

Variação do potencial osmótico do meio e seus efeitos sobre o balanço hídrico em diferentes espécies de briófitas¹

 [Cristiane Wisniewski Ribeiro](#)²,  [Rogério Antonio Krupek](#)^{2,4} e  [Juçara Bordin](#)³

Como citar: Ribeiro, C.W., Krupek, R.A., Bordin, J. Variação do potencial osmótico do meio e seus efeitos sobre o balanço hídrico em diferentes espécies de briófitas. Hoehnea 49: e482021. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-48/2021>

RESUMO – (Variação do potencial osmótico do meio e seus efeitos sobre o balanço hídrico em diferentes espécies de briófitas) A primitividade das briófitas em relação ao balanço hídrico promove respostas rápidas quando submetidas a condições de variação da disponibilidade de água em seu entorno. Tais respostas (resistência ou sensibilidade à dessecação) podem permitir sua sobrevivência em diferentes tipos de ambientes. Neste trabalho foi avaliado o efeito da variação do potencial osmótico do meio sobre o balanço hídrico de três espécies (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R.Buck, *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb.) de briófitas. Para tanto, espécimes (n=150 gametófitos) foram acondicionados em ambientes (placas de Petri) contendo diferentes concentrações osmóticas (0 MPa; -0,2 MPa; -0,4 MPa; -0,6 MPa; -0,8 MPa; -1,0 Mpa). Como esperado, observou-se um efeito negativo do potencial hídrico sobre o conteúdo de água nas três espécies avaliadas, embora cada uma com características particulares. Foram verificadas diferenças significativas entre as diferentes espécies, entre os diferentes potenciais osmóticos e ao longo do tempo. *C. filifolius* apresentou maior sensibilidade à perda de água, enquanto que *P. cernua* e *A. varium* foram mais resistentes. Características morfoestruturais de cada espécie, provavelmente, foram responsáveis por tais respostas, o que justifica, inclusive o ambiente de ocorrência das mesmas (*C. filifolius* – epífita em um ambiente altamente variável em relação a disponibilidade de água, enquanto que *P. cernua* e *A. varium* – rupícolas próximas a uma fonte de água). Assim, as respostas rápidas em relação à variação do potencial osmótico do meio fazem de *C. filifolius* uma espécie bem adaptada a condições de estresse hídrico. Palavras-chave: briófitas, dessecação, potencial hídrico

ABSTRACT – (Variation of the osmotic potential and its effects on water balance in different species of bryophytes) The primitiveness of bryophytes in relation to water balance promotes quick responses. When subjected to conditions of variation in the availability of water in their surroundings. Such responses (resistance or sensitivity to desiccation) can allow them to survive in different types of environments. In this work, the effect of varying the osmotic potential of the medium on the water balance of three species (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R.Buck, *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb.) of bryophytes was evaluated. For that, specimens (n = 150 gametophytes) were placed in environments (Petri dishes) containing different osmotic concentrations (0 MPa; -0.2 MPa; -0.4 MPa; -0.6 MPa; -0.8 MPa; -1.0 Mpa). As expected, a negative effect of water potential on the water content was observed in the three species evaluated, although each with its own characteristics. Significant differences were found between different species, between different osmotic potentials and over time. *C. filifolius* was more sensitive to water loss, while *P. cernua* and *A. varium* were more resistant. Morphostructural characteristics of each species, probably, were responsible for such responses, which justifies, including the environment of their occurrence (*C. filifolius* – epiphyte in a highly variable environment in relation to water availability, while *P. cernua* and *A. varium* – rupicolous near a water source). Thus, the rapid responses in relation to the variation of the osmotic potential of the medium make *C. filifolia* a species well adapted to water stress conditions. Keywords: bryophyte, desiccation, water potential

1. Parte do Trabalho de Conclusão de Curso da primeira Autora

2. Universidade Estadual do Paraná, Colegiado de Ciências Biológicas, Campus de União da Vitória. Praça Coronel Amazonas s/n, 84600-000 União da Vitória, PR, Brasil

3. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade Litoral Norte-Osório, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Biodiversidade, Rua Machado de Assis, 1456, 95520-000 Osório, RS, Brasil

4. Autor para correspondência: rogerio.krupek@unespar.edu.br

Introdução

As briófitas são plantas terrestres avasculares, e geralmente consideradas como as primeiras plantas terrestres, constituindo as primeiras plantas verdadeiras (Glime 2017). Muitas espécies são poiquilohídricas, apresentando um controle da perda de água pouco eficiente e muito dependente da disponibilidade hídrica do ambiente (Gradstein *et al.* 2001). Algumas espécies, entretanto, são capazes de resistir à dessecação por longos períodos, voltando ao metabolismo normal em condições ambientais adequadas (Proctor *et al.* 2007). Esta extraordinária capacidade de tolerar a dessecação pode estar relacionada a estrutura menos complexa que as briófitas apresentam em relação às plantas vasculares (Montenegro Ruiz & Melgarejo Muñoz 2012).

Este fenômeno de tolerância à dessecação, embora muito comum em células e tecidos tanto vegetativos quanto reprodutivos, está presente somente em um único grande grupo de plantas, as briófitas (Oliver *et al.* 2000). Esta capacidade deve ter exercido um importante papel no processo de colonização inicial do ambiente terrestre por parte das plantas (Leprince & Buitink 2015).

Atualmente, briófitas distribuem-se nos mais distintos ecossistemas naturais, embora ocorram muito comumente também em ambientes antropizados. Apresentam-se altamente adaptadas a estes sistemas artificiais, caracterizados por elevado estresse hídrico. As espécies utilizadas neste estudo (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck, *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb.) foram todas coletadas neste tipo de ambiente (áreas urbanizadas das cidades de Porto União – SC e União da Vitória – PR).

Em um estudo prévio, utilizando estas mesmas espécies de briófitas, Ribeiro *et al.* (2021) apontaram que, embora cada espécie apresente respostas particulares, apresentam

similaridades em relação ao balanço hídrico, com elevada capacidade de dessecação e reidratação, conforme a condição ambiental que se apresente. Neste sentido, condições como disponibilidade de água e temperatura, são fatores determinantes na sobrevivência destas plantas em condições de estresse.

Considerando que o potencial hídrico do meio consiste em um tipo de estresse ambiental, o presente estudo tem por objetivo avaliar o efeito da variação do potencial osmótico do meio sobre o balanço hídrico destas três espécies (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck, *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb.) de briófitas. Nossa hipótese inicial era que quanto menor o potencial osmótico (consequentemente menor o potencial hídrico) do meio maiores os efeitos sobre o balanço hídrico das espécies amostradas.

Material e Métodos

Área de estudos – A área de estudos compreende o perímetro urbano dos municípios de União da Vitória – PR e Porto União – SC. As duas cidades são conhecidas como gêmeas do Iguaçu fazem parte da microrregião do médio Iguaçu e apresentam características climáticas similares, quais sejam: o clima é do tipo CFB – subtropical úmido, com temperaturas médias em torno de 23,3 °C e índice pluviométrico anual de 1.380 mm. A região encontra-se a aproximadamente 752 metros acima do nível do mar (Iapar 2021).

Três espécies foram selecionadas, considerando as características morfológicas e habitat de ocorrência (figura 1).

a) *Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt. – Musgo acrocárpico, desenvolvendo-se como epífito no caule de *Cedrela fissilis*, localizado em uma praça pública (Praça

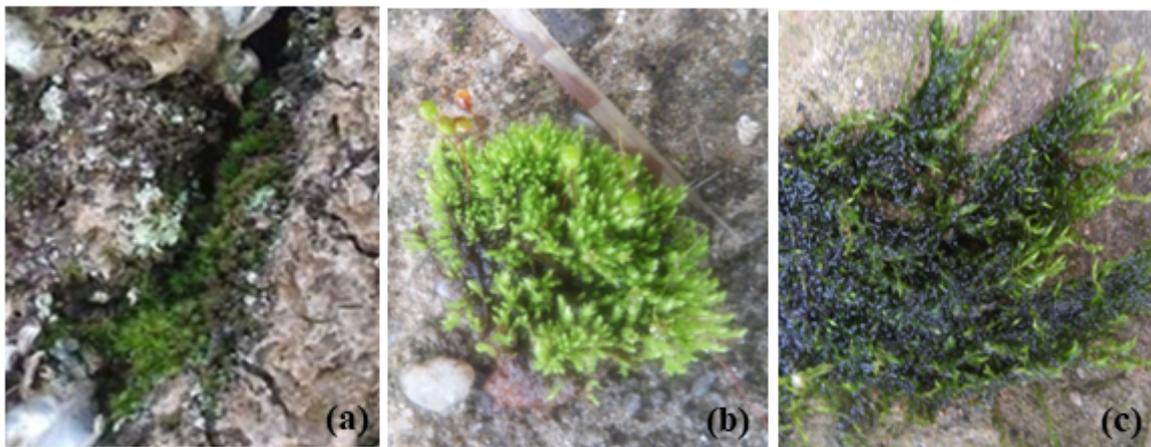


Figura 1. Espécies de briófitas utilizadas neste estudo. a. *Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt. b. *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck. c. *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb. As imagens representam as plantas ocorrendo no habitat em que foram coletadas.

Figure 1. Bryophyte species used in this study. a. *Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt. b. *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck. c. *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb. The images represent the plants occurring in the habitat in which they were collected.

Coronel Amazonas) da cidade de União da Vitória – PR, com disponibilidade hídrica dependente da condição climática, normalmente baixa.

b) *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R.Buck – Musgo acrocárpico, coletado em área urbana do município de Porto União – SC, sob muro de concreto e disponibilidade hídrica dependente da condição climática, normalmente baixa.

c) *Amblystegium varium* (Hedw.)Lindb. – Musgo pleurocárpico, ocorrendo em uma fonte pública localizada na cidade de Porto União – SC. O substrato é do tipo artificial (concreto) e a disponibilidade hídrica é elevada.

Os espécimes foram coletados manualmente com o auxílio de uma espátula, acondicionados em frascos de polietileno sob uma atmosfera saturada (alta disponibilidade hídrica) até o momento das análises. O período mantido sob essas condições foi de 24 horas, com o objetivo de obtenção da máxima pressão de turgor nas células (peso túrgido).

Avaliação do efeito do potencial osmótico sobre o conteúdo de água – foram utilizados neste experimento um total de 150 espécimes (gametófitos) de cada uma das espécies de briófitas (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R.Buck, *Amblystegium varium* (Hedw.)Lindb.). Cada um deles foi pesado, obtendo-se o peso túrgido inicial, em seguida foram dispostos em placas de Petri contendo 2,5 ml de uma solução com diferentes potenciais hídricos, compondo os seguintes tratamentos (n=25): 1) 0 MPa; 2) -0,2 MPa; 3) -0,4 MPa; 4) -0,6 MPa; 5) -0,8 MPa; 6) -1,0 MPa.

Os diferentes potenciais hídricos avaliados foram obtidos a partir de uma solução diluída de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) em água destilada a 25°C, conforme Villela *et al.* (1991). Para a obtenção dos potenciais hídricos de 0 MPa; -0,2 MPa; -0,4 MPa; -0,6 MPa; -0,8 MPa e -1,0 MPa, as soluções foram compostas, respectivamente de 0 g, 120 g, 180 g, 225 g, 260 g e 295 g de PEG 6000 por litro de água destilada.

Cada tratamento foi composto por cinco placas (cada uma forrada com duas camadas de papel filtro de 20 cm de diâmetro cada), contendo cada uma cinco espécimes (possuindo de três a cinco cm de comprimento), totalizando 25 plantas por tratamento, os quais foram dispostas e mantidas em estufa incubadora do tipo BOD sob temperatura constante de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. Durante o período de avaliação não houve reumedecimento do substrato e, periodicamente, foi realizado o rodízio das placas dentro da incubadora.

Para a avaliação do efeito do potencial hídrico nos diferentes tratamentos, um total de cinco espécimes (uma placa/tratamento) foram retirados após os seguintes períodos de tempo: 7, 14, 21, 28 e 35 dias. Cada um deles foi pesado obtendo-se o peso fresco e em seguida levado para a estufa ($\pm 60^\circ\text{C}$) durante o período de 24 horas e posteriormente pesado, obtendo-se o peso seco. O teor de água foi calculado

a partir da equação $TA = 100 * PF - PS/PF$, onde TA = teor de água, PF = peso fresco e PS = peso seco.

Todos os dados foram submetidos à estatística descritiva e após foi realizado o teste de homogeneidade. Em seguida, as diferenças no teor de água entre as datas de cada tratamento, entre os diferentes tratamentos e entre as diferentes espécies de briófitas foram avaliados através da Análise de Variância Fatorial. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico Past.

Resultados e Discussão

Os valores de peso túrgido obtidos para cada uma das espécies são apresentados comparativamente na figura 2. Considerando as características morfo-estruturais de cada espécie, as diferenças observadas são absolutamente normais e esperadas. As variações observadas refletem as diferenças de tamanho dos diferentes espécimes utilizados, haja visto que os mesmos não foram padronizados em relação ao tamanho inicial, objetivando obter valores relacionados ao teor de água no maior espectro possível (em relação a tamanho e peso) de cada uma das espécies.

Tal diferença no tamanho dos gametófitos avaliados nas diferentes espécies pode, entretanto, ser responsável por diferentes estratégias no processo de economia da água, uma vez que o tamanho do corpo interfere diretamente na relação planta/ambiente. Plantas maiores, como *Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt. podem apresentar um maior volume celular em relação a superfície, e poderiam suportar períodos de seca mais prolongados ou simplesmente manter a atividade metabólica durante maior período de tempo, através do fluxo de água entre células internas mais protegidas e células externas, mais susceptíveis à perda de água devido ao contato com o ambiente externo. Já plantas menores, com uma relação superfície/volume alta, assim como *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R.Buck e *Amblystegium varium* (Hedw.)Lindb., poderiam apresentar maior dificuldade na manutenção de um elevado potencial hídrico em suas células, uma vez que a maioria de suas células se encontra em contato com o meio e a perda de água tende a ocorrer mais facilmente. Todas estas condições, entretanto, são altamente dependentes da disponibilidade de água no ambiente entorno, o que torna a relação particular dependendo da situação. Neste sentido, reconhecer as respostas particulares destas plantas a diferentes condições de estresse hídrico, podem auxiliar no reconhecimento de estratégias de ocupação e sobrevivência destes organismos em distintos habitats.

Os valores de teor de água para cada uma das espécies obtidos nos diferentes tratamentos ao longo do tempo são apresentados na tabela 1 e figura 3.

Como esperado, o efeito negativo do potencial hídrico sobre o conteúdo de água pode ser observado de modo similar nas três espécies avaliadas. Em todas, o tratamento controle apresentou os valores mais altos de teor de água (figura 3). Considerando que os valores de porcentagem

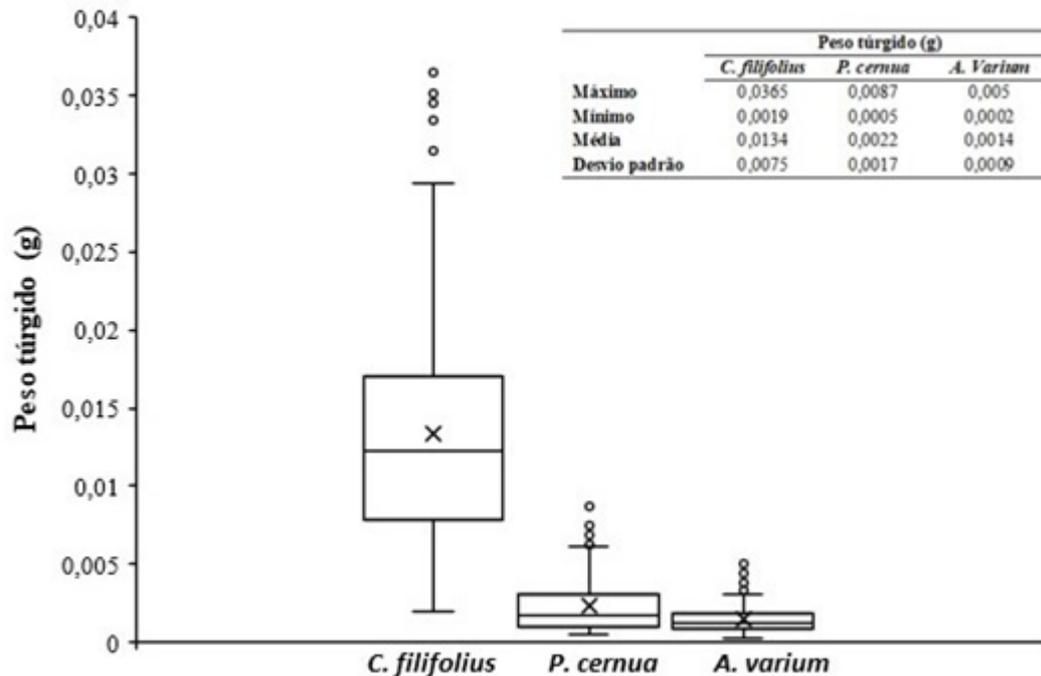


Figura 2. Variação (valores máximo, mínimo, média, mediana, 1º e 3º quartis e extremos) no peso túrgido (n = 150 por espécie) para cada uma das espécies avaliadas (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck. e *Amblystegium varium* (Hedw) Lindb.).

Figure 2. Variation (maximum, minimum, mean, median, 1st and 3rd quartiles and extremes) in turgid weight (n = 150 per species) for each of the evaluated species (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck. and *Amblystegium varium* (Hedw) Lindb.).

de água no tratamento controle esteve próximo a 100%, é provável que esta não seja uma condição naturalmente encontradas por estas espécies, já que o potencial hídrico atmosférico raramente atinge valores tão elevados e a perda de água por parte das células, pouco protegidas nas briófitas, é inevitável. Karger *et al.* (2012) afirmam que a umidade exerce um papel central na organização morfológica das plantas, bem como nas características fisiológicas e na produtividade de populações e comunidades de briófitas. Neste sentido, León Vargas *et al.* (2006) apontam regiões montanhosas de florestas tropicais nebulares na América do Sul como centros de alta diversidade e biomassa de briófitas. Tais regiões apresentam um clima úmido durante todo o ano com valores de umidade relativa próximos a 100%. Em relação a isto, e considerando suas propriedades morfo-fisiológicas, é possível que a produção fotossintética destas plantas cesse completamente com o declínio da umidade em torno de 95% (León Vargas *et al.* 2006). Considerado os dados obtidos neste estudo, é possível afirmar que o tratamento controle, diferentemente dos demais, manteve os indivíduos com uma taxa fotossintética ativa, promovendo o crescimento dos mesmos. O acréscimo em massa seca pode ser o responsável pela variação no conteúdo de água observado neste tratamento (figura 3).

Já os valores observados entre os potenciais hídricos mais negativos, de um modo geral, variaram menos, demonstrando uma certa resiliência ao estresse hídrico das espécies amostradas. Não foi observado, entretanto, uma relação direta entre perda de água e diminuição do potencial hídrico.

A espécie *Campylopus filifolius* apresentou as maiores perdas de água quando submetida a potenciais hídricos mais negativos que o tratamento controle. Glime (2017) aponta a capacidade de rápida hidratação e desidratação de células maiores e hialinas localizadas na base do filídio de algumas espécies (p.ex. espécies dos gêneros *Polytrichum* e *Syntrichia*) como responsáveis pelo movimento destes filídios mais perto (desidratação) ou longe (hidratação) do caulídio em resposta à disponibilidade de água. Considerando que *C. filifolius* apresenta características similares às descritas, como a presença de células hialinas infladas na base do filídio, tal adaptação ao estresse hídrico pode ter sido responsável pela capacidade de suporte nos primeiros sete dias de experimento, onde o teor de água apresentou as menores perdas. Com o passar do tempo, entretanto, o teor de água apresentou uma diminuição significativa (figura 3), o que pode estar associado com as características morfológicas da espécie, que apresenta o maior tamanho do corpo e

Tabela 1. Variação temporal (dias) do teor de água (Mpa) nos diferentes potenciais hídricos para cada uma das espécies avaliadas (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck. e *Amblystegium varium* (Hedw) Lindb.).

Table 1. Temporal variation (days) of water content (Mpa) in the different water potentials for each of the evaluated species (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck. e *Amblystegium varium* (Hedw) Lindb.).

Tempo (dias)	Potencial hídrico (Mpa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
<i>Campylopus filifolius</i> (Hornsch.) Mitt.						
7	97,7	81,6	82,6	78,6	78,1	73,6
14	82,6	37,6	41,7	37,4	14,4	33,3
21	99,6	31,9	32,0	26,6	52,9	54,6
28	97,9	62,8	49,5	44,4	50,9	36,9
35	93,8	24,1	32,8	26,0	29,4	33,3
<i>Philonotis cernua</i> (Wilson) Griffin & W.R. Buck						
7	97,8	63,6	77,4	81,1	75,7	64,2
14	91,5	72,2	51,8	56,7	56,7	53,3
21	86,1	65,6	65,6	75,6	57,6	50
28	93,8	57,6	76,4	71,4	61,9	59,4
35	90,6	65	64,8	68,5	55,3	57,1
<i>Amblystegium varium</i> (Hedw) Lindb.						
7	92,1	84,6	66,6	85,1	88,8	89,4
14	83,3	80	69,2	70	72,5	77,1
21	80	64,2	41,1	53,8	46	76,4
28	85,7	50	60	79,1	66,6	69,9
35	83,3	76,6	55,5	33,3	64,2	77,7

maior área de superfície dentre as espécies avaliadas, fatores estes que contribuem com a desidratação temporal frente às condições hídricas estressantes do ambiente experimental.

Dentre as espécies avaliadas, *Philonotis cernua* foi a que apresentou menor variação no conteúdo de água entre os tratamentos com estresse hídrico (figura 3). Foi também a espécie que apresentou as menores perdas de água (>50% de teor de água). Tal resultado revela uma maior resistência ao estresse hídrico, o que pode estar diretamente relacionado com o tamanho dos indivíduos. Os gametófitos de *P. cernua* são acrocárpicos e de tamanho reduzido (menor que 1 cm). Larson (1981) apontou a relação área de superfície/massa como um dos fatores mais importantes no processo de hidratação celular em musgos. Ou seja, organismos com pequena área de superfície em relação ao volume, assim como *P. cernua*, tendem a perder menores quantidades de água. Tal fato foi percebido nos resultados obtidos, onde uma perda inicial significativa (entre 20 a 40% aproximadamente) ocorreu logo nos primeiros sete dias, provavelmente devido a perda de água da porção superficial do corpo que se encontrava em contato com o meio externo. Após este período, entretanto, a diminuição no teor de água foi

menor e relativamente constante até o final do experimento (35 dias). Em adição, *P. cernua* foi a espécie que melhor respondeu a influência do potencial hídrico (figura 3), com maiores perdas de água quanto menor o potencial hídrico do ambiente.

De um modo geral, *Amblystegium varium* apresentou tanto menor diferença entre o tratamento controle e os demais tratamentos quanto maior tempo de resistência à dessecação (mais notável após 21 dias – figura 3). Estes resultados podem expressar uma possível condição de aclimatação mais tardia ao ambiente ou mesmo uma maior resistência à dessecação. Alguns estudos (Frahm, 1994, Norris 1990, Zotz *et al.* 1997) mostram que espécies pleurocárpicas, assim como *A. varium*, são bem adaptados para suportar a dessecação. Algumas espécies epífitas, como as do gênero *Weymouthia* por exemplo, mostram substancial tolerância à dessecação, podendo armazenar quantidades significativas de água nos espaços extracelulares do filídio (Proctor 2002, 2004).

A análise de variância fatorial revelou diferenças significativas para os seguintes parâmetros: espécies (F = 7,05; p<0,01), tratamentos (F = 8,50; p<0,001) e dias (F = 4,89; p<0,01) (figura 4).

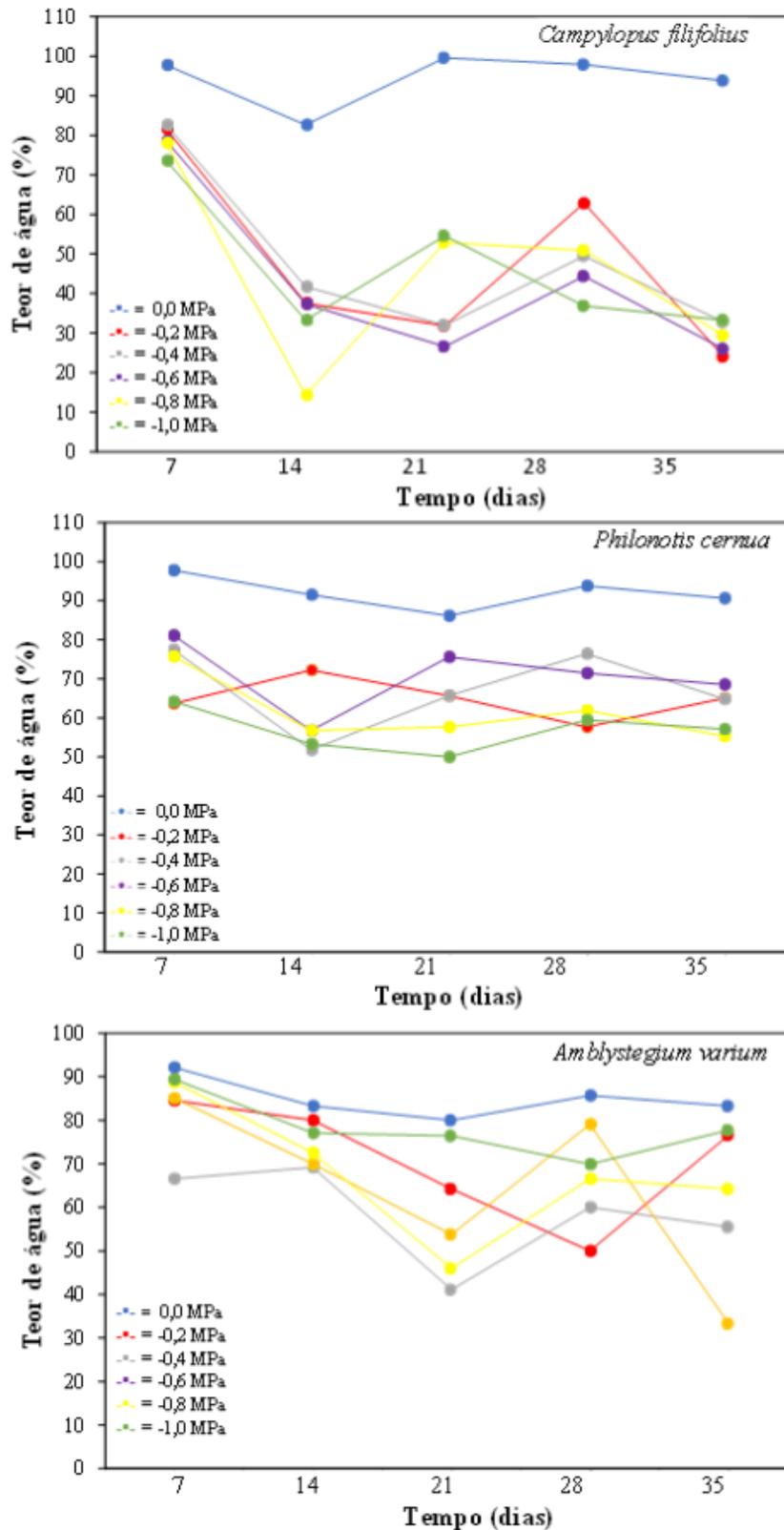


Figura 3. Variação temporal do teor de água nos diferentes potenciais hídricos para cada uma das espécies avaliadas (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck. e *Amblystegium varium* (Hedw) Lindb.).

Figure 3. Temporal variation of the water content in the different water potentials for each of the evaluated species (*Campylopus filifolius* (Hornsch.) Mitt., *Philonotis cernua* (Wilson) Griffin & W.R. Buck. e *Amblystegium varium* (Hedw) Lindb.).

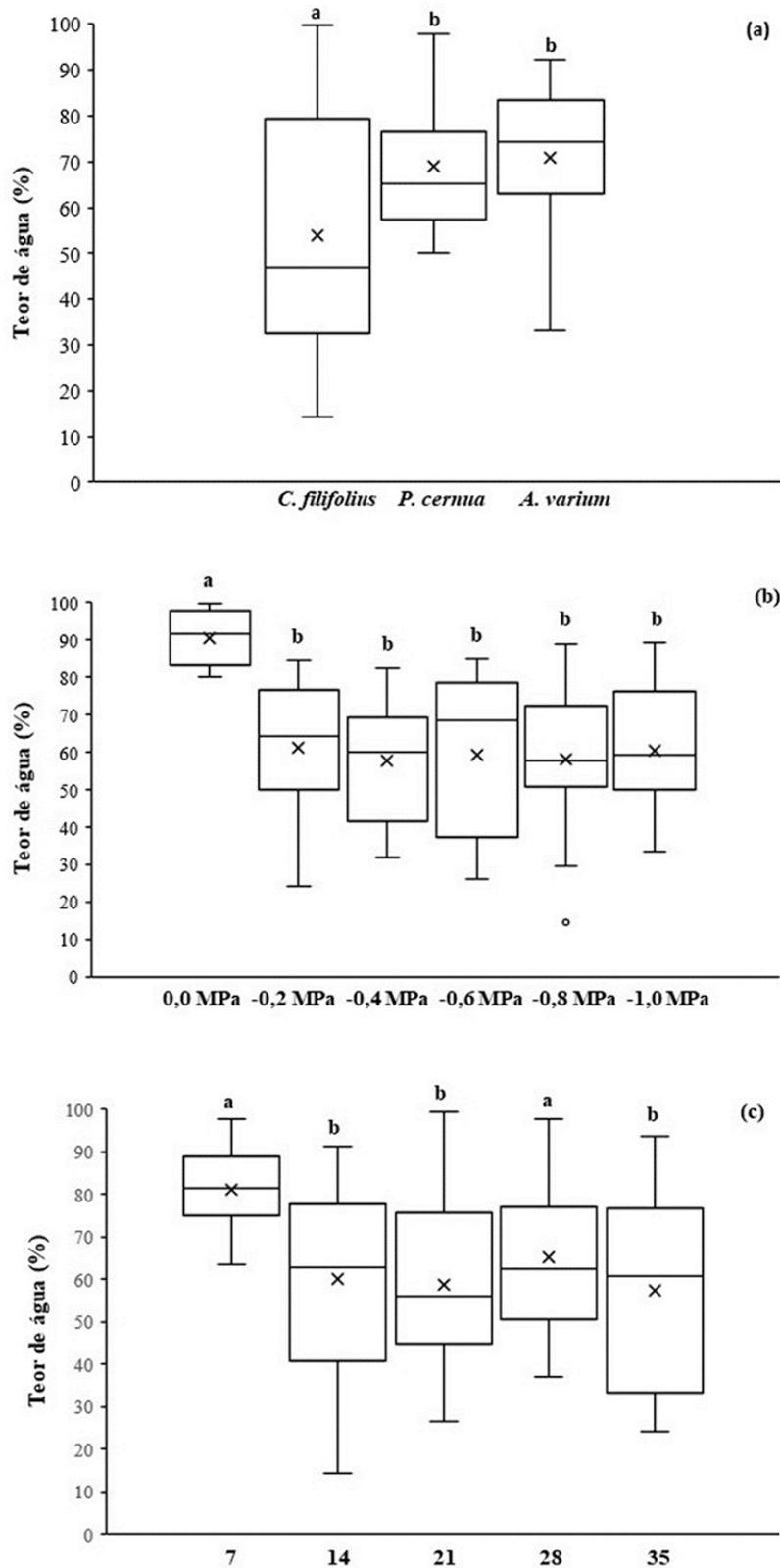


Figura 4. Diferenças no teor de água entre: a. as diferentes espécies avaliadas. b. os diferentes tratamentos. c. ao longo do tempo avaliado. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os parâmetros (conforme teste de Tukey).

Figure 4. Differences in water content between: a. the different species evaluated. b. the different treatments. c. over the time evaluated. Different letters indicate significant differences between parameters (according to Tukey's test).

Comparativamente, a porcentagem no teor de água presente nas espécies avaliadas, mostrou diferença significativa apenas para a espécie *Campylopus filifolius* que apresentou valor médio ($x = 53,9\%$) menor que aquele obtido para *Philonotis cernua* ($x=68,8\%$) e *Amblystegium varium* ($x=70,7\%$) que mostraram valores estatisticamente similares (figura 4 a). Embora os valores nominais (máximo e mínimo) obtidos para as três espécies tenham se aproximado, o valor médio observado para *C. filifolius* ficou bem abaixo, o que pode demonstrar uma menor capacidade de retenção de água em condições de estresse hídrico. Ribeiro *et al.* (2021) encontraram resultados similares para estas três espécies, sendo que *C. filifolius* também apresentou maiores perdas de água em períodos de menor disponibilidade hídrica. Tal condição pode estar relacionada a uma estratégia biológica em resposta a eventos de dessecação (Stark 2017). Plantas que estão sujeitas a um processo de dessecação rápido, como habitats de rochas, árvores ou alta disponibilidade luminosa (como no caso de *C. filifolius* – encontrada ocorrendo como cortícola em ambiente urbano) devem possuir maior capacidade de sobrevivência ou maior tolerância a altas taxas de dessecação (Stark 2017). Da mesma forma que ocorre a perda de água, estas plantas podem absorver rapidamente quando o ambiente apresenta condições hídricas adequadas.

Philonotis cernua e *Amblystegium varium* apresentaram maior capacidade de retenção de água, possivelmente devido a uma estratégia distinta em relação à dessecação. É possível que estas espécies possuam algum tipo de proteção celular, como por exemplo a manutenção de valores constantes de açúcares dentro da célula (Bewley *et al.* 1978, Smirnoff 1992) ou a maior capacidade de resistência da membrana celular durante eventos de dessecação (Wu *et al.* 2012, Pressel *et al.* 2009, Proctor *et al.* 2007). Importante ressaltar que, embora as briófitas como grupo sejam apontadas como resistentes ao estresse hídrico, e que esta característica esteja relacionada com estruturas celulares, são poucos os estudos realizados neste sentido, sendo estes baseados nas respostas de poucas espécies (Stark 2017, Charron & Quatrano 2009).

Com relação aos diferentes potenciais osmóticos avaliados, o tratamento controle apresentou diferença significativa em relação aos outros tratamentos, mostrando valores de teor de água mais elevados. Todos os demais tratamentos apresentaram-se estatisticamente similares (figura 4 b). Qualquer diminuição do potencial osmótico gera conseqüentemente uma diminuição da disponibilidade hídrica do ambiente, neste sentido o resultado obtido é perfeitamente coerente, além disso, confirma a dificuldade de retenção de água por parte das briófitas avaliadas frente às condições hídricas do ambiente.

Em condições hídricas ótimas (controle) o valor médio de conteúdo de água foi superior a 90%, enquanto que nos tratamentos envolvendo alguma alteração no potencial osmótico este valor esteve entre 57,8 e 61,1% (figura 4 b). Considerando que estas plantas não possuem estômatos em

seus filídeos e assim são incapazes de oferecer um controle a perda de água ao longo de toda a superfície (Atala 2011), as diferenças obtidas podem ser uma resposta em relação ao equilíbrio osmótico entre planta e ambiente. A ausência de diferenças entre os potenciais osmóticos avaliados (entre -0,2 até -1,0 Mpa) pode assim representar seu novo status hídrico já balanceado com o potencial hídrico do ambiente (Proctor *et al.* 1998). Tal mecanismo pode envolver grandes quantidades de soluto (p.ex. açúcares e proteínas), os quais são capazes de manter a estabilidade celular durante o evento de dessecação (Oliver *et al.* 1998). Considerando ainda os valores de potenciais osmóticos avaliados, a capacidade de relativo suporte hídrico (em torno de 60%) pode ser considerado coerente, uma vez que as briófitas como um todo possuem tal característica de tolerância à desidratação, sendo que algumas espécies (p.ex. *Tortula ruralisque*) podem sobreviver em ambientes cujo potencial hídrico aproxime-se de -150 Mpa (Montenegro Ruiz & Melgarejo Muñoz 2012), muito acima dos valores utilizados neste estudo.

Ao longo do tempo foram verificadas similaridades estatísticas entre as datas de 7 e 28 dias após a avaliação. Da mesma forma, as datas 14, 21 e 35 dias também mostraram similaridades com relação ao teor de água (figura 4 c), sendo que para o segundo grupo foram obtidos os menores valores médios. Embora tenha sido observado um aumento após 28 dias de experimento, o que se percebe é uma certa aclimação em relação às condições ambientais avaliadas. Essa aparente plasticidade fenotípica induzida pelo ambiente pode estar relacionada ao grau de resposta em relação ao potencial osmótico (Miner *et al.* 2005). Segundo Stark (2017) eventos relacionados à hidratação/reidratação incluem o tempo como um dos principais fatores envolvidos na aclimação em briófitas, sendo que estas podem ganhar ou perder a capacidade de resistir a dessecação dependendo dos estímulos ambientais presentes. Assim, condições particulares dentro dos tratamentos e/ou réplicas podem ter influenciado nos resultados observados.

Contribuição dos autores

Cristiane Wisniewski Ribeiro: contribuição no designe do estudo, nos trabalhos laboratoriais e análise e interpretação dos dados.

Rogério Antonio Krupek: contribuição no designe do estudo, nos trabalhos laboratoriais, na análise e interpretação dos dados e preparo do manuscrito.

Juçara Bordin: contribuição na identificação das espécies, na interpretação dos dados e preparo do manuscrito.

Conflito de interesses

Não há conflito de interesses.

Literatura citada

- Atala, C.** 2011. Water transport and gas exchange in the nonvascular plant *Dendrologotrichum dendroides* (Brid. ex Hedw.) Broth. (Polytrichaceae, Bryophyta). *Gayana Botánica* 68(1): 89-92.
- Bewley, J.D., Halmer, P., Krochko, J.E. & Winner, W.E.** 1978. Metabolism of a drought-tolerant and a drought-sensitive moss: respiration, ATP synthesis and carbohydrate status. *In*: J.H. Crowe & J.S. Clegg (eds.), *Dry biological systems*, Academic Press, New York, pp. 185-203.
- Charron, A.J. & Quatrano, R.S.** 2009. Between a rock and a dry place: the water-stressed moss. *Molecular Plant* 3: 478-486.
- Frahm, J.P.** 1994. Scientific results of the BRYOTROP expedition to Zaire and Rwanda. 1. The ecology of epiphytic bryophytes on Mt. Kahuzi (Zaire). *Tropical Bryology* 9: 137-152.
- Glime, J.M.** 2017. *Bryophyte Ecology Ebook v.1*. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Gradstein, S.R., Churchill, S.P. & Salazar-Allen, N.** 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 86: 1-577.
- Instituto Agronômico do Paraná.** 2000. Monitoramento Agroclimático do Paraná. Disponível em <https://www.idrparana.pr.gov.br> (acesso em 03-V-2021).
- Karger, D.N., Kluge, J., Abrahamczyk, S., Salazar, L., Homeier, J., Lehnert, M., Amoroso, V.B. & Kessler, M.** 2012. Bryophyte cover on trees as proxy for air humidity in the tropic. *Ecological Indicators* 20: 277-281.
- Larson, D.W.** 1981. Differential wetting in some lichens and mosses: the role of morphology. *The Bryologist* 84: 1-15.
- Leprince, O. & Buitink, J.** 2015. Introduction to desiccation biology: from old borders to new frontiers. *Planta* 242: 369-378.
- Leon-Vargas, Y., Engwald, S. & Proctor, M.C.F.** 2006. Microclimate, light adaptation and desiccation tolerance of epiphytic bryophytes in two Venezuelan cloud forest. *Journal of Biogeography* 33: 901-913.
- Montenegro Ruiz, L.C. & Melgarejo Muñoz, L.M.** 2012. Variación del contenido de azúcares totales y azúcares reductores en el musgo *Pleurozium schreberi* (Hylocomiaceae) bajo condiciones de déficit hídrico. *Acta Biológica Colombiana* 17: 599-610.
- Norris, D.H.** 1990. Bryophytes in perennially moist forests of Papua New Guinea: Ecological orientation and predictions of disturbance effects. *Botanical Journal of the Linnean Society* 104: 281-291.
- Oliver, M.J., Tuba, Z. & Mishler, B.D.** 2000. The evolution of vegetative desiccation tolerance in land plants. *Plant Ecology* 151: 85-100.
- Oliver, M. J., Wood, A.J. & O'Mahony, P.** 1998. "To dryness and beyond" – preparation for the dried state and rehydration in vegetative desiccation-tolerant plants. *Plant Growth Regulation* 24: 193-201.
- Pressel, S., Duckett, J.G., Ligrone, R. & Proctor, M.C.F.** 2009. Effects of de- and rehydration in desiccation-tolerant liverworts: a cytological and physiological study. *International Journal of Plant Sciences* 170: 182-199.
- Proctor, M.C.F.** 2004. How long must a desiccation-tolerant moss tolerate desiccation? Some results of 2 years' data logging on *Grimmia pulvinata*. *Physiologia Plantarum* 122: 21-27.
- Proctor, M.C.F., Ligrone, R. & Duckett, J.G.** 2007. Desiccation tolerance in the moss *Polytrichum formosum*: physiological and fine-structural changes during desiccation and recovery. *Annals of Botany* 99: 75-93.
- Proctor, M.C.F. & Pence, V.C.** 2002. Vegetative tissues: bryophytes, vascular 'resurrection plants' and vegetative propagules. *In*: H. Pritchard & M. Black (eds.), *Desiccation and plant survival*. CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 207-237.
- Proctor, M.C.F., Nagy, Z., Csintalan, Z. & Takács, Z.** 1998. Water-content components in bryophytes: Analysis of pressure-volume curves. *Journal of Experimental Botany* 49: 1845-1854.
- Ribeiro, C.W., Krupek, R.A. & Bordin, J.** 2021. Balanço hídrico e efeito sazonal da temperatura sobre o conteúdo de água em diferentes espécies de briófitas. *Pesquisas Botânica* 75: 349-363.
- Smirnov, N.** 1992. The carbohydrates of bryophytes in relation to desiccation tolerance. *Journal of Bryology* 17: 185-191.
- Stark, L.R.** 2017. Ecology of desiccation tolerance in bryophytes: A conceptual framework and methodology. *The Bryologist* 120:130-165.
- Wu, N., Zhang, Y.M., Downing, A., Zhang, J. & Yang, C.H.** 2012. Membrane stability of the desert moss *Syntrichia caninervis* Mitt. during desiccation and rehydration. *Journal of Bryology* 34: 1-8.
- Zotz, G., Budel, B., Meyer, A., Zellner, H. & Lange, O.L.** 1997. Water relations and CO₂ exchange of tropical bryophytes in a lower montane rain forest in Panama. *Botanica Acta* 110: 9-17.

Editor Associado: Anna Luiza Ilkiu-Borges

Submissão: 01/06/2021

Aceito: 23/05/2022

