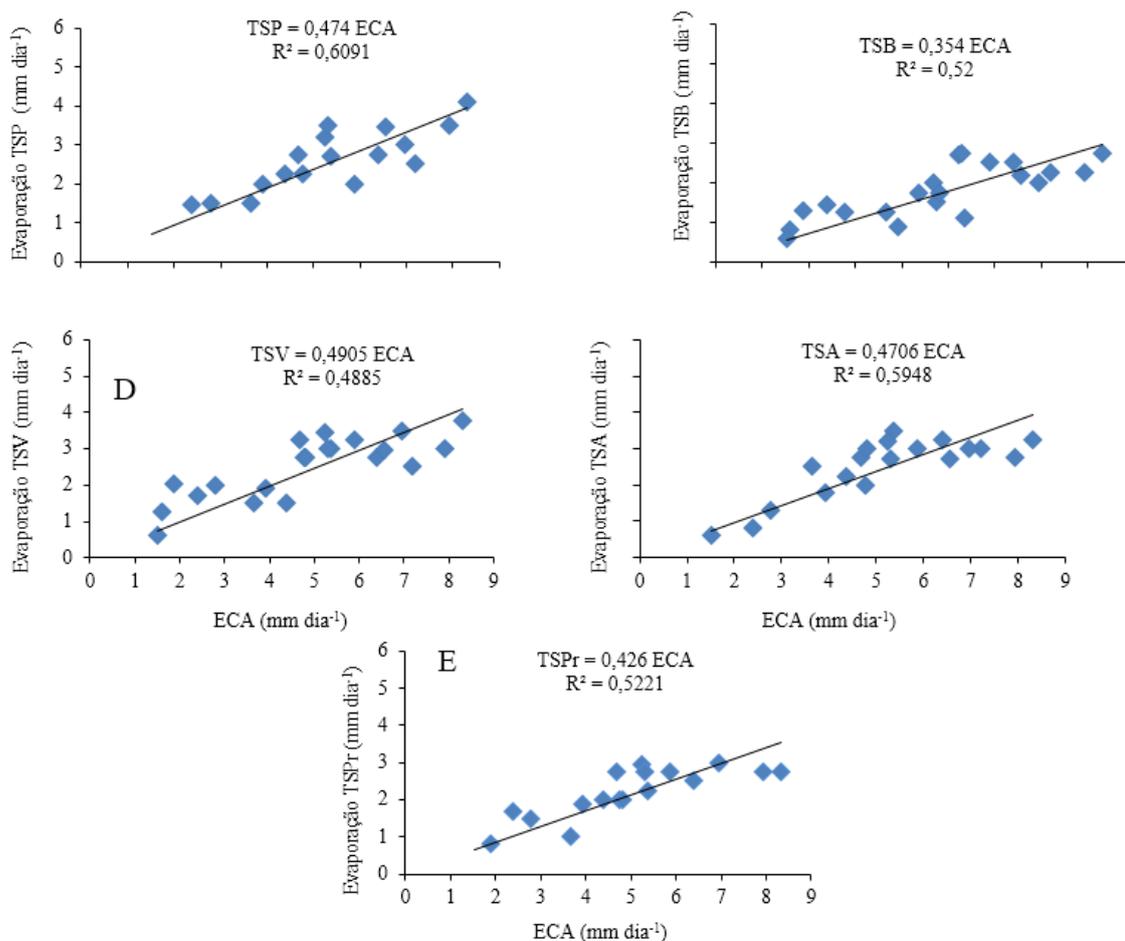
5.3 Relação entre a evaporação das telas utilizadas com o tanque Classe A

As relações lineares obtidas de evaporação diária entre os tratamentos (telas coloridas e diferentes porcentagens de sombreamento da tela preta) e o tanque Classe A encontram-se nas Figuras 4 e 5. Quando a evaporação das telas preta, branca, vermelha, azul e prata, é comparada com as leituras do tanque Classe A (ECA), observa-se uma redução substancial da evaporação, como mostra na Figura 4. Conforme se pode observar na Figura 4B, a redução da tela branca foi de 64,6% da evaporação em relação ao tanque Classe A.

Para a tela branca o sombreamento médio real foi de 40,5% (menor porcentagem de sombreamento entre as telas testadas), todavia, mesmo com a menor porcentagem de sombreamento ocorreu a maior redução da evaporação; tal fato pode ser explicado pois, a tela do cor branca apresenta a maior transmissividade 59,6% e para proporcionar o mesmo sombreamento a tela tem uma malha mais fechada, contribuindo assim como impedimento físico e consequentemente limitando o efeito do vento na transferência de massa para atmosfera. Por outro lado, a tela vermelha (Figura 4C) foi a que mais evaporou, apresentando valores de evaporação superiores a 49% quando comparado ao evaporado no tanque Classe A, representando 51% de redução da evaporação. As telas prata (Figura 4E), azul (Figura 4D) e preta (Figura 4A), apresentaram uma redução de 57,4%, 53,0% e 52,6% respectivamente, representando aproximadamente evaporação duas vezes menor que a do tanque Classe A.

Alvarez et al. (2006), ao avaliarem também o efeito da cor na redução da evaporação em tanque Classe A, observaram que para as telas prata e branca, a redução da evaporação deveu-se principalmente à redução da velocidade do vento, ou seja, para tais telas, o efeito aerodinâmico era predominante enquanto que o efeito do sombreamento era secundário; ao contrário da tela preta e azul, que além da diminuição da velocidade do vento, exibiu uma forte redução do coeficiente de transferência de massa em relação ao tanque Classe A. Assim, para estes tipos de telas, tanto o efeito aerodinâmico quanto o sombreamento foram substanciais.

Figura 4. Relação entre a evaporação média diária do tanque Classe A (ECA) e os tratamentos tela preta (A), branca (B), vermelha (C), azul (D) e prata (E)

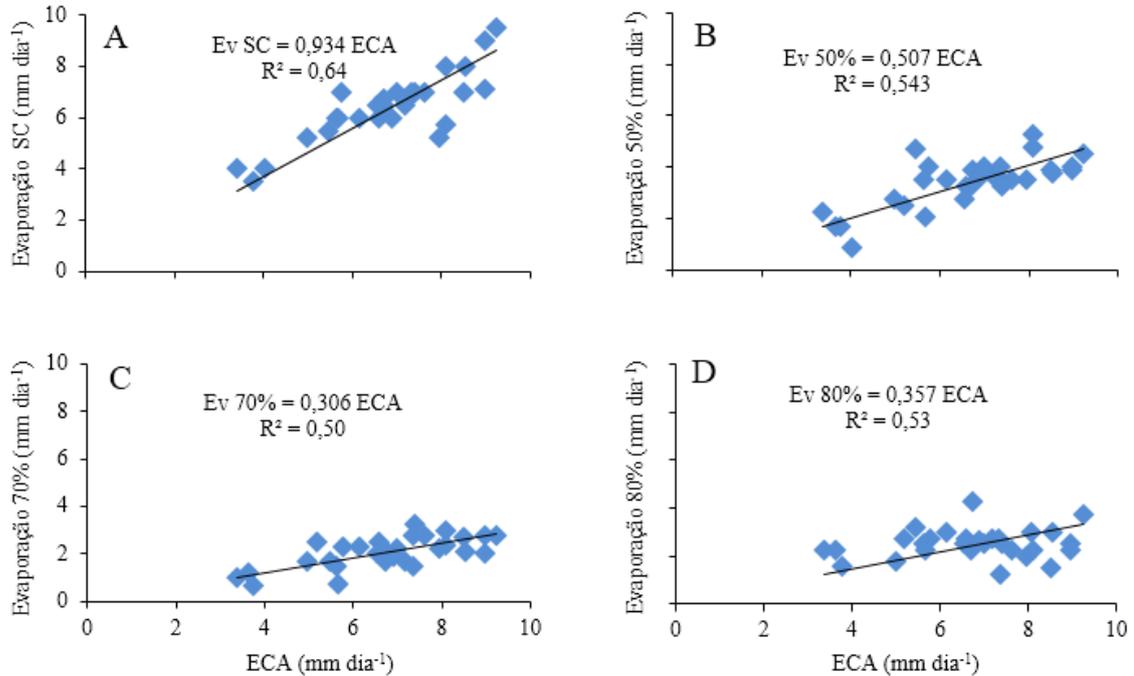


Aspectos aerodinâmicos tem ganhado destaque no fenômeno da evaporação, devido à capacidade de alterar com facilidade a concentração e densidade, principalmente na vertical, do vapor d'água da superfície evaporante (BRUTSAERT, 2010; JENSEN, 2010). Na Figura 5 relaciona-se a evaporação dos tratamentos que avaliam a percentagem de sombreamento da tela preta com a evaporação do tanque Classe A. Observando-se os valores, verifica-se uma diminuição na evaporação obtida nos tanques, em comparação com a ECA.

Sleight (1917), em pesquisa conduzindo tanques evaporimétricos de várias dimensões, observou que a evaporação é reduzida exponencialmente com o aumento da área exposta à atmosfera, provavelmente devido o vento, ao passar sobre a superfície evaporante de maiores dimensões, torna-se mais úmido, o que reduz o seu poder evaporante (ASSOULINE et al., 2011). Explicando assim, em parte a redução somente de 7% na evaporação do tanque sem

cobertura (SC) em relação ao tanque Classe A (ECA) (Figura 3A). Para a tela com 50% de sombreamento houve uma redução de 49,3% na evaporação enquanto para as telas com sombreamento de 70% e 80% as reduções foram de 69,4 e 74,3% respectivamente.

Figura 5. Relação entre a evaporação média diária do tanque Classe A (ECA) e os tratamentos sem cobertura (A), telas com 50% (B), 70% (C) e 80% (D) de sombreamento



As telas com 70 e 80% de sombreamento (Figura 5C e 5D) reduziram aproximadamente em 66% da evaporação se comparado com a ECA, sendo assim as telas que mais reduziram a evaporação, uma vez que a tela de 50% de sombreamento (Figura 5B) reduziu apenas 49%, com valores na ordem de duas vezes menores que ECA. As teorias elaboradas para o desenvolvimento da evaporação, abordam que a quantidade evaporada é diretamente proporcional à superfície exposta (ASSOULINE et al., 2010); sendo que a evaporação é maior quando existe grande corrente de ar; e ainda, a evaporação da água é maior quanto menor for a umidade relativa do ar existente previamente na atmosfera.

6 CONCLUSÕES

1. A tela na cor branca apresentou melhor desempenho na redução da evaporação (64,4% de redução), representando quantitativamente uma economia de água de 3,92 mm dia⁻¹;
2. As telas pretas com porcentagens entre 70 e 80% foram as que mais reduziram a evaporação com redução de aproximadamente 66%, representando quantitativamente uma economia de 3,65 mm dia⁻¹;
3. Em termos de volume, a redução da evaporação pode atingir uma economia, quando estimada para o reservatório Engenheiro Francisco Sabóia, de 7.038.939,3m³ utilizando tela de sombreamento na cor branca e tela preta com percentagem de sombreamento de 80%, em comparação a perda de 10.407.052,3m³ de água evaporada no mesmo período.

7 REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. M.; BAILLE, A.; MARTINEZ, J. M. M; GONZALEZ-REAL, M. M. Efficiency of shading materials in reducing evaporation from free water surfaces. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 84, n. 3, p. 229-239, 2006.
- ALAM, S.; ALSHAIKH, A. A. Use of palm fronds as shaded cover for evaporation reduction to improve water storage efficiency. **Engineering Sciences**, Riyadh, v. 25, p. 55-58, 2013.
- ALHASSOUN, S. A.; ALSHAIK, A.; ALREHAILI, A. M.; MISBAHUDDIN, M. Effectiveness of using palm fronds in reducing water evaporation. **Canadian Journal Engineering**, Ottawa, v. 38, p. 1170-1174, 2011.
- ASSOULINE, S.; NARKIS, K.; OR, D. Evaporation suppression from water reservoirs: efficiency considerations of partial covers. **Water Resources Research**, Florida, v. 47, p. 1-8, 2011.
- ASSOULINE, S.; NARKIS, K.; OR, D. Evaporation from partially covered water surfaces. **Water Resources Research**, Florida, v. 46, p. 1-12, 2010.
- BRUTSAERT, W. **Hydrology: an introduction**. New York: Cambridge University Press, 2010. 610 p.
- BURIOL, G. A.; STRECK, N. A.; PETRY, C.; SCHNEIDER, F. M. Transmissividade a Radiação Solar do Polietileno de Baixa Densidade Utilizado em Estufas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 1-4, 1995.
- TEMÓTEO, J. W. C. **Base municipal de informações das águas subterrâneas: município de Ibimirim-PE**. Recife: CPRM, 2000. 18 p. (Série Hidrogeologia. Informações Básicas, 20).
- COLOMBO, A.; FARIA, L. C.; SILVA JÚNIOR, J. J.; SANT'ANA, J. A. V.; BESKOW, S.; NÖRENBERG, B. G. Modelagem das perdas de água por evaporação e arraste de sprays de placa oscilante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 8, p. 719-726, 2015.
- FERREIRA, D. M.; CUNHA, C. Simulação numérica do comportamento térmico do reservatório do rio verde. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 83-93, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2011.
- FRENKIEL, J. **Evaporation reduction, physical and chemical principles and review of experiments**. Paris: UNESCO, 1965. 77 p. (UNESCO arid zone Research Series, 27).
- GALLEGO-ELVIRA, B.; BAILLE, A.; MARTÍN-GORRIZ, B.; MAESTRE-VALERO, J. F.; MARTÍNEZ-ALVAREZ, V. Evaluation of evaporation estimation methods for a covered

reservoir in a semi-arid climate (South-eastern Spain). **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 458, p. 59-67, 2012.

GALLEGO-ELVIRA, B.; BAILLE, A.; MARTÍN-GÓRRIZ, B.; MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, V. Energy balance and evaporation loss of an agricultural reservoir in a semi-arid climate (South-eastern Spain). **Hydrological Processes**, Oxford, v. 24, p. 758-766, 2010.

JAKIMAVICIUS, D.; KRIAUCIUNIENÈ, J.; GAILIUSIS, B.; SARAUSKIENE, D. Assessment of uncertainty in estimating the evaporation from the Curonian Lagoon. **Baltica**, Vilnius, v. 26, n. 2, p. 177-186, 2013.

JENSEN, M. E. Estimating evaporation from water surfaces. In: CSU/ARS EVAPORATION WORKSHOP, 1., 2010. **Anais...** Fort Collins: ARS, 2010. p. 1-26.

JONES, F. E. **Evaporation of water**: with emphasis on applications and measurement. Chelsea: Lewis Publishing, 1992. 200 p.

LEÃO, R. A. O.; SOARES, A. A.; TEIXEIRA, A. S.; SILVA, D. D. Estimation of evaporation in the Banabuiú dam, in the State of Ceará, Brazil, by different combined methods, derived from the Penman equation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 129-144, 2013.

MEDINA-GÓMEZ, I.; KJERFVE, B.; MARIÑO, I.; HERREIRA-SILVEIRA, J. Sources of salinity variation in a Coastal lagoon in a Karst landscape. **Estuaries and Coasts**, Tampa, v. 37, p. 1329-1342, 2014.

SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; KLAR, A. E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. **Irriga**, Botucatu, v. 19, p. 46-60, 2014.

SLEIGHT, R. B. Evaporation from the surfaces of water and river-bed materials. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v. 40, n. 3, p. 209-262, 1917.

TAGLIAFERRE, C.; OLIVEIRA, R. A.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; MATERÁN, F. J. V.; MARTINEZ, M. A. Influência da presença da bordadura e dos níveis de água na evaporação obtida em minievaporímetros. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 161-167, 2011.