



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



GIOVANI JANOTTI BATISTELA

**Soluções nutritivas na fertirrigação de *Phalaenopsis*
utilizando o sistema de cultivo 'Nutripool'**

ARARAS -SP
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Curso de Engenharia Agrônômica

GIOVANI JANOTTI BATISTELA

Soluções nutritivas na fertirrigação de *Phalaenopsis* utilizando o sistema de cultivo 'Nutripool'

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônômica – CCA – UFSCar para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlos Cardoso

Araras-SP
2024

Batistela, Giovani Janotti

Soluções nutritivas na fertirrigação de Phalaenopsis
utilizando o sistema de cultivo 'Nutripool' / Giovani Janotti
Batistela -- 2024. 61f.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de São Carlos, campus
Araras, Araras

Orientador (a): Jean Carlos Cardoso

Banca Examinadora: Eduardo Dal'Ava Mariano, Willian Naves Duarte

Bibliografia

1. Phalaenopsis. 2. Fertirrigação. 3. Sustentabilidade. I. Batistela,
Giovani Janotti. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8 7083

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela minha vida e por tudo de bom que há nela.

À minha família, pelo amor, apoio e incentivo durante toda a minha vida e graduação.

Ao meu orientador, professor Dr. Jean Carlos Cardoso, por todos os ensinamentos, paciência e oportunidades que me ofereceu.

A todos os membros do Laboratório de Fisiologia e Cultura de Tecidos, pelo apoio nos trabalhos, profissionalismo e empenho nas atividades.

Às pessoas com quem dividi e prestigiei a minha graduação, em especial: Victor Fernandes, Luiz Cellere, Gianluca Aggio, Antonio Mesaque, Lucas Tangerina, Gabriel Pismel, Pedro Zito, Guilherme Liani, Enzo Pressato e Amanda Cella.

À República Galo Bravo, que me trouxe vivências e aprendizados para a minha formação e para toda a minha vida.

A todos os meus professores, que, durante a minha graduação, me proporcionaram diversos ensinamentos, histórias e experiências.

À Universidade Federal de São Carlos, por toda a infraestrutura e o aparato necessários para a minha formação profissional.

A todos que, de alguma forma, me apoiaram e me proporcionaram crescimento pessoal e profissional.

Um muito obrigado a todos.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

Phalaenopsis é o principal gênero cultivado para a produção de flores em vaso no Brasil, com um mercado em plena expansão que busca soluções tecnológicas inovadoras para aliar produtividade e sustentabilidade. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade do sistema de fertirrigação estacionário denominado Nutripool, como uma alternativa mais sustentável para a produção de *Phalaenopsis* em vaso, analisando o desenvolvimento das plantas e identificando a composição da solução nutritiva mais adequada. O experimento foi conduzido com oito tratamentos, sendo seis no sistema Nutripool, os quais foram estruturados em três soluções nutritivas submetidas a dois níveis de CE distintos ($1,2 \text{ mS.cm}^{-1}$ e $1,0 \text{ mS.cm}^{-1}$), organizados em um esquema fatorial 3×2 . Além disso, incluiu-se um tratamento adicional com fertilizante de liberação controlada e um tratamento controle com fertirrigação localizada convencional. Foram avaliados parâmetros de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, bem como indicadores fisiológicos das plantas em cada tratamento. Ademais, analisou-se as interações das soluções nutritivas no sistema, considerando medições de CE, pH e consumo do volume de solução. Os resultados evidenciaram que todos os tratamentos promoveram um desenvolvimento vegetativo semelhante das plantas de *Phalaenopsis*. Em relação aos teores de clorofila *a* e *b*, a solução PP apresentou valores significativamente superiores à solução S4, enquanto a solução AC não diferiu estatisticamente das demais. Na análise de fluorescência da clorofila *a*, não foi observada redução na eficiência do fotossistema II nos tratamentos avaliados. Com relação ao florescimento, os tratamentos PP 1,0, AC 1,2, AC 1,0, S4 1,2 e FLC apresentaram os melhores desempenhos, equiparando-se ao tratamento controle (FC). Nas análises de interação da solução nutritiva, constatou-se que o sistema *Nutripool* promoveu um aumento da CE e uma acidificação do volume de solução nutritiva depositado, influenciado tanto pela fisiologia da planta quanto pela natureza dos fertilizantes utilizados. Ademais, o sistema demonstrou eficiência na redução do consumo de água e fertilizantes, apresentando uma economia média de 58,33% no volume de solução nutritiva consumido em comparação à irrigação por microaspersão, sistema amplamente utilizado na produção comercial de *Phalaenopsis*. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o sistema Nutripool apresenta grande potencial como alternativa à fertirrigação utilizada comercialmente, proporcionando um desempenho equivalente

no desenvolvimento das plantas e promovendo uma significativa redução no consumo de água e fertilizantes. Concluiu-se também que, entre as soluções nutritivas avaliadas, a solução do tratamento AC 1,0 foi a que apresentou os melhores resultados, exibindo o mesmo desempenho do tratamento controle aliado a um menor consumo de fertilizantes em comparação aos demais. Dessa forma, a adoção do sistema Nutripool revela-se uma estratégia promissora para uma produção mais sustentável de *Phalaenopsis*, conciliando eficiência agrônômica e sustentabilidade.

Palavras chave: *Phalaenopsis*, orquídeas, fertirrigação, sistema de cultivo, sustentabilidade.

ABSTRACT

Phalaenopsis is the main genus cultivated for potted flower production in Brazil, within a rapidly expanding market that seeks technological solutions to enhance both productivity and sustainability. In this context, the present study aimed to evaluate the feasibility of the stationary fertigation system known as Nutripool as a more sustainable alternative for *Phalaenopsis* production in pots, analyzing plant development and identifying the most suitable nutrient solution composition. The experiment included eight treatments, six of which were in the Nutripool system, structured in three nutrient solutions subjected to two different electrical conductivity (EC) levels ($1.2 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ and $1.0 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$), arranged in a 3×2 factorial scheme. Additionally, an extra treatment with controlled-release fertilizer and a control treatment with conventional localized fertigation were included. Vegetative and reproductive development parameters, as well as physiological indicators of the plants in each treatment, were evaluated. Furthermore, the interactions of nutrient solutions within the system were analyzed, considering EC, pH measurements, and solution consumption. The results showed that all treatments promoted similar vegetative development in *Phalaenopsis* plants. Regarding chlorophyll *a* and *b* content, the PP solution exhibited significantly higher values than the S4 solution, whereas the AC solution did not differ statistically from the others. In the analysis of chlorophyll *a* fluorescence, no reduction in photosystem II efficiency was observed in the evaluated treatments. Concerning flowering, the treatments PP 1.0, AC 1.2, AC 1.0, S4 1.2, and FLC showed the best performances, comparable to the control treatment (FC). In the nutrient solution interaction analysis, it was observed that the Nutripool system led to an increase in EC and acidification of the deposited nutrient solution volume, influenced both by plant physiology and the nature of the fertilizers used. Additionally, the system proved efficient in reducing water and fertilizer consumption, with an average reduction of 58.33% in the volume of nutrient solution consumed compared to micro-sprinkler irrigation, which is widely used in commercial *Phalaenopsis* production. Based on the results obtained, it is concluded that the Nutripool system has great potential as an alternative to commercial micro-sprinkler fertigation, providing equivalent plant development performance while significantly reducing water and fertilizer consumption. It was also concluded that among the evaluated nutrient solutions, the AC 1.0 treatment solution exhibited the best results, showing the same performance as the control treatment while using fewer

fertilizers compared to the others. Thus, the adoption of the Nutripool system emerges as a promising strategy for more sustainable *Phalaenopsis* production, combining agronomic efficiency with environmental sustainability.

Keywords: *Phalaenopsis, orchids, fertigation, cultivation system, sustainability.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 Família Orchidaceae	4
2.2 Morfologia geral da Família Orchidaceae	5
2.2.1. Raízes.....	5
2.2.2 Caule	5
2.2.3 Folhas	5
2.2.4 Flores.....	6
2.3 Cultivo do gênero <i>Phalaenopsis</i>	6
2.3.1 Mercado.....	7
2.3.2 Temperatura e luminosidade	7
2.3.3 Irrigação e Adubação.....	7
2.3.4 Substrato	8
2.4 Esfagno como substrato	8
2.5 Irrigação por capilaridade.....	9
2.6 Desafios do consumo de água e fertilizantes na agricultura	10
3 OBJETIVOS	12
4 METODOLOGIA.....	13
4.1 Material Vegetal	13
4.2 Instalação e estabelecimento do experimento	13
4.3 Sistema de fertirrigação Nutripool.....	13
4.4 Delineamento Experimental	14
4.5 Tratamentos.....	15
4.6 Avaliações.....	17
4.6.1 Avaliação da interação substrato e dreno	17
4.6.2 Avaliações biométricas	18
4.6.3 Avaliação do teor de clorofila.....	18
4.6.4 Avaliação da condutância estomática e fluorescência da clorofila a	18
4.6.5 Análise foliar	19
4.7 Análises estatísticas.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5.1 Análise do desenvolvimento das <i>Phalaenopsis</i>	20

5.1.1	Análise biométrica do desenvolvimento vegetativo	20
5.1.2	Análise do teor de clorofila a e b.....	23
5.1.3	Avaliação da fluorescência da clorofila a e condutância estomática	25
5.1.4	Análise biométrica do florescimento	28
5.2	Avaliações da interação da solução nutritiva	33
5.2.1	Interação sem planta	33
5.2.2	Análise da condutividade elétrica (CE)	34
5.2.3	Análise do pH	36
5.2.4	Análise do volume de solução nutritiva consumida	38
5.3	Análise foliar.....	40
5.4	Análise visual	41
6	CONCLUSÕES	45
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o segmento da produção de flores é caracterizado por investimentos intensivos e alta demanda por mão de obra, empregando cerca de 3,8 trabalhadores por hectare. Desde a produção até a comercialização são cerca de 800.000 empregos indiretos e 272.000 empregos diretos (1,17% dos empregos do agronegócio brasileiro), sendo 50% dos empregos dentro das propriedades, 40% no varejo, 4% na distribuição e o restante em atividades complementares. Nas propriedades produtoras apenas 20% da mão de obra é familiar, onde cerca de 48% da mão de obra é composta por mulheres, sendo o setor agropecuário que mais emprega mulheres no país (Ibraflor, 2024).

A área de produção brasileira destinada à floricultura corresponde a 15.600 hectares, sendo 8% da produção mundial. São cerca de 680 empresas atacadistas e mais de 25.000 postos de venda em todo o país. O mercado nacional absorve a grande maioria da produção correspondendo a 97,5% do mercado consumidor. O PIB do setor de ornamentais brasileiro se aproxima de 20 bilhões de reais com um crescimento médio de 12% nos últimos 7 anos, dentro deste setor, o segmento da floricultura corresponde a 17% do PIB, cerca de 3,4 bilhões de reais. O número de produtores brasileiros é cerca de 8.300, sendo o tamanho médio das áreas produtoras de 1,88 hectares, demonstrando outra característica da floricultura brasileira, a de grande parcela de pequenos produtores (Ibraflor, 2024). A atividade da floricultura nacional não é homogênea, existindo grandes disparidades nos sistemas tecnológicos de produção de acordo com as macrorregiões produtoras, também há disparidades quanto ao segmento, condições climáticas, nível socioeconômico dos produtores e potencialidades do mercado (Junqueira e Peetz, 2018).

O mercado de plantas ornamentais no Brasil é também caracterizado pela alta elasticidade de consumo, ou seja, a demanda varia muito de acordo com a renda do consumidor e o mercado sofre influência direta de oscilações econômicas no país. Além disso, por se tratar de um país de escalas continentais, observa-se elevada diferença na demanda dos Estados brasileiros, sendo São Paulo responsável por 40% do consumo de flores do país (Júnior et. al., 2018).

A oferta de produtos padronizados e de melhor qualidade causa influência na homogeneização dos hábitos de consumo brasileiro, sendo a gama de produtos quase indistinguível em todo o país, além disso as “espécies exóticas “ são as mais produzidas no país, tais como as orquídeas do gênero *Phalaenopsis*, levando a uma

dependência da importação de cultivares (Costa, et al., 2015). Somente este gênero apresenta uma produção nacional anual que ultrapassa 7 milhões de exemplares, sendo o cultivo realizado por mais de 50 produtores, dos quais a maioria se encontra no Estado de São Paulo (Takane, Yanagisawa e Pivetta, 2010).

Mesmo nos polos mais avançados da floricultura, o desafio tecnológico se impõe, exigindo investimentos em inovação para assegurar a competitividade do segmento. A irrigação surge como um dos aspectos principais quando se busca competitividade em uma produção mais sustentável. Tanto no Brasil como no mundo existe uma pressão em todos os segmentos da agricultura por soluções tecnológicas que permitam a redução do consumo de insumos e dentre eles destaca-se o consumo de água. Na horticultura ornamental nacional, o mesmo é observado, pois as propriedades visam sistemas produtivos cada vez mais eficientes com soluções que promovam menores custos de produção, indo de acordo com as pressões do mercado pela sustentabilidade na produção. Na prática se torna cada vez mais difícil empreender sem a adoção de tecnologias cada vez mais modernas para a eficiência produtiva e conservação de recursos naturais, materiais, financeiros e humanos (Junqueira e Peetz, 2018).

Para tanto, alterações nos sistemas de irrigação, especialmente aquelas que resultam em diminuição do uso da água, podem conferir significativa redução dos custos no sistema produtivo de flores, coincidindo com as metas de redução do uso da água e conservação desse recurso natural. Esse item é condizente com a atual situação de escassez hídrica vivenciada no estado de SP, principal produtor de flores no Brasil visando especialmente a manutenção dessa atividade econômica ativa (Globo, 2024).

Uma alternativa ao sistema de irrigação por aspersão amplamente utilizado na floricultura, no qual se observa maior desperdício de água, seria a irrigação por inundação. Neste sistema, os vasos ficam em canteiros rebaixados e são periodicamente inundados com uma solução nutritiva (fertirrigação) (Senar, 2018). No entanto, os altos custos de implantação do sistema de inundação, ainda é o maior limitante do uso dessa técnica na floricultura e também em outras culturas que necessitam de irrigação. Outro método que usa uma plataforma similar a inundação, com os mesmos benefícios, é o de aproveitar a capilaridade de um determinado tipo de substrato ou material usado para o cultivo, de forma que a irrigação seja feita com

poucos volumes de água e de forma mais precisa, resultando em economia de água e fornecimento constante de água as plantas cultivadas (Rodrigues, 2023).

Isso é especialmente importante em espécies que utilizam substrato de alta porosidade, no qual a irrigação por aspersão ou similar resultam em perdas de água e fertilizantes desnecessárias, especialmente pela alta capacidade de drenagem do substrato, sendo que a maior parte do que foi usado e deveria ficar para a planta, é perdida na forma de dreno e não reaproveitada.

Para a produção de orquídeas *Phalaenopsis* seria interessante testar e avaliar novos sistemas de irrigação, utilizando-se dos princípios da capilaridade do substrato utilizado sob o sistema de inundação parcial, explorando uma nova solução mais eficiente e sustentável para a produção desse importante produto da floricultura nacional e mundial.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Família Orchidaceae

As orquídeas estão entre as espécies ornamentais mais antigas cultivadas e as que apresentam o maior número de espécies dentre as monocotiledôneas (Mezzalana e Kuhn, 2019), a família possui cerca de 28.000 espécies e 850 gêneros (Johnston, 2022). A cada ano cerca de 13 novos gêneros são descritos, mas a maioria deles são segregados de outras espécies e não são táxons recém descobertos (Chase et al., 2015).

A flora brasileira é bastante rica em espécies de Orchidaceae, com mais de 2.500 espécies, correspondendo a aproximadamente 10% das espécies registradas no mundo. No Brasil as orquídeas são encontradas em todas as formações vegetais embora sejam claramente mais numerosas em regiões florestais, especialmente florestas ombrófilas e regiões campestres de altitude. A maior parte das espécies é encontrada na floresta atlântica com cerca de 1.400 espécies. A floresta amazônica contribui com 700 espécies e o cerrado com mais 700 espécies devido às florestas ciliares desta cobertura vegetal. As espécies terrícolas são mais encontradas nas regiões campestres, enquanto as espécies epífitas são majoritariamente encontradas nas regiões florestais (Barros et al., 2018).

É notável a importância florística desta família nos ecossistemas onde são encontradas, mas com pouca importância na fitofisionomia das coberturas vegetais, devido ao pequeno porte das espécies da família. Em nenhuma formação vegetal as orquídeas são consideradas dominantes na fisionomia vegetal da região, apesar do elevado número de espécies (Barros et al., 2018).

Devido à ampla diversidade de formas, tamanhos, cores e fragrâncias das orquídeas ao redor do mundo, sua exploração comercial abrange não apenas a utilização como plantas ornamentais no comércio de mudas e flores, mas também como matéria-prima para perfumes e medicamentos. Essa exploração gera um impacto econômico significativo no mercado florístico mundial, movimentando bilhões de dólares anualmente (Suzuki, 2014).

No Brasil, os principais gêneros destinados ao mercado de ornamentais com o cultivo em vasos são *Dendrobium*, *Phalaenopsis*, *Cymbidium*, *Cattleya*, *Epidendrum* e *Hadrolaelia*. É interessante observar que os três primeiros são asiáticos, mas apresentam alta adaptabilidade às condições brasileiras, sendo *Phalaenopsis* o gênero mais comercializado (Barros, Pinheiro e Lourenço, 2008).

2.2 Morfologia geral da Família Orchidaceae

2.2.1. Raízes

As raízes são fasciculadas não apresentando raízes primárias, apenas secundárias (Nicolau, 2018), apresentando uma ou mais camadas de células mortas e lignificadas e alojando fungos micorrízicos denominados em conjunto, de velame. Esta estrutura atua como uma esponja absorvendo e retendo água, estocando água para ser absorvida posteriormente, além de impedir a perda excessiva de água pelas raízes em ambientes mais secos, atuando como uma barreira física. Em boa parte das espécies terrestres e em algumas espécies epífitas as raízes podem ser engrossadas e atuam como órgão de reserva (Barros, Pinheiro e Lourenço, 2008; Mezzalira e Kuhn, 2019).

2.2.2 Caule

Existem dois tipos de caules em Orchidaceae: monopodial e simpodial. No crescimento monopodial, a planta se desenvolve a partir de uma mesma gema apical, já no crescimento simpodial, a gema é substituída a cada ano. Nas espécies monopodiais, o caule é uma estrutura longa e foliada e nas simpodiais, o caule pode ser dividido em rizoma (cresce paralelamente ao substrato) e caule secundário (cresce perpendicularmente ao substrato), o caule secundário por muitas vezes é intumescido, atuando como órgão de reserva denominado pseudobulbo (Barros, Pinheiro e Lourenço, 2008).

Algumas espécies terrestres podem ou não apresentar caules desenvolvidos podendo ser parcialmente decíduos, ao passo que outras espécies terrestres podem ter caules longos com mais de seis metros de comprimento (Camargo et al., 2017).

2.2.3 Folhas

Majoritariamente, as folhas apresentam nervura paralela, usualmente dispostas em duas carreiras opostas e alternas em ambos lados do caule e podem ser muito engrossadas atuando como órgão de reserva em substituição aos pseudobulbos (Barros, Pinheiro e Lourenço, 2008; Camargo et al., 2017). O formato, espessura, estrutura, quantidade, consistência, cor, tamanho e maneira de crescimento das folhas são altamente diferenciados entre as espécies. As folhas podem ser ovais, lanceoladas ou orbiculares, com diferentes tamanhos. A estrutura das flores varia de acordo com o habitat natural da espécie, sendo que as espécies

que suportam melhor a incidência de luz solar, apresentando folhas com maior espessura, coriáceas e cobertas por uma cutícula cerosa a fim de impedir a perda de água (Camargo et al., 2017).

2.2.4 Flores

Há uma grande diversidade de flores na família sendo muitas espécies dependentes de apenas uma espécie polinizadora. São espécies alógamas com estruturas florais que buscam impedir a autofertilização, além de usualmente serem autoincompatíveis. A polinização ocorre principalmente por insetos das ordens Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera e Coleoptera além de espécies de aves. As inflorescências apresentam número variado de flores que podem ser apicais, laterais e basais, racemosas ou paniculadas, podendo formar ramos com flores simultâneas ou sucessivas, podendo ser originadas a partir da inflorescência ou do pseudobulbo. As flores geralmente são hermafroditas, podendo haver flores masculinas ou femininas (Camargo et al., 2017).

Assim como nas demais monocotiledôneas, as orquídeas apresentam estruturas florais com simetria bilateral e quase sempre em grupos de três ou múltiplos de três, os segmentos interno e externo do perianto são diferenciados morfológicamente em seis tépalas, as externas denominadas por sépala e as internas por pétala. Uma das pétalas é diferenciada das demais, denominada por labelo (Camargo et al., 2017). Esta estrutura tem a função de atrair polinizadores como aroma, néctar, ceras e óleos (Barros, Pinheiro e Lourenço, 2008).

Dentre os elementos mais atrativos nas flores e o mais explorado comercialmente é sua coloração, podendo ser quase transparentes ao branco, apresentar tons esverdeados, rosados ou azulados até cores intensas como amarelos, vermelhos ou púrpura escuro, além de flores com múltiplas cores, dos mais diversos tamanhos (Camargo et al., 2017).

2.3 Cultivo do gênero *Phalaenopsis*

O gênero *Phalaenopsis* tem origem no sudeste asiático e é um dos mais importantes do mercado mundial de ornamentais, apresentam hábito de crescimento monopodial, preferindo ambientes sombreados com temperaturas entre 22°C e 31°C, especialmente adaptada para o clima brasileiro (Camargo et al., 2017; Mezzalira e Kuhn, 2020).

2.3.1 Mercado

Estima-se que o mercado mundial de plantas ornamentais movimenta mais de US\$70 bilhões anuais (Schoenmaker, 2017). Com relação a orquídea *Phalaenopsis*, é o gênero de orquídea como maior número de vendas anuais, com valores na casa de 139 milhões de unidades, sendo destinada principalmente para harmonização de ambientes internos (Royal Flora Holland, 2018).

A produção de *Phalaenopsis* é elevada em países como Japão, Alemanha, China, Holanda e Tailândia. No Brasil, a *Phalaenopsis* é o gênero mais popular e comercializável devido ao seu alto custo-benefício, sendo acessível a todas as classes sociais, contribuindo expressivamente com o PIB dentro do mercado de plantas ornamentais nacional (Mezzalira e Kuhn, 2021).

2.3.2 Temperatura e luminosidade

A temperatura indicada para o desenvolvimento durante a fase vegetativa de *Phalaenopsis* é de 27-28 °C durante o dia e no mínimo 26 °C à noite, posteriormente a essa fase temperaturas de 18 °C à noite (no máximo 14 horas) e 20-22 °C durante o dia são indicados por 6 meses para a indução e desenvolvimento das hastes florais. Esse processo de controle do florescimento tem sido realizado através da utilização de casa de vegetação com controle de temperatura e luminosidade, tornando possível o fornecimento durante todo o ano de plantas floridas para o mercado (Floricultura, 2023).

Já para o manejo da luminosidade, de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, deve-se fornecer uma luminosidade de 4.000 lux no início da fase vegetativa chegando até 10.000 lux para a indução das hastes florais. A duração máxima do dia não deve exceder 14 horas para não inibir o crescimento das folhas e impedir o seu avermelhamento (Floricultura, 2023).

2.3.3 Irrigação e Adubação

É indicado para *Phalaenopsis* que as plantas recebam o fertilizante via fertirrigação, variando a composição da solução nutritiva de acordo com o seu estágio de desenvolvimento. Para o cultivo podem ser empregados fertilizantes compostos ou simples com a utilização de um sistema de tanques separados para a mistura. O uso de amônio deve ser restrito para evitar uma queda acentuada do pH, o que pode causar danos ao sistema radicular. Além disso, a dose de ureia deve ser limitada a

25% do total de nitrogênio fornecido, uma vez que transformações químicas no substrato podem resultar na liberação de amônio a partir desse fertilizante (Anthura, 2023; Floricultura, 2023). A correta proporção de cada nutriente também é importante para permitir uma correta nutrição da planta sem que ocorra competição de nutrientes pelos mesmos sítios de absorção. O pH da solução nutritiva deve estar na faixa de 5,2 a 6,2 e a condutividade elétrica na faixa de 0,8 e 1,2 mS.cm⁻¹ (Anthura, 2017).

É indicado para a correta nutrição das plantas em substratos que contenham coco, utilizar na solução nutritiva de 168 a 196 mg/l de N, 38,4 mg/l de P, 97,8 mg/l de K, 80,2 mg/l de Ca, 24,3 mg/l de Mg e 16,1 mg/l de S, já em substratos sem coco, recomenda-se 168 -196 mg/l de N, 48 mg/l de P, 136 mg/l de K, 48,1 mg/l de Ca, 14,6 mg/l de Mg e 19,3 mg/l de S (Anthura, 2023).

2.3.4 Substrato

Os substratos devem oferecer boa aeração, capacidade adequada de retenção de água e eficiente distribuição de água e nutrientes além de pH adequado e consistência para suporte das plantas, sendo essenciais para a qualidade e uniformidade da produção em larga escala de *Phalaenopsis*. A escolha de substratos inadequados pode prejudicar o desenvolvimento das plantas, atrasando ou impossibilitando o desenvolvimento das flores e por consequência a sua comercialização (Anthura, 2017; Assis, 2011).

A escolha de materiais do substrato que atendam às exigências de cultivo é de suma importância, visto isso, uma mistura amplamente utilizada consiste em fibra de casca de coco e lascas de coco na proporção 70% para 30% além de 2 a 3 Kg.m⁻³ de esfagno. Esta composição assegura uma proporção de partículas grossas e finas que conferem tanto aeração como retenção de água assim como exigido pela orquídea *Phalaenopsis* (Anthura, 2017; Assis, 2011).

2.4 Esfagno como substrato

Com alta porosidade total e uma boa proporção de micro e macroporos, o esfagno apresenta boa estabilidade estrutural e uma retenção de água substancialmente maior que as turfas, apresentando características desejáveis para a sua utilização como substrato dentro da horticultura. O esfagno mantém condições favoráveis a atividade radicular e ao crescimento das plantas, possuindo boa capacidade de troca catiônica e propriedades químicas que desempenham um papel

importante para a nutrição das plantas. Quanto a sua estabilidade estrutural, ela permite a sua utilização a longo prazo assim como exigido na produção de orquídeas (Reinikainen et al., 2012).

O esfagno é um musgo que cresce em regiões denominadas de turfa, regiões que cobrem somente 3% da superfície terrestre. Estudos atribuem que estas regiões têm papel fundamental para o sequestro de carbono terrestre, sendo a sua preservação de grande importância para o combate ao aquecimento global (Zandoná, 2014)

Em todo o mundo há uma tendência crescente de redução do uso de turfas como substrato devido ao seu caráter extrativista e não renovável. Nesse contexto, o cultivo de esfagno surge como uma alternativa promissora, uma vez que possui propriedades físicas e químicas muito semelhantes às da turfa parcialmente decomposta (Caron e Rochefort, 2011; Kämäräinen et al., 2018).

A produção de esfagno ocorre em fazendas produtoras em que se observa um sistema de colheita semelhante ao da silvicultura, com rotação dos locais de colheita. Há uma estimativa que um período de rotação de 30 anos e uma retirada da biomassa do musgo de até 25 centímetros de profundidade não é capaz de alterar cursos de água ou impedir o sequestro de carbono, pois permite uma melhor regeneração do ambiente após a colheita (Silvan et al., 2012).

2.5 Irrigação por capilaridade

A irrigação por capilaridade é uma forma de subirrigação que utiliza da capilaridade do substrato para fornecer água a uma planta a partir de uma fonte na base do canteiro/vaso, abaixo dela ou externamente em um reservatório. Neste sistema, a água de irrigação ainda pode estar em constante fluxo ou estacionada e pode ser conduzida por mangueiras, canais ou armazenada em contato direto com a base dos vasos (Semananda, Ward e Myers, 2018).

Em estudos realizados com pimenta (*Capsicum annum*) observou-se que plantas irrigadas por capilaridade apresentaram o mesmo vigor que plantas que foram irrigadas manualmente, com uma redução no consumo de água de 35%. Desta forma a irrigação por capilaridade é capaz de oferecer um fornecimento preciso de água com uma necessidade mínima de mão de obra, o que é muito interessante para diminuir custos de produção e reduzir o consumo de água em sistemas de cultivo protegido (Nalliah e Ranjan, 2010)

Além de reduzir o consumo de água, a irrigação por capilaridade apresenta duas vantagens adicionais, a diminuição da incidência de doenças foliares, pois evita o contato da água da irrigação com as folhas, e a redução do volume de lixiviado na fertirrigação, o que minimiza as perdas de fertilizantes e defensivos e protege o solo dos efeitos negativos da lixiviação. Como esse sistema é basicamente limitado a pequenos tamanhos de vasos, pode ser indicado principalmente para cultivo de plantas ornamentais em ambiente protegido (Semananda, Ward e Myers, 2018).

2.6 Desafios do consumo de água e fertilizantes na agricultura

No mundo, mais de 3 bilhões de pessoas vivem em regiões com níveis altos ou muito altos de déficit ou escassez de água, e quase metade dessas pessoas sofrem com as consequências dessas limitações. Além disso, a disponibilidade de água doce reduziu mais de 20% nas últimas décadas em todo o globo, servindo como alerta para a importância do uso racional e sustentável da água, em específico para a agricultura, a atividade que mais consome no mundo (FAO, 2020).

As vias para a sustentabilidade da água na agricultura vão do investimento em captação e armazenamento de água em regiões áridas até a reabilitação e modernização dos sistemas de irrigação e essas ações devem ser coordenadas juntamente com práticas agronômicas sustentáveis como adoção de variedades de culturas resistentes a seca e instrumentos de alocação de água e precificação (FAO, 2020). A agricultura exige da ciência de hoje e do futuro soluções tecnológicas de baixo custo para que o uso mais racional da água possa ser utilizado cada vez mais por todos agricultores (Embrapa, 2024).

A mesma problemática é observada em relação aos fertilizantes. Com a atual expansão global das atividades agrícolas, a escassez de reservas de fertilizantes minerais tornou-se uma preocupação crescente, especialmente no caso do fósforo, destacando-se também o potássio (Marin et al., 2016). Além disso, os fertilizantes são frequentemente considerados potenciais poluentes, principalmente devido aos altos níveis de nitrato e fósforo que causam eutrofização em corpos de água, assim como à emissão de gases de efeito estufa, como o óxido nitroso (Reetz, 2017).

O Brasil responde por 8,5% do consumo global de fertilizantes, ocupando a quarta posição no ranking mundial, atrás apenas da China, Índia e Estados Unidos. Esse fato evidencia a importância do país na busca por soluções sustentáveis no que tange o consumo de fertilizantes (Caligaris et al., 2022).

Outro aspecto importante observado na cadeia de fertilizantes do Brasil é a alta dependência do mercado internacional, uma vez que, em 2021, 85% dos fertilizantes consumidos no Brasil foi importado de um mercado internacional dominado por poucos fornecedores. Desta forma a agricultura brasileira se mostra dependente de tecnologias internacionais e suscetível a oscilações no mercado (Caligaris et al., 2022).

Para tanto, a inovação e a incorporação de tecnologias na agricultura têm papel determinante para impactos socioeconômicos e ambientais significativamente menores na agricultura nacional e mundial (Caligaris et al., 2022; Reetz, 2017).

3 OBJETIVOS

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar a viabilidade do uso do sistema de fertirrigação denominado Nutripool no cultivo de *Phalaenopsis*, além de analisar o desenvolvimento das plantas e propor a solução nutritiva mais adequada para o cultivo nesse sistema, buscando uma alternativa à fertirrigação localizada convencional e ao uso de fertilizantes de liberação controlada.

4 METODOLOGIA

O experimento foi realizado em casa de vegetação com sistema de resfriamento por sistema Pad-Fan, para manutenção da temperatura de no máximo 28,5°C, coberta com plástico agrícola difusor de 120 micras e sistema de sombreamento fixo com quebra de 50% da luminosidade, localizada no Laboratório de Fisiologia Vegetal e Cultura de Tecidos (LFVCT) da Universidade Federal de São Carlos - Centro de Ciências Agrárias, localizado no município de Araras-SP.

4.1 Material Vegetal

Foram utilizadas plantas de orquídea *Phalaenopsis* de uma progênie proveniente do cruzamento *Phalaenopsis* 501 x CPR, do programa de melhoramento genético de orquídeas desenvolvido no LFVCT da Universidade Federal de São Carlos. As plantas estavam previamente em bandejas e mantidas na mesma casa de vegetação de cultivo das plantas e do experimento. Segundo uma avaliação biométrica prévia, as plantas apresentavam uma quantidade média de 2,4 folhas, com comprimento e diâmetro da maior folha apresentando valores médios de 11,38 cm e 5,7 cm, respectivamente. O diâmetro médio dessas plantas era de 19,44 cm e os teores de clorofila A e B da maior folha segundo o ICF (Índice de clorofila Falker), obtido pela avaliação com o equipamento CFL001 (Falker, Brasil) eram de 39,08 e 15,42 respectivamente.

4.2 Instalação e estabelecimento do experimento

As plantas de *Phalaenopsis* foram transplantadas individualmente para vasos transparentes com 12 cm de boca e volume de 710 mL (pote 12 cônico) usado especificamente para o cultivo de orquídeas. Em todos os tratamentos utilizou-se esfagno hidratado como substrato e uma camada de drenagem de brita de aproximadamente 5 cm de altura no fundo dos vasos, de acordo com resultados preliminares obtidos no próprio LFVCT, utilizando o sistema Nutripool (Rodrigues, 2023).

4.3 Sistema de fertirrigação Nutripool.

Neste sistema, os vasos contendo as plantas e o substrato foram inseridos sobre um segundo recipiente plástico com maior capacidade volumétrica, de 1 L, onde a solução de fertirrigação ficava armazenada. Este sistema de fertirrigação foi denominado previamente de Nutripool, onde o vaso contendo a planta fica

permanentemente com a base imersa na solução nutritiva depositada sobre um recipiente plástico de maior tamanho e volume, de forma que a camada de drenagem serve de contato direto com a solução nutritiva e favorece o contato com o substrato, permitindo que a solução nutritiva, por capilaridade, entre em contato com o substrato de cultivo e possa subir até as raízes das plantas (Figura 1).

Nos vasos utilizados para o cultivo foram abertos três pequenos orifícios na altura do dreno de brita, para auxiliar a elevação da solução nutritiva no substrato do vaso. Durante todo o andamento do experimento as plantas permaneceram em casa de vegetação nas condições descritas anteriormente, a fim de simular as condições ambientais normalmente utilizadas no mercado para a produção de *Phalaenopsis*.

Figura 1. Sistema de cultivo Nutripool



Fonte: Autoria própria

4.4 Delineamento Experimental

O presente experimento foi realizado sob delineamento em esquema fatorial duplo com um tratamento adicional e um tratamento testemunha no esquema 3X2+2, utilizando-se três soluções nutritivas com duas condutividades elétrica (CEs) nos tratamentos com o sistema Nutripool, além de um tratamento adicional com adubação de liberação controlada pelo uso do fertilizante Basacote® Plus 6M 16-08-12 (Compo do Brasil) e um tratamento controle utilizando o sistema de fertirrigação convencional dos vasos, feito de forma localizada e aplicando-se a solução nutritiva por cima dos vasos, seguindo a recomendação do documento online da empresa Anthura® (Anthura, 2023). No total foram 56 plantas divididas em 8 tratamentos com 7 plantas por tratamento.

4.5 Tratamentos

Como tratamentos foram aplicados três tipos de soluções nutritivas, a primeira baseada no fertilizante composto ultrassolúvel chamado Plant-Prod® 20-20-20 Plus micro, a segunda baseada no documento online da empresa Anthura® (Anthura, 2023) e a última baseada numa solução desenvolvida no próprio Laboratório de Fisiologia Vegetal e Cultura de Tecidos e que visa substituir o uso do produto Nitrato de Amônio por outras fontes alternativas de nitrogênio, todas aplicadas nas CEs de 1,0 ou 1,2 mS.cm⁻¹ com as garantias mínimas de cada solução descritas na Tabela 1. Esses tratamentos foram somente aplicados utilizando-se o sistema Nutripool, visando avaliar qual ou quais soluções nutritivas e condutividade elétrica teriam melhor adaptabilidade para o cultivo da orquídea *Phalaenopsis* nesse sistema, visto que o mesmo ainda está em fase de desenvolvimento técnico.

Para elaboração da primeira solução nutritiva utilizada no sistema Nutripool denominada de solução PP foi utilizado uma combinação de produtos comerciais das empresas Plant-Prod® e Compo Expert® sendo eles Plant-Prod® 20-20-20 Plus micro e HydroSpeed® CaB-Max, além de sulfato de magnésio para completar a exigência nutricional das plantas. Quando aplicada com uma CE de 1,2 mS.m⁻¹, a solução apresentou um valor de pH de 6,7 e foi utilizada no tratamento denominado PP 1,2. Já na aplicação com CE de 1,0 mS.m⁻¹, o pH observado foi de 6,8, e o tratamento foi identificado como PP 1,0.

Para a elaboração da segunda solução nutritiva, buscando-se representar a solução comumente utilizada na produção comercial, foi utilizada a recomendação fornecida pela empresa Anthura®, líder mundial na produção de variedades e tecnologias em *Phalaenopsis* (Anthura, 2023). Esta solução na CE 1,2 mS.cm⁻¹ foi utilizada tanto no tratamento controle de fertirrigação localizada convencional denominado de FC, como também no sistema Nutripool. Neste trabalho, essa solução nutritiva foi denominada de Anthura comercial e como reagentes utilizou-se: nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico, nitrato de magnésio, ureia, sulfato de magnésio e o fertilizante Apex® Mix como fonte de micronutrientes aplicados de forma quelatizada. Quando aplicada no sistema Nutripool com CE de 1,2 mS.m⁻¹, a solução apresentou um pH de 6,7 e foi utilizada no tratamento denominado AC 1,2. Por outro lado, na solução com CE de 1,0 mS.m⁻¹, o pH observado foi de 6,9, e o tratamento foi denominado AC 1,0.

Na terceira solução nutritiva destinada ao sistema Nutripool foi utilizado uma combinação de reagentes utilizando como base uma solução desenvolvida no Lfvct chamada de Solução nutritiva 4 (Cardoso, dados não publicados). Nesta solução foram utilizados os seguintes reagentes: nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico, nitrato de magnésio, sulfato de magnésio e o fertilizante Apex® Mix. Diferentemente das soluções PP e Anthura comercial, nesta formulação não há a utilização de ureia e além disso, ajustes foram realizados na solução original a fim de uma adequação e aproximação para uma solução de fertirrigação de plantas adultas. Utilizou-se a denominação S4 1,2 para o tratamento com a solução na CE de 1,2 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$, que apresentou pH de 6,6 e S4 1,0 para o tratamento com a CE de 1,0 $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$, que apresentou pH de 6,7.

No tratamento adicional, foi utilizado o fertilizante de liberação controlada Basacote® Plus 6M 16-08-12 em conjunto com *Lithothamnium calcareum*, em uma única aplicação realizada previamente sobre o substrato no momento do transplante das mudas. As doses aplicadas por vaso foram de 1,8 g e 1,775 g, respectivamente, conforme as recomendações do fabricante, sendo este tratamento denominado FLC. As garantias do Basacote® Plus são de 16% de nitrogênio total, com 8,6% na forma amoniacal e 7,4% na forma nítrica; 8% de fósforo, sendo 5,6% solúvel em água e 8% solúvel em citrato neutro de amônio e água; 12% de potássio, completamente solúvel em água; 2% de magnésio e 5% de enxofre. Além disso, o fertilizante contém micronutrientes, como boro (0,02%), cobre (0,05%), ferro (0,45%), manganês (0,06%), molibdênio (0,02%) e zinco (0,015%), todos quelatados, com liberação gradual de todos os nutrientes ao longo de todo o experimento. Já o *Lithothamnium calcareum* apresenta garantias mínimas de 32% de Ca e 2% de Mg.

Nos tratamentos com o sistema Nutripool, a solução nutritiva foi totalmente substituída por uma nova a cada 14 dias, utilizando o volume de 250 mL, que era depositada no recipiente de um litro, externo ao vaso.

No tratamento de fertirrigação localizada convencional, 250 mL da solução era aplicada com auxílio de uma proveta sobre o substrato dos vasos, o mesmo procedimento foi realizado para o tratamento com fertilizante de liberação controlada, porém neste caso, somente água era aplicada sobre o substrato, esse procedimento também ocorria a cada 14 dias.

Tabela 1. Garantias mínimas dos nutrientes nas soluções PP, Anthura comercial e Solução nutritiva 4 nas CEs de 1,2 e 1,0 mS.cm⁻¹ utilizados no sistema Nutripool e na fertirrigação convencional.

Nutrientes	Garantias mínimas (mg.L ⁻¹)					
	PP 1,2	PP 1,0	AC 1,2	AC 1,0	S4 1,2	S4 1,0
N	143,18	139,45	152,88	119,85	107,06	85,31
P	40,95	39,89	32,26	25,29	48,95	39,01
K	78,14	76,10	88,87	69,67	133,12	106,08
Ca	49,04	47,76	67,37	52,81	37,30	29,72
Mg	19,12	18,62	20,52	16,08	14,37	11,45
S	23,37	22,76	14,89	11,67	10,43	8,31
B	0,65	0,64	0,11	0,08	0,07	0,06
Cu	0,24	0,24	0,05	0,04	0,04	0,03
Fe	0,47	0,46	0,95	0,74	0,66	0,53
Mn	0,47	0,46	0,65	0,51	0,46	0,36
Mo	0,09	0,09	0,05	0,04	0,04	0,03

Fonte: Elaboração própria

4.6 Avaliações

4.6.1 Avaliação da interação substrato e dreno

Com a utilização de um condutivímetro/phmetro (HI9811-51, Hanna) e proveta, a CE, pH e volume da solução remanescente eram aferidos antes da troca das soluções nutritivas dos vasos do sistema Nutripool, sendo os dados coletados a cada 14 dias, a cada nova substituição de solução, obtendo-se os dados ao final dos 14 dias de cultivo.

Para avaliar os tratamentos com fertirrigação convencional localizada e com fertilizantes de liberação controlada, era recolhido o dreno no momento da aplicação, para então medir os mesmos parâmetros dos demais tratamentos.

Para avaliar a interação do substrato esfagno com a solução no sistema Nutripool sem planta, foram destinados quatro vasos sem plantas contendo somente esfagno e dreno de brita (sem a planta) que ficavam permanente com a base imersa em 250 mL de água. Posteriormente no momento da troca da água após 14 dias era aferido a CE, pH e volume do dreno com auxílio de um condutivímetro e phmetro e proveta.

4.6.2 Avaliações biométricas

As avaliações biométricas das plantas de *Phalaenopsis* foram divididas na parte vegetativa, onde as avaliações ocorriam a cada 40 dias e parte reprodutiva que ocorreu uma única vez na fase de pleno florescimento das plantas.

A análise biométrica ocorreu com auxílio de uma régua milimetrada e paquímetro. Na fase vegetativa avaliou-se seguintes características: número de folhas, comprimento e diâmetro da maior folha, diâmetro da planta e teor de clorofila a e b da maior folha. Na análise da fase reprodutiva, foram avaliados a frequência de emissão de haste floral, a frequência de florescimento, o diâmetro e o comprimento da haste e o número de flores. Já para a análise das dimensões das flores, foram selecionadas até quatro representantes de cada planta, onde foram mensurados o diâmetro polar, o diâmetro equatorial, o diâmetro e o comprimento das duas pétalas, das duas sépalas e da sépala dorsal. No labelo, foram aferidas a abertura vertical, a abertura horizontal e o comprimento.

4.6.3 Avaliação do teor de clorofila

Para aferição do teor de clorofila a e b, foi utilizado o clorofilômetro CFL001 (Falker, Brasil), aferindo os teores de clorofila a e b em três pontos de uma única folha de cada planta, de onde se extraía uma média que correspondia a uma repetição.

4.6.4 Avaliação da condutância estomática e fluorescência da clorofila a

A análise da condutância estomática é um excelente indicador da composição genética da planta e da sua resposta fisiológica às condições ambientais uma vez que a abertura estomática é o principal mecanismo do controle de trocas gasosas, da evapotranspiração e da regulação térmica das plantas superiores. Quanto à medição da fluorescência da clorofila a, com ela é possível extrair informações sobre a eficiência quântica da folha, taxa de transporte de elétrons (ETR), extinção não fotoquímica (q_n) e outras reações que protegem a folha na absorção de energia luminosa. Com esta avaliação é possível observar o nível de excitação da energia que dirige a fotossíntese para assim estimar uma inibição ou danos no processo de transporte de elétrons no fotossistema II (Licor, 2024; Silva et al., 2015).

Para aferição destes aspectos fisiológicos foi utilizado o porômetro/fluorômetro LI-PF600®. A aferição da fluorescência se deu com todas as plantas e na própria casa de vegetação por volta das 12 horas. Já para a aferição da condutância estomática,

foi selecionada uma amostra de 32 plantas, sendo 4 de cada tratamento. Essas plantas foram previamente transferidas para uma sala escura, onde permaneceram durante a noite. As medições foram realizadas no escuro e ao amanhecer, por volta das 6 horas. Após a realização das medições, as plantas foram devolvidas à casa de vegetação.

Todas as avaliações realizadas por meio do porômetro/fluorômetro foram conduzidas com três medições realizadas na penúltima folha de cada planta e partir desses valores calculou-se uma média, que representou uma repetição dentro de cada tratamento, totalizando 7 repetições por tratamento na avaliação da fluorescência da clorofila a e 4 repetições por tratamento na avaliação da condutância estomática.

4.6.5 Análise foliar

A análise foliar foi conduzida por meio da coleta de 7 subamostras de massa equivalente, sendo cada uma obtida a partir de uma seção da penúltima folha de cada planta dentro de um mesmo tratamento. As subamostras foram posteriormente combinadas, formando uma amostra representativa para cada tratamento. O teor total de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn foi determinado por extração nítrico-perclórica e análise por ICP-OES, realizada pelo Instituto Agrônomo – Centro de P&D de Solos e Recursos Ambientais, no Laboratório de Análise de Substrato.

4.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos a partir da interação entre o substrato e o dreno, bem como da fluorescência da clorofila a, teores de clorofila a e b e da biometria das plantas, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com um nível de significância de 5%. A análise foi realizada em esquema fatorial duplo, incluindo um tratamento adicional e um tratamento controle. Para a comparação das médias com o tratamento controle, utilizou-se também o teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. A análise estatística foi conduzida com o auxílio do software Assistat.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do desenvolvimento das *Phalaenopsis*

5.1.1 Análise biométrica do desenvolvimento vegetativo

A análise de número de folhas por planta, comprimento da maior folha, diâmetro da maior folha e diâmetro da planta encontram-se na Tabela 2, bem como a curva de crescimento para estes parâmetros, nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% de probabilidade, tanto pelo teste de Tukey quanto pelo teste de Dunnett, para nenhum dos parâmetros biométricos nos tratamentos avaliados.

Tabela 2. ANOVA e valores médios para os parâmetros vegetativos das *Phalaenopsis* após 6 meses sob cada tratamento.

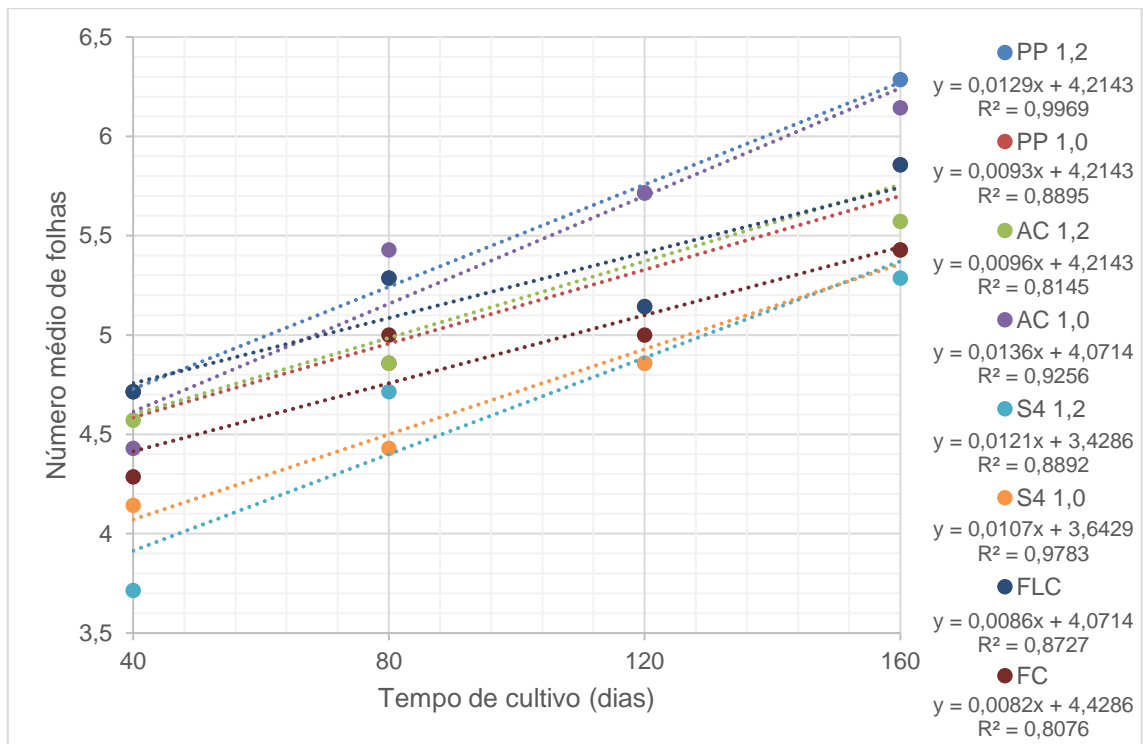
Tratamentos	Número de folhas por planta	Comprimento da maior folha (cm)	Diâmetro da maior folha (cm)	Diâmetro da planta (cm)
PP 1,2	6.29 a	15.93 a	8.13 a	26.63 a
PP 1,0	5.86 a	15.20 a	8.14 a	27.10 a
AC 1,2	5.57 a	14.81 a	7.74 a	26.46 a
AC 1,0	6.14 a	16.74 a	8.46 a	29.71 a
S4 1,2	5.29 a	15.59 a	7.80 a	27.64 a
S4 1,0	5.43 a	15.74 a	7.96 a	26.23 a
FLC	5.86 a	16.51 a	7.91 a	29.10 a
FC	5.43 a	15.64 a	8.26 a	29.07 a
F1: Solução	1.9387 ns	0.0289 ns	0.2626 ns	0.3832 ns
F: CE	0.0982 ns	0.3857 ns	0.8848 ns	0.3640 ns
Int. F1xF2	0.9080 ns	1.1498 ns	0.4629 ns	1.1261 ns
Fat x Adc + Test	0.1534 ns	0.3160 ns	0.0230 ns	1.9609 ns
CV (%)	17,18	14,97	12,63	14,93

Fat = fatorial. Adc = tratamento adicional (FLC). Test = tratamento testemunha (FC)

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \geq .05$).

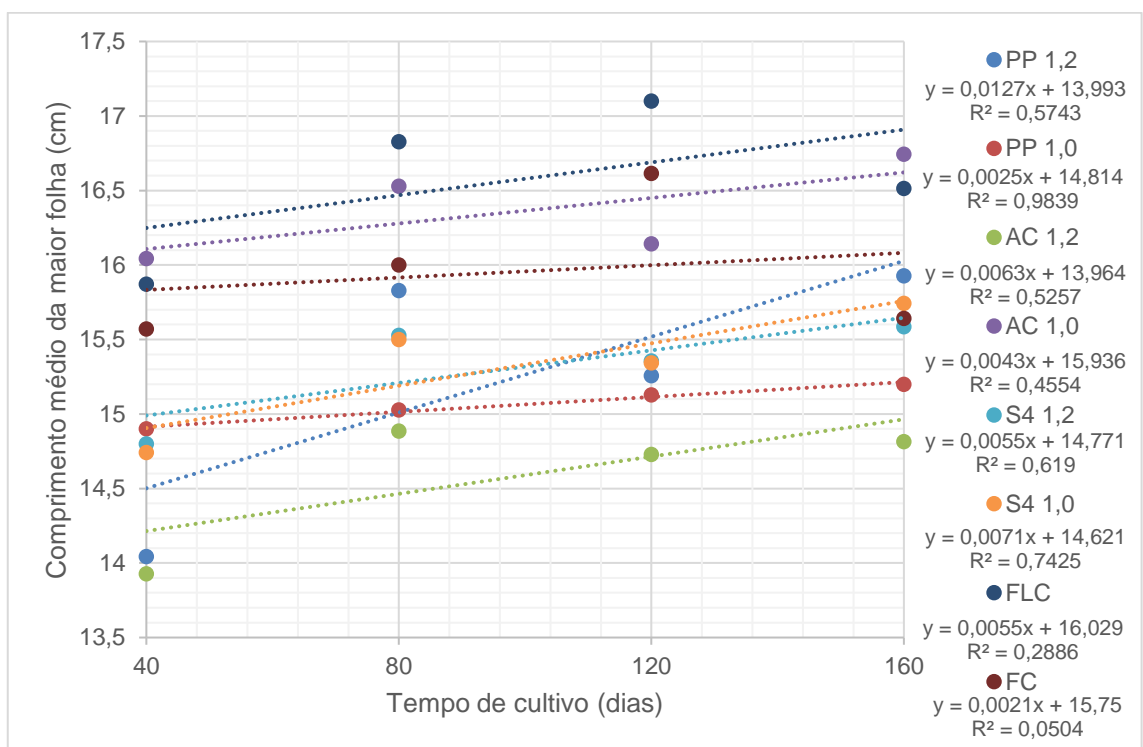
Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem do tratamento testemunha (FC), ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Figura 2. Número médio de folhas por planta de cada tratamento aferidos a cada 40 dias.



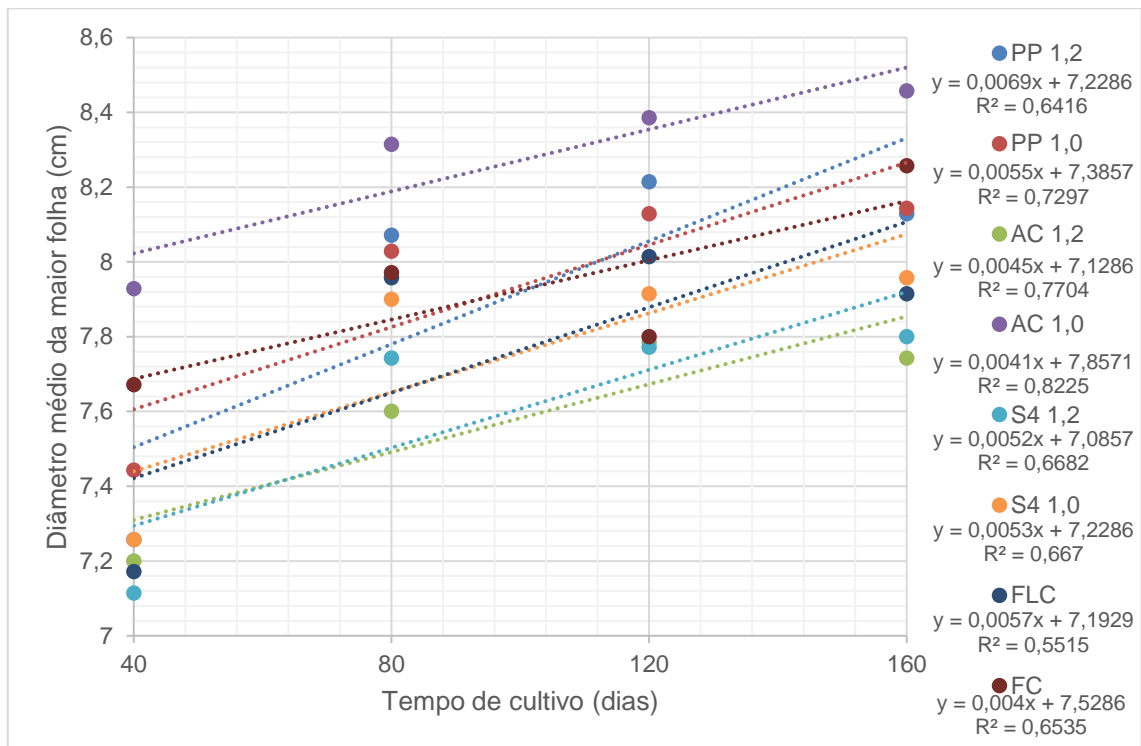
Fonte: Autoria própria

Figura 3. Comprimento médio (cm) da maior folha das plantas de cada tratamento aferidos a cada 40 dias.



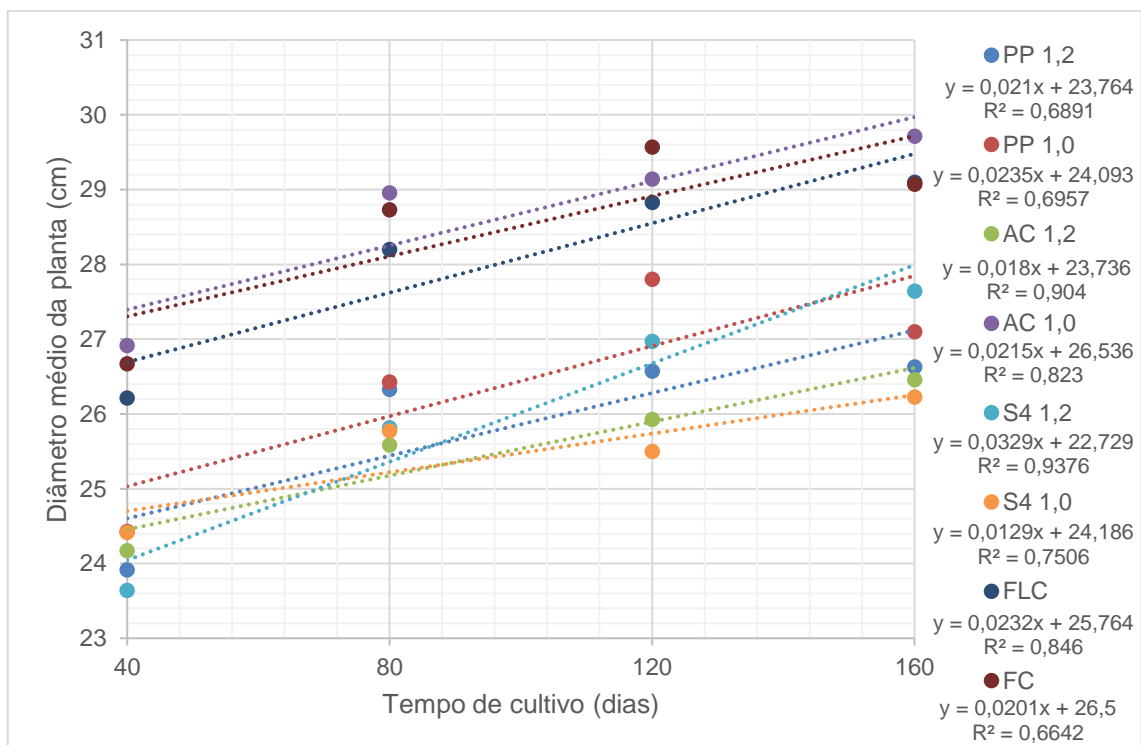
Fonte: Autoria própria

Figura 4. Diâmetro médio (cm) da maior folha das plantas de cada tratamento aferidos a cada 40 dias.



Fonte: Autoria própria

Figura 5. Diâmetro médio (cm) das plantas de cada tratamento aferidos a cada 40 dias.



Fonte: Autoria própria

Todos os tratamentos avaliados mostraram-se promissores para uso na fertirrigação para a fase vegetativa de *Phalaenopsis* cultivada no sistema Nutripool visto que após seis meses de avaliação dos diferentes tratamentos, observou-se que todos apresentaram taxas de crescimento vegetativo consistentes (Figuras 2, 3, 4 e 5) e que apesar das variações nos teores de macro e micronutrientes entre as soluções nutritivas, as taxas de crescimento e as áreas foliares foram semelhantes, com uma contínua emissão de novas folhas ao longo de todo o período analisado.

Esses resultados reforçam a viabilidade do uso de soluções nutritivas com menores CEs na fase vegetativa da produção de *Phalaenopsis* nesse sistema, visto que os tratamentos com CEs de 1,0 mS cm⁻¹ também apresentaram plantas vigorosas, com desenvolvimento semelhante ao tratamento FC e aos demais, mesmo com estes apresentando maiores teores de fertilizantes em suas soluções nutritivas.

Constatou-se também que a aplicação do fertilizante de liberação controlada Basacote® Plus 6M 16-08-12 (Compo do Brasil), juntamente com *Lithothamnium calcareum* no momento do transplante das mudas para os vasos, proporcionou um bom desenvolvimento vegetativo das plantas ao longo de todo o período avaliado, correspondendo às especificações demonstradas pelo fabricante.

5.1.2 Análise do teor de clorofila a e b

Ao contrário do desenvolvimento vegetativo das plantas avaliadas, onde todos os tratamentos apresentaram valores médios sem diferença estatística, para os teores de clorofila a e b, observou-se diferença estatisticamente significativa.

Segundo a análise estatística, o valor de F de interação não atingiu a significância a 5%, impossibilitando a visualização de diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos sob o sistema Nutripool onde se considera a solução nutritiva e a CE. Apesar disso, foi possível observar diferença estatística para o fator solução nutritiva pelo teste de Tukey (Tabela 3), bem como diferença estatística entre o tratamento controle FC e os demais pelo teste de Dunnett (Tabela 4).

Tabela 3. Teores médios de clorofila a e b para o fator solução nutritiva.

Solução nutritiva	Teor de Clorofila (ICF)	
	A	B
PP	39.76 a	24.20 a
Anthura Comercial	38.87 ab	22.33 ab
Solução Nutritiva 4	38.13 b	19.46 b

As médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para os tratamentos sob o sistema Nutripool, observou-se que a solução nutritiva PP apresentou valores médios para clorofila a e b segundo o ICF (Índice de clorofila Falker) de 39,76 e 24,20 com valores estatisticamente superiores pelo Teste de Tukey em relação ao tratamento com solução S4 que apresentou valores médios para clorofila a e b de 38,13 e 19,46; o tratamento com solução AC foi classificado como pertencente ao dois grupos na análise estatística, pois apresentou valores médios de 38,87 e 22,33.

Esta redução nos teores de clorofila a e b observados para o tratamento S4 pode ser explicado pelos menores teores de N e Mg presentes nas soluções (Tabela 1), uma vez que estes nutrientes compõem a estrutura molecular das clorofilas e existe uma correlação entre o estado nutricional das plantas e os teores de clorofila (Taiz et al., 2016).

Ao comparar as médias de teores de clorofila a e b de cada solução nutritiva em relação ao tratamento controle FC, pelo teste de Dunnett, observou-se que todos os tratamentos não apresentaram diferença significativa em relação ao tratamento FC, exceto o tratamento S4 1,0 que apresentou valores médios estatisticamente inferiores ao controle (Tabela 4).

Tabela 4. Teores médios de clorofila a e b para cada tratamento.

Solução nutritiva	Teor de Clorofila (ICF)			
	A		B	
	CE (mS.cm ⁻¹)			
	1,2	1,0	1,2	1,0
PP	39.10 ns	40.42 ns	22.90 ns	25.49 ns
Anthura Comercial	39.12 ns	38.62 ns	23.90 ns	20.76 ns
Solução Nutritiva 4	38.83 ns	37.43 ns*	21.16 ns	17.76 ns*
Fertilizante de liberação controlada	38.65		24.36	
Fertirrigação convencional	39.91		25.77	
CV (%)	4,27		18,97	

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade para o teste de Tukey.

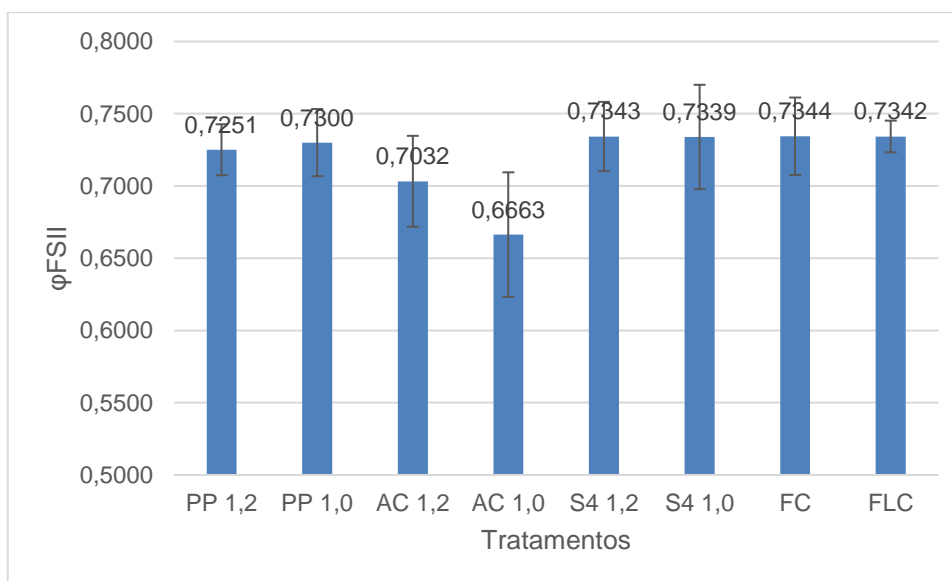
Médias seguidas de * diferem do tratamento testemunha (Fertirrigação convencional), pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento FC apresentou teores de clorofila a e b com valores médios de 39,91 e 25,77, respectivamente, enquanto o tratamento S4 1,0 apresentou valores médios de 37,43 e 17,76. Este resultado reforça a hipótese que menores teores de N e Mg presentes nessa solução nutritiva resultaram em teores de clorofila estatisticamente inferiores (Taiz et al., 2016).

5.1.3 Avaliação da fluorescência da clorofila a e condutância estomática

Através da análise com o porômetro/fluorômetro LI-PF600® foi possível constatar, conforme ilustrado na Figura 6, que em todos os tratamentos observou-se a eficiência quântica do fotossistema II com valores próximos aos observados para plantas do gênero *Phalaenopsis* por Liu et al. (2016) e Pollet et al. (2009) para condições ambientais ótimas e recomendadas na produção comercial. Não se observou normalidade de dados para os valores analisados conforme o teste de Shapiro-Wilk (W) a 5%, o que impossibilitou a análise estatística dos dados pelo teste de Tukey ou Dunnet.

Figura 6. Valores médios de eficiência quântica do fotossistema II (ϕ FSII) de cada tratamento, aferidos às 12 horas.



Fonte: Autoria própria

A eficiência quântica do fotossistema II é predominantemente influenciada pelo consumo de NADPH e ATP, estando diretamente relacionada a entrada de água, CO₂ e da absorção de fósforo pelas plantas (Baker, 2008; Silva et al., 2010). Neste contexto, não foram observados prejuízos na eficiência quântica do fotossistema II entre os diferentes tratamentos, indicando que, apesar das variações nas concentrações de nutrientes, as soluções nutritivas empregadas no sistema Nutripool garantiram um fornecimento com teores adequados de fósforo para o metabolismo das plantas, sem prejuízos na eficiência fotossintética. Isto sugere que, no sistema Nutripool, a utilização destas soluções nutritivas com CE de 1,0 mS.cm⁻¹ são uma alternativa promissora para a produção de *Phalaenopsis*, permitindo um menor

consumo de fertilizantes, alinhando-se com as exigências atuais do mercado por tecnologias mais rentáveis e eficientes.

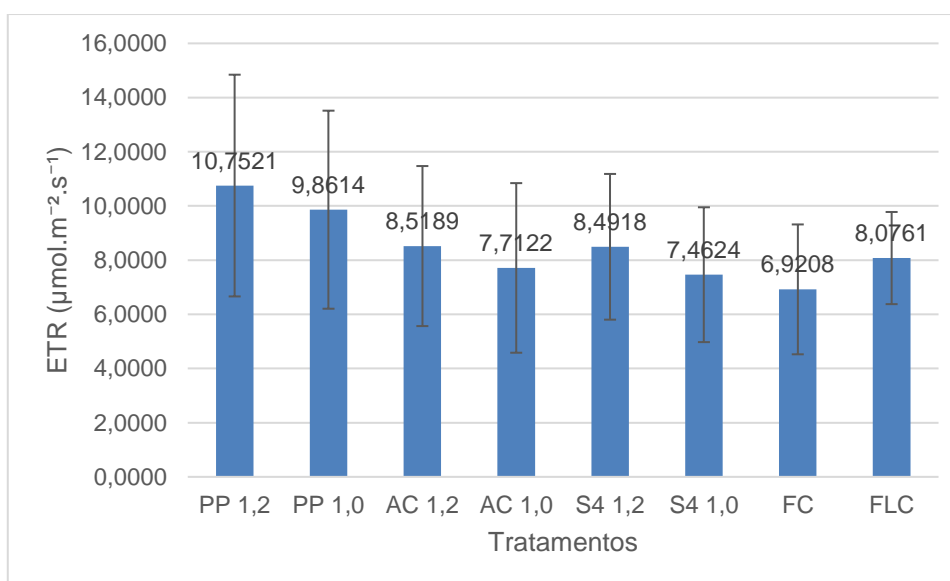
Também se constatou através desta análise da fluorescência da clorofila a que em nenhum tratamento observou-se diferença estatística para os valores médios da taxa de transporte de elétrons (ETR), indicando que nenhuma solução nutritiva ou forma de irrigação foi capaz de alterar este parâmetro avaliado (Tabela 5, Figura 7).

Tabela 5. Valores médios de taxa de transporte de elétrons (ETR) de cada tratamento aferido às 12 horas.

Solução nutritiva	ETR ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	
	1,2	1,0
PP	10,75 aA	9,86 aA
Anthura Comercial	8,52 aA	7,71 aA
Solução Nutritiva 4	8,49 aA	7,46 aA
Fertilizante de liberação controlada	8,08	
Fertirrigação convencional	6,92	
CV (%)	35,08	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas ou maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 7. Valores médios de taxa de transporte de elétrons (ETR) de cada tratamento, aferidos às 12 horas.



Fonte: Autoria própria

Embora não tenha sido observada diferença estatística entre os tratamentos, é importante destacar que todos os tratamentos apresentaram valores médios baixos, especialmente quando comparados aos dados da literatura, que indicam valores

próximos de $30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para plantas de *Phalaenopsis* no período das 12 horas. Sugerindo que, no presente experimento, as plantas estavam expostas a um ambiente com menor incidência de luz, levando a uma redução na taxa de transporte de elétrons (Hogewoning et al., 2021).

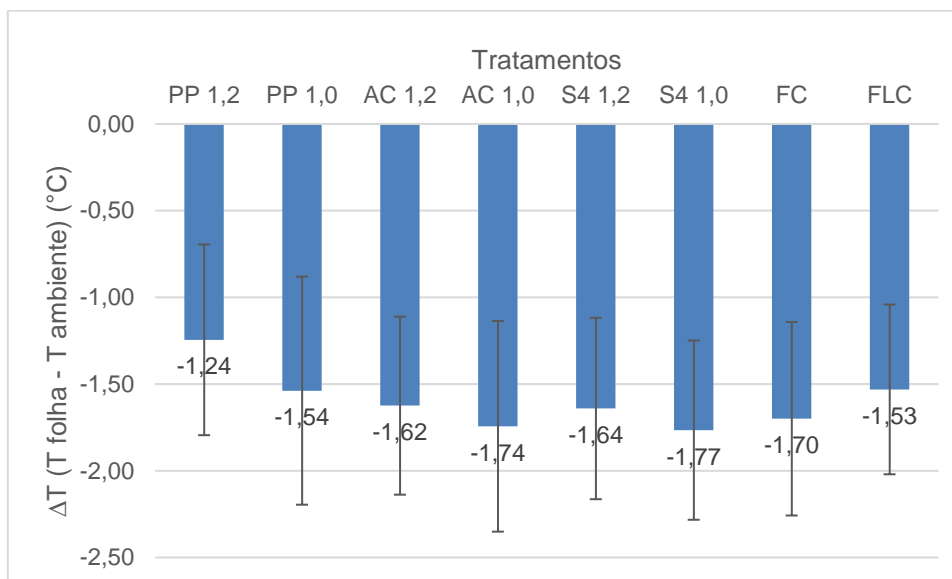
Ao avaliar a diferença de temperatura entre o ambiente e a folha das plantas, verificou-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados (Tabela 6, Figura 8). Isso indica que os diferentes tratamentos não resultaram em variações no comportamento estomático, considerando que a temperatura foliar é um indicador relevante da abertura estomática, uma vez que a transpiração desempenha um papel crucial na regulação térmica da folha. Além disso, destaca-se o pequeno valor médio do ΔT nas plantas avaliadas, o que sugere fechamento estomático, dado que foi observada uma temperatura da folha próxima à temperatura do ambiente, caracterizando termoequilíbrio. (Silva et al., 2015).

Tabela 6. Valores médios para ΔT (T folha - T ambiente) ($^{\circ}\text{C}$) de cada tratamento, aferido às 12 horas.

Solução nutritiva	ΔT (T folha - T ambiente) ($^{\circ}\text{C}$)	
	1,2	1,0
PP	-1,24 aA	-1,54 aA
Anthura Comercial	-1,62 aA	-1,74 aA
Solução Nutritiva 4	-1,64 aA	-1,77 aA
Fertilizante de liberação controlada	-1,70	
Fertirrigação convencional	-1,53	
CV (%)	39,56	

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas ou maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 8. Valores médios para ΔT (T folha - T ambiente) ($^{\circ}\text{C}$) de cada tratamento, aferido às 12 horas.



Fonte: Autoria própria

Quanto a avaliação da condutância estomática, esta não forneceu dados conclusivos, uma vez que, durante as medições realizadas às 6 horas da manhã, não foi observada abertura estomática em nenhuma das plantas.

De acordo com os estudos de Ceusters et al. (2019) e Hogewoning et al. (2021), algumas espécies do gênero *Phalaenopsis* demonstram a capacidade de ajustar seu comportamento estomático em resposta a variações nas condições ambientais. Em situações de déficit hídrico, por exemplo, a planta pode adotar o metabolismo CAM idling, caracterizado pelo fechamento estomático tanto durante o dia quanto à noite. Esse mecanismo visa minimizar a evapotranspiração e a perda de água, resultando em uma redução na entrada de CO_2 no mecanismo fotossintético, reduzindo a sua atividade metabólica.

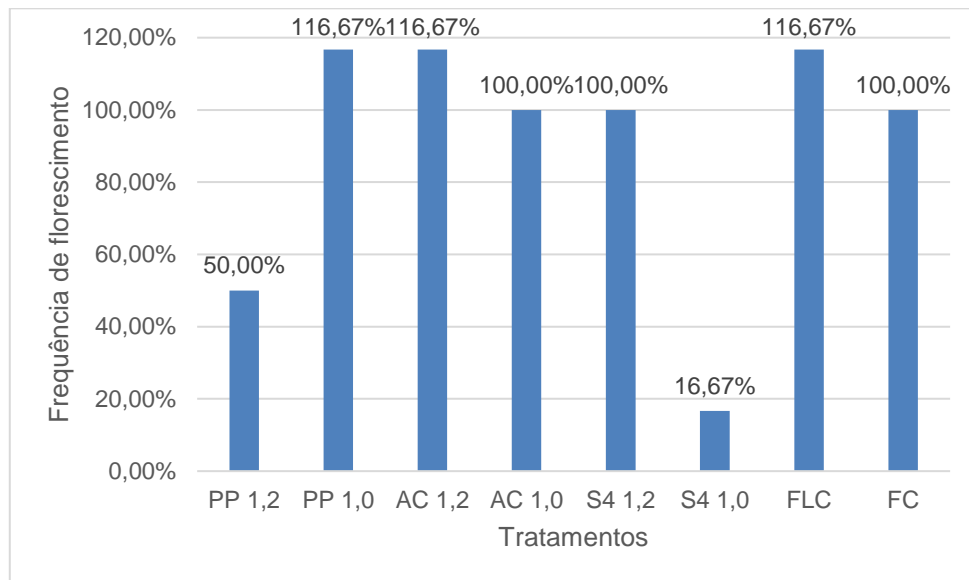
No presente estudo, a observação do fechamento estomático não sugere necessariamente a ocorrência de estresse hídrico nas *Phalaenopsis*. Em vez disso, indica que a característica do metabolismo CAM de *Phalaenopsis*, no qual ocorre fechamento estomático durante o dia e abertura durante a noite (Liu et al., 2016), pode ter sido influenciada nas plantas avaliadas.

5.1.4 Análise biométrica do florescimento

A Figura 9 apresenta a frequência de floração das *Phalaenopsis*, evidenciando que os tratamentos PP 1,0; AC 1,2 e FLC alcançaram os maiores índices,

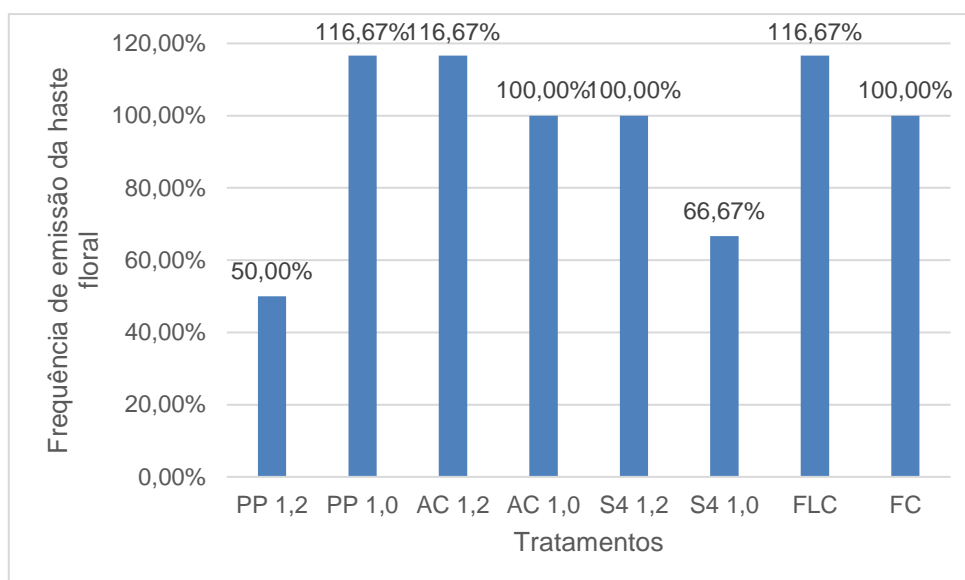
correspondendo a 116,67% de florescimento, considerando o tratamento controle como referência com 100% de florescimento. De forma similar, os tratamentos AC 1,0 e S4 1,2 também apresentaram resultados equivalentes ao controle. Por outro lado, o tratamento PP 1,2 demonstrou uma taxa de florescimento inferior, de 50,00%. O menor índice de florescimento foi registrado no tratamento S4 1,0, com apenas 16,67%

Figura 9. Frequência de florescimento das *Phalaenopsis*



Fonte: Autoria própria

É relevante destacar que a baixa frequência de florescimento observada no tratamento S4 1,0 é atribuída ao abortamento floral, que ocorreu exclusivamente nesta solução nutritiva, visto que, admitindo o controle como 100%, o tratamento S4 1,0 apresentou 66,67% de emissão da haste floral (Figura 10).

Figura 10. Frequência de emissão das hastes florais das *Phalaenopsis*

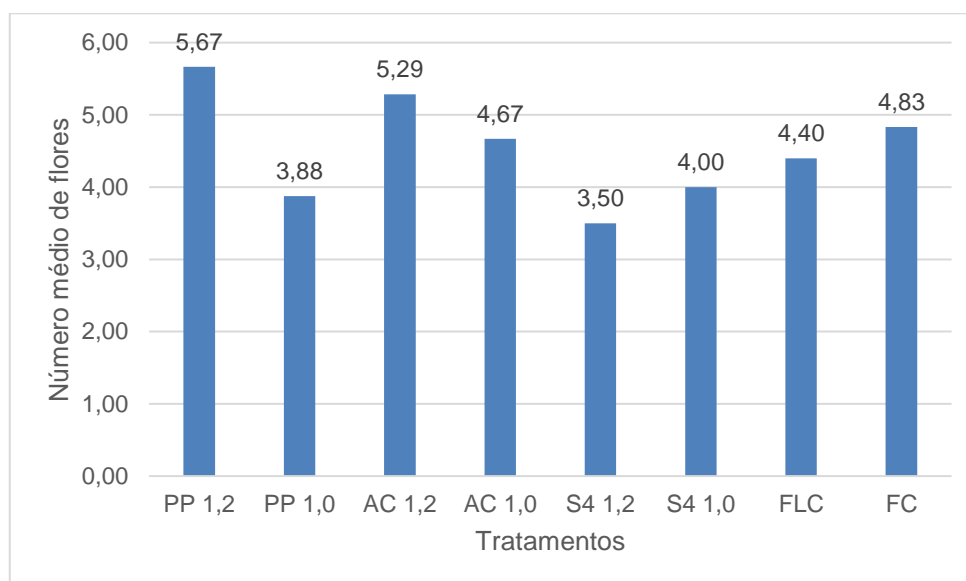
Fonte: Autoria própria

Essa alta taxa de abortamento floral pode ser resultado dos baixos teores de Ca desta solução ($29,72 \text{ mg.L}^{-1}$) em relação às demais (Tabela 1). Considerando que o Ca é um nutriente essencial para a fixação dos botões florais e para a fecundação das flores, e que ele não possui mobilidade dentro da planta, a deficiência desse nutriente manifesta-se nos órgãos mais novos, como os botões florais (Faquin, 2005).

Outra hipótese a ser considerada para a elevada taxa de abortamento floral neste tratamento é o antagonismo entre Ca e K. O tratamento S4 apresentou os maiores teores de potássio, atingindo $106,08 \text{ mg.L}^{-1}$ para a solução com CE 1,0; valor mais de três vezes superior ao teor de cálcio. Essa discrepância pode ter comprometido a absorção de cálcio pelas plantas, levando ao abortamento floral (Sodré et al., 2012).

Em relação ao número de flores por haste de floração, conforme apresentado na Figura 11, os tratamentos PP 1,2 e AC 1,2 exibiram as maiores médias, com 5,67 e 5,2, respectivamente. Em contrapartida, os tratamentos PP 1,0 e S4 1,2 e S4 1,0 apresentaram os menores valores médios, com 3,88; 3,50 e 4,00 respectivamente, o que pode estar relacionado aos menores teores de N presentes nessas soluções (Wang, 2017).

Figura 11. Gráfico dos valores médios do número de flores por haste floral das *Phalaenopsis*



Fonte: Autoria própria

Quanto ao tamanho das flores, os resultados apresentados na Tabela 7 indicam que as diferentes soluções nutritivas, assim como o sistema de fertirrigação, resultaram em diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros reprodutivos das plantas. Para os parâmetros com distribuição normal, confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Dunnett a 5%, para comparar a resposta do tratamento controle FC com os demais tratamentos. Com isso, observou-se que, em nenhum dos tratamentos avaliados, os parâmetros foram estatisticamente inferiores aos registrados no tratamento controle FC.

Tabela 7. Valores médios (cm) aferidos nas flores para diâmetro equatorial (1), diâmetro polar (2), comprimento da primeira pétala (3), diâmetro da primeira pétala (4), comprimento da segunda pétala (5), diâmetro da segunda pétala (6), comprimento da sépala dorsal (7), diâmetro da sépala dorsal (8), comprimento da primeira sépala lateral (9), diâmetro da primeira sépala lateral (10), comprimento da segunda sépala lateral (11), diâmetro da segunda sépala lateral (12), comprimento do labelo (13), abertura vertical do labelo (14), abertura horizontal do labelo (15), comprimento da haste floral (16) e diâmetro da haste floral (17).

Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
PP 1,2	7,76	6,43 b	3,61	4,74	3,64 b	4,75	3,66	2,78	3,73 b	2,52 a	3,78	2,53 a	2,48 b	2,44 b	2,66	35,17	0,47
PP 1,0	7,43	6,48 b	3,43	3,91	3,43 b	3,99	3,56	2,30	3,81 b	2,24 b	3,74	2,22 b	2,49 b	2,31 b	2,52	33,13	0,41
AC 1,2	7,54	6,67 b	3,59	4,38	3,57 b	4,34	3,63	2,46	3,74 b	2,29 b	3,77	2,25 b	2,46 b	2,35 b	2,64	33,90	0,46
AC 1,0	8,76	7,58 a	4,10	4,75	4,14 a	4,58	4,14	2,79	4,27 a	2,47 a	4,31	2,50 a	2,70 b	2,68 a	2,83	36,08	0,47
S4 1,2	8,52	7,61 a	4,10	4,64	4,11 a	4,66	4,13	2,67	4,20 a	2,50 a	4,17	2,47 a	2,76 a	2,60 a	2,78	36,00	0,40
S4 1,0	8,2	7,13 a	3,75	4,78	3,90 a	4,80	3,78	2,48	3,80 b	2,51 a	3,85	2,50 a	2,53 b	2,53 b	2,90	32,80	0,38
FLC	7,66	7,37 a	3,62	4,12	3,68 b	4,19	3,84	2,33	4,02 a	2,20 b	3,99	2,17 b	2,58 b	2,46 b	2,59	39,25	0,43
FC	7,59	6,60 b	3,42	3,68	3,40 b	3,79	3,65	2,32	3,74 b	2,11 b	3,81	2,17 b	2,46 b	2,42 b	2,59	38,36	0,40
CV (%)	3,66	3,57	4,44	6,84	4,15	5,57	3,20	5,16	3,07	3,94	2,80	3,87	5,21	3,55	4,09	-	-

Para os parâmetros que apresentaram normalidade de dados pelo teste Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Médias com a mesma letra nas colunas não diferem do controle (FC) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

É relevante destacar que o tratamento S4 1,2 apresentou todos os parâmetros biométricos avaliados com médias estatisticamente superiores ao tratamento controle FC e este desempenho superior no tamanho das flores pode ser atribuído, em grande parte, aos níveis elevados de K na formulação desta solução nutritiva ($133,12 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), uma vez que, conforme estudos de Wang (1996, 2010), concentrações elevadas de K e P são essenciais para o desenvolvimento de flores maiores e para a extensão do período de florescimento em *Phalaenopsis*. No entanto, é importante ressaltar que o maior tamanho das flores também pode ser influenciado pelo número reduzido de flores neste tratamento (Figura 11), sendo este fator uma possível causa adicional para o desempenho observado.

5.2 Avaliações da interação da solução nutritiva

5.2.1 Interação sem planta

Conforme os valores observados na Tabela 8, para CE e pH do volume de água depositado no sistema após 14 dias e na ausência de planta, foi possível observar que nesse sistema, o esfagno não demonstra potencialidade de alterar a CE e pH da água depositada no sistema, visto que, sem a presença das plantas, após 14 dias em contato com o substrato, a água depositada apresentou valores médios de CE e pH de $0,28 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ e 7,4, respectivamente, ao passo que a água de irrigação apresentava CE e pH de $0,19 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ e 7,7, respectivamente. De acordo com Yen et al. (2011) a elevação da CE e a acidificação do substrato, comumente observada nos sistemas produtivos de *Phalaenopsis*, não demonstram ser causadas pelo substrato esfagno, mas ser principalmente resultado da fertilização e da fisiologia da planta. O mesmo foi observado no presente experimento com o esfagno tendo pouca influência nos parâmetros químicos da água depositada.

Tabela 8. Valores médios para CE, pH e volume da água depositada no sistema Nutripool, com esfagno como substrato e sem planta.

Avaliações	CE ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)	pH	Volume (mL)
Antes da interação no sistema	0,19	7,7	250
Após 14 dias de interação no sistema	0,28	7,4	185

Uma característica observada e relevante a ser destacada é a capacidade de conservação do volume de água de irrigação no sistema Nutripool. Após 14 dias da

reposição de 250 mL de água no reservatório, observou-se um volume médio remanescente de 185 mL por reservatório. Isso corresponde a uma perda de apenas 26% do volume inicial, indicando o potencial de conservação de água de irrigação do sistema Nutripool. Sugerindo que na presença de algum cultivo, o volume de água aplicada poderia ser reduzido ou os intervalos de reposição estendidos, reforçando o potencial sustentável do Nutripool, sobretudo no que diz respeito à eficiência no uso da água.

5.2.2 Análise da condutividade elétrica (CE)

Segundo a análise estatística dos valores para CE dos tratamentos no sistema Nutripool, não foi observado F de interação significativo ao nível de 5% de probabilidade, desta forma não se observou correlação entre solução nutritiva e CE adotada.

No entanto, foi possível observar diferença estatística entre os diferentes tipos de soluções nutritivas (Tabela 9). Também se observou diferença significativa entre o tratamento controle FC para os demais, pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 10). A curva de valores de CE médios avaliados para cada tratamento a cada 14 dias é mostrada na Figura 12.

Tabela 9. Valores médios de CE para o fator solução nutritiva com 14 dias de interação no sistema Nutripool.

Solução nutritiva	CE (mS.cm⁻¹)
PP	1.47 a
Anthura Comercial	1.36 a
Solução Nutritiva 4	1.18 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

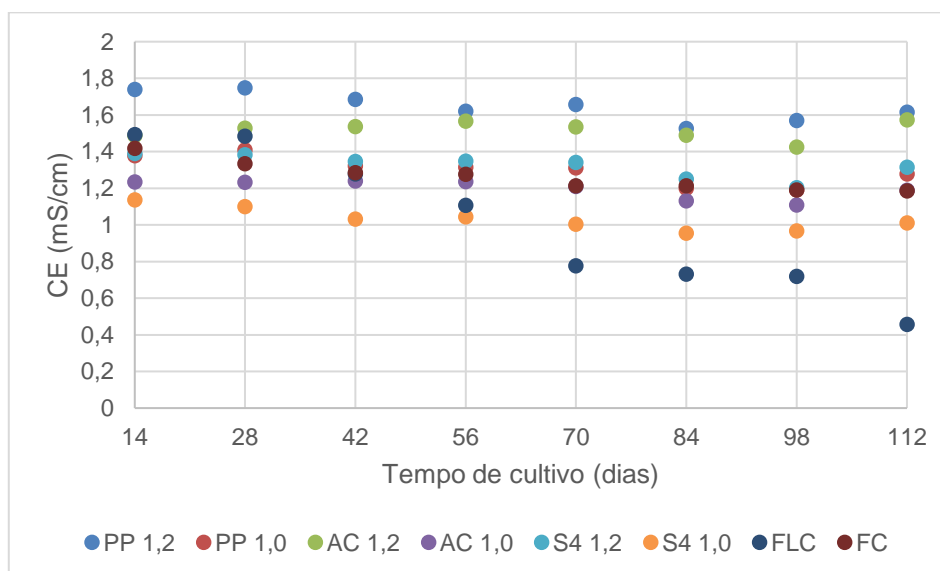
Tabela 10. Valores médios para CE das soluções nutritivas dos tratamentos, após 14 dias de interação no sistema Nutripool e para o dreno dos tratamentos FLC e FC no momento da irrigação.

Solução nutritiva	CE (mS.cm ⁻¹)	
	1,2	1,0
PP	1.65*	1.30
Anthura Comercial	1.52*	1.20
Solução Nutritiva 4	1.32	1.03**
Fertilizante de liberação controlada	1.01**	
Fertirrigação convencional	1.26	
CV (%)	11.78	

Médias seguidas de * apresentam valores significativamente superiores ao tratamento testemunha (FC), ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnet.

Médias seguidas de ** apresentam valores significativamente inferiores ao tratamento testemunha (FC), ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnet.

Figura 12. Valores médios de CE (mS.cm⁻¹) de cada tratamento avaliados a cada 14 dias de interação.



Fonte: Autoria própria

Ao analisar cada formulação de fertirrigação (Tabela 9), observou-se que a solução S4 apresentou uma CE média de 1,18 mS.cm⁻¹, valor que foi estatisticamente inferior aos registados para as soluções PP e AC, que apresentaram CEs médias de 1,47 mS.cm⁻¹ e 1,36 mS.cm⁻¹, respectivamente. Essa diferença observada na CE pode ser atribuída à ausência de ureia na composição da solução S4. Visto isso, nesta solução, não existe o processo de hidrólise da ureia, que leva a formação de íons de amônio (NH₄⁺) e que elevam a CE da solução. Essa reação ocorre pela ação da

enzima urease e esta é produzida por uma diversidade de organismos, incluindo bactérias, leveduras, fungos, algas e plantas, e está amplamente distribuída no ambiente (Vieira, 2017).

Nas soluções em que há ureia em sua composição, o aumento da CE acontece com a solução já inserida no sistema, assim, com a avaliação após 14 dias de interação, os valores de CE das soluções PP e AC apresentaram valores superiores comparado aos tratamentos com solução S4, que apresentou valores menores e mais estáveis, com menor aumento da CE ao longo do tempo de cultivo (Tabela 9)

Ao compararmos a análise de cada tratamento em relação ao tratamento controle FC (Tabela 10), observamos que os tratamentos PP 1,2 e AC 1,2 apresentaram segundo o teste de Dunnett, valores estatisticamente superiores em relação ao tratamento FC, pois apresentaram valores médios para CE de $1,65 \text{ mS.cm}^{-1}$ e $1,52 \text{ mS.cm}^{-1}$, respectivamente, ao passo que no tratamento FC observou-se CE média de $1,26 \text{ mS.cm}^{-1}$. Apesar da solução nutritiva inicial destes três tratamentos apresentarem CE inicial de $1,2 \text{ mS.cm}^{-1}$, quando depositado de maneira estacionária no sistema Nutripool, como nos tratamentos PP 1,2 e AC 1,2; a solução remanescente, após um período de 14 dias, apresentou um valor de CE estatisticamente superior, excedendo os valores de $0,8$ a $1,2 \text{ mS.cm}^{-1}$ recomendado para *Phalaenopsis* (Anthura, 2017), indicando que a interação constante entre solução nutritiva e substrato, na presença das plantas, resultou em elevação da CE.

Os tratamentos PP 1,0; AC 1,0 e S4 1,2 não diferiram estatisticamente para o tratamento controle quanto ao valor médio de CE e os tratamentos S4 1,0 e FLC apresentaram CE média estatisticamente inferior, pelo teste de Dunnett, em relação ao tratamento controle FC, com os valores médios de CE de $1,03 \text{ mS.cm}^{-1}$ e $1,01 \text{ mS.cm}^{-1}$ respectivamente.

Com estes resultados, acerca da CE do sistema sugere-se que a adoção de soluções nutritivas com CEs inferiores, como $1,0 \text{ mS.cm}^{-1}$, por exemplo, pode se tornar uma alternativa interessante para produção de *Phalaenopsis* neste sistema, já que não ocorre a perda de fertilizantes pelo dreno, permitindo a utilização de soluções menos concentradas, para adequação da CE do sistema.

5.2.3 Análise do pH

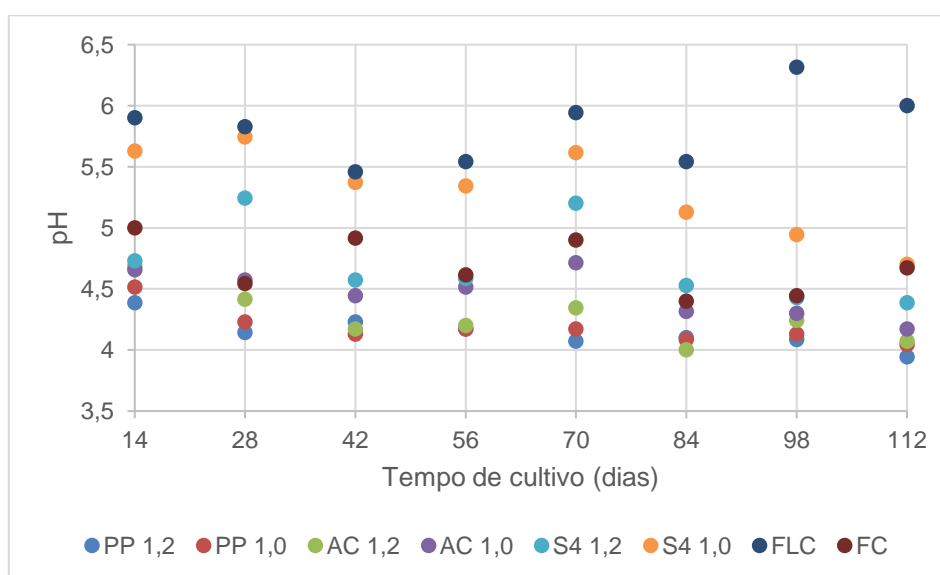
Os valores médios de pH aferidos 14 dias após a aplicação das soluções nutritivas no sistema Nutripool, assim como nos tratamentos FLC e FC, não

apresentaram normalidade dos dados ao nível de 5% de probabilidade, conforme o teste de Shapiro-Wilk (W), impossibilitando a análise estatística dos dados por meio do teste de Tukey. Entretanto foi possível constatar que, com exceção dos tratamentos S4 1,0 e FLC, que registraram pH médio de 5,31 e 5,82, respectivamente, todos os demais tratamentos apresentaram valores médios de pH inferiores a 5,2; valores que não são recomendados para a produção comercial de *Phalaenopsis* (Anthura, 2017) (Tabela 11 e Figura 13).

Tabela 11. Valores médios para pH das soluções nutritivas dos tratamentos, após 14 dias de interação no sistema Nutripool e para o dreno dos tratamentos FLC e FC no momento da irrigação.

Solução nutritiva	pH	
	1,2	1,0
PP	4,14	4,18
Anthura Comercial	4,27	4,46
Solução Nutritiva 4	4,70	5,31
Fertilizante de liberação controlada	5,82	
Fertirrigação convencional	4,96	
CV (%)	5,32	

Figura 13. Gráfico de dispersão dos valores médios de pH de cada tratamento avaliados a cada 14 dias de interação.



Fonte: Autoria própria

Segundo Yen et al. (2011), a produção de *Phalaenopsis* com a utilização de esfagno como substrato leva a uma acidificação do meio pela ação principalmente da rizosfera das plantas que secretam ácidos orgânicos para otimizar a absorção de nutrientes e que embora a natureza dos reagentes implicarem na redução do pH, este não parece ser o principal fator de acidificação do meio.

A utilização de ureia como fertilizante leva a formação de NH_4^+ pela urease produzida pelos microrganismos do substrato e ao ser oxidado libera íons H^+ que acidificam o meio (Wang e Chang, 2017), mas independentemente da utilização deste reagente observou-se acidificação do substrato também nos tratamentos S4 (sem ureia), fato que não foi observado na ausência de plantas, reforçando a hipótese que a presença da planta é o principal fator para a acidificação do meio.

A menor taxa de acidificação observada no tratamento S4 1,0 pode ser explicada pela natureza da solução nutritiva, com CE de $1,0 \text{ mS.cm}^{-1}$, que associada a altos teores de nitrato de potássio, um reagente de alta salinidade, resulta em uma maior diluição dos reagentes para adequação da CE da solução, implicando em menores concentrações de reagentes na solução final que aliado a ausência de ureia em sua composição, apresenta baixo poder de acidificação do meio.

Já no tratamento FLC, a aplicação de *Lithothamnium calcareum* sobre o substrato parece exercer um efeito de correção do pH, devido à presença de altos teores de carbonatos de cálcio em sua composição (Melo e Neto, 2003), que impedem a queda acentuada do pH que foi observada nos demais tratamentos.

5.2.4 Análise do volume de solução nutritiva consumida

A análise estatística dos valores de volume de solução aplicada no sistema Nutripool ou drenada nos vasos com tratamentos convencionais não revelou F de interação significativo entre a CE e a solução aplicada. No entanto, o teste de Dunnett mostrou que todos os tratamentos no sistema Nutripool apresentaram valores de volume significativamente inferiores em relação ao drenado no controle FC, evidenciando o potencial desse sistema na redução de perdas de água e fertilizantes (Tabela 12).

Tabela 12. Valores médios para volume das soluções nutritivas dos tratamentos, após 14 dias de interação no sistema Nutripool e para o dreno dos tratamentos FLC e FC no momento da irrigação.

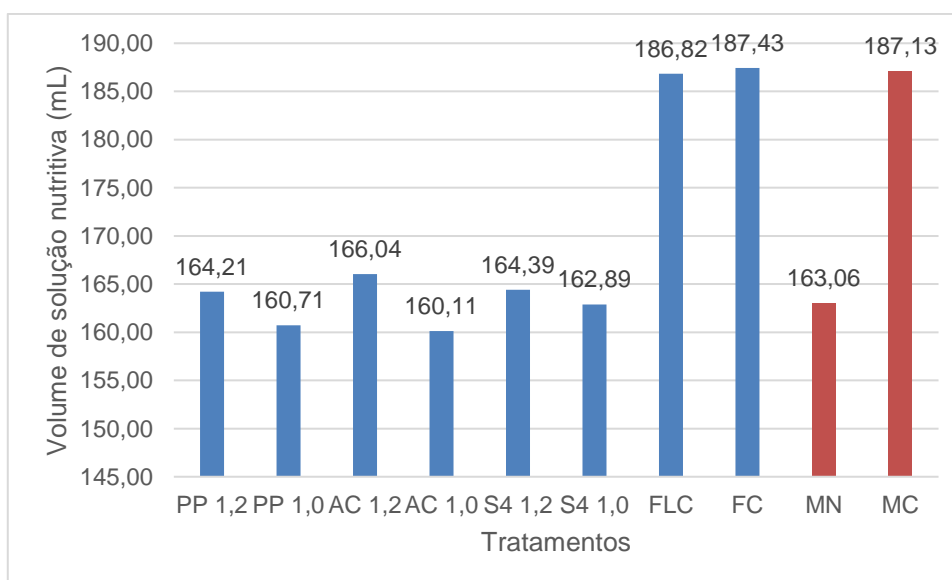
Solução nutritiva	Volume (mL)	
	1,2	1,0
PP	164,21 ns*	160,71 ns*
Anthura Comercial	166,04 ns*	160,11 ns*
Solução Nutritiva 4	164,39 ns*	162,89 ns*
Fertilizante de liberação controlada	186,82	
Fertirrigação convencional	187,43	
CV (%)	9,21	

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade para o teste de Tukey.

Médias seguidas de * apresentam valores significativamente inferiores ao tratamento testemunha (FC), ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnet.

Para os valores médios de volume de solução nutritiva, após 14 dias depositado no sistema Nutripool, observou-se uma média de 163,03 mL, ao passo que quando a irrigação foi realizada de maneira convencional, sobre o substrato, assim como nos tratamentos FLC e FC, observou-se um volume médio de 187,13 mL era perdido no momento da irrigação pelo dreno natural do substrato (Figura 14).

Figura 14. Volume de solução nutritiva (mL) restante no sistema Nutripool após 14 dias de interação, bem como o volume de solução nutritiva coletado pelo dreno nos tratamentos FLC e FC.



MN = médias dos tratamentos sob o sistema Nutripool.

MC = média dos tratamentos FLC e FC

Fonte: Autoria própria

Como era aplicado um volume de 250 mL de solução nutritiva em todos os tratamentos, quando realizado de maneira convencional, observou-se que 74,85% do volume de solução nutritiva era perdido logo no momento da irrigação, enquanto no sistema Nutripool não há perdas de solução por drenagem no momento da irrigação e mesmo após 14 dias no sistema, ainda se observava 65,21% do volume inicialmente aplicado. Esses resultados sugerem que os intervalos de reposição de solução nutritiva também poderiam ser estendidos ou o volume de solução reduzido reforçando o potencial sustentável do Nutripool, sobretudo no que diz respeito à eficiência no uso da água e fertilizantes.

Segundo Floricultura (2023) em 1 m² de bancada há cerca de 50 plantas quando se utiliza o pote 12, assim como no presente experimento, e como *Phalaenopsis* exige 15 L.m⁻² de volume de irrigação por semana, resulta em um consumo de água de 30 L.m⁻² a cada 14 dias. No sistema Nutripool, considerando 250 mL por vaso e considerando 50 vasos.m⁻², aplica-se um volume de 12,5 L.m⁻², volume 58,33% inferior ao convencional, ao mesmo tempo que há um fornecimento ininterrupto de água e fertilizantes as plantas durante todo o período de 14 dias.

Em escala comercial, como em uma área de produção de 1 ha (10.000 m²) por exemplo, utilizando-se do sistema convencional de irrigação por aspersão, seria consumido um volume médio aproximado de 600.000 litros de água mensalmente, enquanto utilizando-se do sistema Nutripool, seria consumido um volume de 250.000 litros. É importante salientar que este volume de consumo de água, se refere a aplicação de 250 mL por vaso e troca da solução a cada 14 dias, prática que pode sofrer alteração, resultando em economias ainda maiores, visto que houve um grande volume de solução que sobrou nos potes, mesmo após 14 dias de cultivo.

5.3 Análise foliar

A Tabela 13 apresenta a análise foliar dos macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) e dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) das *Phalaenopsis*.

Tabela 13. Análise foliar dos teores de macro e micronutrientes das *Phalaenopsis* avaliadas.

Amostra	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/Kg					mg/Kg				
PP 1,2	1,1	17,9	12,5	3,3	0,9	32,8	2,6	33,7	142,8	12,5
PP 1,0	1,3	18,6	18,0	4,7	1,1	36,6	1,7	55,1	207,7	23,1
AC 1,2	1,7	22,0	20,1	4,7	1,5	30,4	1,1	48,6	204,9	15,5
AC 1,0	0,9	14,6	13,4	3,3	0,7	16,6	0,8	42,1	139,0	12,1
S4 1,2	1,3	28,0	16,9	4,1	0,9	16,9	0,7	48,3	209,0	19,4
S4 1,0	1,5	21,2	17,6	4,2	0,9	17,9	0,7	35,2	164,6	14,0
FLC	1,4	22,6	17,4	4,7	0,9	16,9	1,4	46,4	209,9	45,6
FC	1,2	24,5	23,3	3,7	0,8	20,3	1,9	59,2	136,7	14,4

Teor total: P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn: Extração nítrico-perclórico e determinação: ICP-OES. N-Kjeldahl

Ao avaliar os resultados obtidos, destaca-se que o tratamento AC 1,2 apresentou os maiores teores foliares para a maioria dos macronutrientes, apresentando maiores teores para P ($1,7 \text{ g.Kg}^{-1}$), (Mg $4,7 \text{ g.Kg}^{-1}$) e S ($1,5 \text{ g.Kg}^{-1}$), enquanto S4 1,2 apresentou o maior teor de K (28 g.Kg^{-1}) e FC apresentou o maior teor de Ca ($23,3 \text{ g.Kg}^{-1}$).

Já o tratamento AC 1,0 apresentou os menores teores foliares para todos os macronutrientes, apresentando menores teores para P ($0,9 \text{ g.Kg}^{-1}$), K ($14,6 \text{ g.Kg}^{-1}$), Ca ($13,4 \text{ g.Kg}^{-1}$), (Mg $3,3 \text{ g.Kg}^{-1}$) e S ($0,7 \text{ g.Kg}^{-1}$).

A diferença nos teores de nutrientes não se refletiu nos dados coletados na biometria das plantas, uma vez que, apesar das variações nos teores observados entre os tratamentos, todos apresentaram desenvolvimento vegetativo estatisticamente semelhantes (Tabela 2). Em relação ao desenvolvimento reprodutivo, não se observou uma relação clara com os teores foliares aferidos, sugerindo que a redistribuição dos nutrientes ou fatores limitantes podem ter interferido no desempenho do florescimento.

5.4 Análise visual

Ao avaliarmos as imagens referentes as plantas na fase de florescimento, como ilustrado nas Figuras 15 a 22 é destacável o vigor da parte vegetativa das plantas de todos os tratamentos, que apresentam folhas com aspecto saudável e coloração verde vivo a verde escuro, sem arroxamento das folhas, estresse hídrico ou deficiência nutricional. Além disso também foi observado raízes vigorosas em todos os tratamentos, com grande espessura do velame e sem sintomas de deficiências nutricionais ou toxidez.

Quanto ao florescimento, as Figuras 15 a 22 evidenciam a resposta de cada tratamento na fase reprodutiva das *Phalaenopsis*. Ao compararmos visualmente os tratamentos, observamos que PP 1,0, AC 1,2, AC 1,0, S4 1,2 e FLC apresentaram desempenho semelhante ao do tratamento controle FC no aspecto visual das plantas. Reiterando a viabilidade da utilização de menores teores de fertilizantes para a produção de *Phalaenopsis* sob o sistema Nutripool.

Figura 15. Tratamento PP 1,2



Fonte: Autoria própria

Figura 16. Tratamento PP 1,0



Fonte: Autoria própria

Figura 17. Tratamento AC 1,2



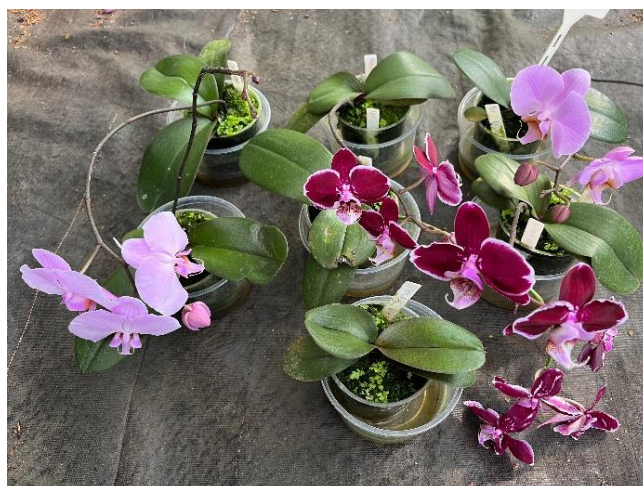
Fonte: Aatoria própria

Figura 18. Tratamento AC 1,0



Fonte: Aatoria própria

Figura 19. Tratamento S4 1,2



Fonte: Aatoria própria

Figura 20. Tratamento S4 1,0



Fonte: Aatoria própria

Figura 21. Tratamento FLC



Fonte: Aatoria própria

Figura 22. Tratamento FC



Fonte: Aatoria própria

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com o sistema Nutripool demonstraram que, para todas as soluções nutritivas avaliadas, o desenvolvimento vegetativo das plantas foi semelhante ao observado no tratamento com fertirrigação convencional ou com o uso de fertilizantes de liberação controlada.

Os diferentes teores de nutrientes em cada solução influenciaram os desempenhos de florescimento de maneira distinta, sendo que os tratamentos com os melhores resultados foram PP 1,0, AC 1,2, AC 1,0, S4 1,2, FLC e FC.

Dentre todas as soluções nutritivas avaliadas no sistema Nutripool, em comparação com a fertirrigação convencional, a solução AC 1,0 destacou-se como a melhor alternativa para a produção de *Phalaenopsis* neste sistema. Isso se deve ao fato de que, no tratamento em que foi utilizada, as plantas apresentaram desempenho semelhante ao do tratamento controle, com um consumo de fertilizante inferior em relação aos demais, aproveitando de forma mais eficiente o potencial sustentável do sistema Nutripool.

A adoção de soluções nutritivas com CE inferior à utilizada comercialmente, como $1,0 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, dentro do sistema Nutripool, conforme observado nos tratamentos PP 1,0 e AC 1,0, não prejudicou o desenvolvimento das plantas de *Phalaenopsis*. Isto foi evidenciado pelos resultados desses tratamentos, que foram equivalentes aos do tratamento controle.

A utilização de Basacote® Plus 6M 16-08-12 e *Lithothamnium calcareum* revelou-se uma alternativa viável no cultivo de *Phalaenopsis*, oferecendo benefícios tanto em termos de desempenho quanto de eficiência no uso de recursos.

O sistema Nutripool provocou uma elevação da CE e uma acidificação da solução depositada, pelo efeito principalmente do metabolismo das plantas de *Phalaenopsi*. Apesar disso, essas alterações não foram responsáveis por prejuízos no desenvolvimento vegetativo ou no florescimento, sendo mais determinantes as particularidades de cada fertilizante nas soluções nutritivas.

O sistema Nutripool demonstrou ser eficaz no fornecimento contínuo e ininterrupto de água e fertilizantes, sem comprometer o desenvolvimento das plantas, ao mesmo tempo em que reduziu substancialmente o consumo de água e fertilizantes, que aliado à aplicação de soluções nutritivas adequadas, representa uma alternativa viável à fertirrigação por microaspersão atualmente utilizada na produção comercial.

Embora os estudos sobre a interação de soluções nutritivas no cultivo de *Phalaenopsis* ainda sejam limitados no Brasil, é essencial a realização de mais pesquisas nesta área, a fim de proporcionar soluções sustentáveis e otimizar o cultivo deste importante produto da floricultura nacional e mundial.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHURA. Cultivation Guide *Phalaenopsis* pot plants. Holanda: IMAC, 2017.

ANTHURA. New experiences and insights in nutrition strategy, 2023. Disponível em: <https://www.anthura.nl/growing-advise/new-experiences-and-insights-in-nutrition-strategy/?lang=en&cookies=ok>. Acesso em: 12 mar. 2023.

ASSIS, A. M. de et al. Cultivo de orquídea em substratos à base de casca de café. *Bragantia*, v. 70, n. 3, p. 544–549, 2011.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annu. Rev. Plant Biol.*, v. 59, n. 1, p. 89-113, 2008.

BARROS, F. et al. Checklist of the Orchidaceae from the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Iheringia - Serie Botanica*, v. 73, p. 287–296, 2018.

BARROS, F.; PINHEIRO, F.; LOURENÇO, R. de A. *Orquídeas: Algo mais que belas flores*. 621-649. 2008.

CALIGARIS, B. S. A. et al. A importância do Plano Nacional de Fertilizantes para o futuro do agronegócio e do Brasil. 2022.

CAMARGO, P. R. de. Orquídeas. Piracicaba: *Série Produtor Rural*, 2017. 185 p.

CARON, J.; ROCHEFORT, L. Use of peat in growing media: State of the art on industrial and scientific efforts envisioning sustainability. In: *International Symposium on Responsible Peatland Management and Growing Media Production*, 982. 2011. p. 15-22.

CASTRO, A. C. R. de et al. Brazilian ornamental phylogenetic resources in Embrapa germplasm banks: obstacles and opportunities. *Ornamental Horticulture*, v. 28, n. 4, p. 396–406, out. 2022.

CASTRO, P. R. de C. et al. Orquídeas. nº Especial (Série Produtor Rural). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2017.

CEUSTERS, N. et al. Performance index and PSII connectivity under drought and contrasting light regimes in the CAM orchid *Phalaenopsis*. *Frontiers in plant science*, v. 10, 2019.

CHASE, M. W. et al. An updated classification of Orchidaceae: Updated Classification of Orchidaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Linnean Society of London, v. 177, n. 2, p. 151–174, 2015. <https://doi.org/10.1111/boj.12234>

DE, L. C. et al. Production technology of *Phalaenopsis*. *Technical Bulletin*, n. 15, p. 26, 2013.

EMBRAPA. O desafio do uso da água na agricultura brasileira. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/sobre-o-tema>>. Acesso em: 28 jul. 2024.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: Como superar os desafios relacionados à água na agricultura. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1333398/>. Acesso em: 8 jul. 2024.

FAQUIN, V. *Nutrição Mineral de Plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FLORICULTURA. *Phalaenopsis* planta de vaso. 2023. Disponível em: https://www.floricultura.com/media/3939/phalaenopsis-planta-de-vaso_ptbr.pdf. Acesso em: 12 mar. 2023.

HOGEWONING, S. W. et al. CAM-physiology and carbon gain of the orchid *Phalaenopsis* in response to light intensity, light integral and CO₂. *Plant, Cell & Environment*, v. 44, n. 3, p. 762-774, 2021.

IBRAFLOR. O Mercado de Flores no Brasil. Disponível em: <https://www.ibraflor.com.br/numeros-setor>. Acesso em: 8 jul. 2024.

JOHNSTON, E. Exploring the orchid family tree. Disponível em: <<https://www.kew.org/read-and-watch/orchid-family-tree>>. Acesso em: 27 ago. 2024.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Sustainability in Brazilian floriculture: introductory notes to a systemic approach. *Ornamental Horticulture*, v. 24, n. 2, p. 155-162, 2018.

JÚNIOR, J. C. de L. et al. Mapeamento e Quantificação da Cadeia de Flores e Plantas Ornamentais do Brasil. 2015.

KÄMÄRÄINEN, A. et al. Physical growing media characteristics of Sphagnum biomass dominated by *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. 2018.

LIU, Y. C. et al. Effect of low irradiance on the photosynthetic performance and spiking of *Phalaenopsis*. *Photosynthetica*, v. 54, p. 259-266, 2016.

LI-600 and LI-600N Porometer/Fluorometer. Disponível em: <<https://www.licor.com/env/products/LI-600/>>. Acesso em: 5 ago. 2024.

MARIN, F. R. et al. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. *Revista de Política agrícola*, v. 25, n. 3, p. 108-124, 2016.

MEZZALIRA, F. K.; KUHN, B. C. O prestígio da família Orchidaceae para o mundo: artigo de revisão. *Revista Pleiade*, v. 13, n. 29, p. 58-68, 2019.

MEZZALIRA, F. K.; KUHN, B. C. Padronização de um protocolo para assepsia de segmentos nodais de *Phalaenopsis* para clonagem in vitro. In: *Colloquium Agrariae*, 2021.

MEZZALIRA, F. K.; KUHN, B. C. Uso de ferramentas da bioinformática para determinação dos possíveis efeitos do β -caroteno no cultivo in vitro de *Phalaenopsis*. In: *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215. 2020. p. 101-113.

NALLIAH, V.; RANJAN, R. Sri. Evaluation of a capillary-irrigation system for better yield and quality of hot pepper (*Capsicum annuum*). *Applied Engineering in Agriculture*, v. 26, n. 5, p. 807-816, 2010.

NICOLAU, P. B. Observe as raízes das suas orquídeas. *Lusorquídeas*, v. 10, n. 3, p. 99-103, 2018.

GLOBO. O que os cientistas dizem sobre os recordes de seca e calor em SP. Disponível em: <<https://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2014/10/o-que-os-cientistas-dizem-sobre-os-brecordes-de-seca-e-calor-em-spb.html>>. Acesso em: 10 nov. 2024.

PAULA, J. C. B. de et al. Fertilizante de liberação controlada no crescimento inicial da orquídea *Phalaenopsis* sp. *Cultura Agronomica*, v. 29, n. 2, p. 289–299, 2020. <<https://doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n2p289-299>>

POLLET, B. et al. Diurnal cycle of chlorophyll fluorescence in *Phalaenopsis*. *Photosynthetica*, v. 47, n. 2, p. 309–312, 2009.

REETZ, H. F. *Fertilizantes e seu uso eficiente*. São Paulo: ANDA, 2017.

REINIKAINEN, Olli et al. Harvesting of Sphagnum biomass and its use as a growing medium constituent. In: *Proceedings of the 14th International Peat Congress. Stockholm: International Peat Society*, 2012. p. 1-6.

RODRIGUES, Guilherme Feleto. Interação dos substratos e solução nutritiva no cultivo de orquídea *Phalaenopsis* em vaso. 2023.

ROYAL FLORA HOLLAND. Annual report 2018: Top 5 Kamerplanten, 2018.

SCHOENMAKER, K. Boletim Informativo Ibraflor. v. 81, 2017.

SEMANANDA, N. P. K; WARD, J. D.; MYERS, B. R. A semi-systematic review of capillary irrigation: The benefits, limitations, and opportunities. *Horticulturae*, v. 4, n. 3, p. 23, 2018.

SENAR. Plantas ornamentais: estruturas para a produção. Coleção Senar, 2018.

SILVA, L. da et al. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, p. 965-972, 2010.

SILVA, F. G. da et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 10, p. 946–952, out. 2015.

SILVAN, N. et al. Renewability, use and properties of Sphagnum biomass for growing media purposes. In: Book of abstracts. *The 14th International Peat Congress, Peatlands in Balance*. 2012. p. 3-8.

SODRÉ, G. A. et al. Extrato da casca do fruto do cacauero como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacauero. *Revista brasileira de fruticultura*, v. 34, p. 881-887, 2012.

SUZUKI, R. M. Breve análise sobre o comércio exterior de orquídeas no Brasil. *21ª Reunião Anual do Instituto de Botânica*, p. 1-4, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed. 2016. 888 p.

TAKANE, R. J.; YANAGISAWA, S. S.; PIVETTA, K. F. L. Cultivo moderno de orquídeas *Cattleya* e seus híbridos. Fortaleza: Graf House, 2010. 179 p.

WANG, Y.-T. Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. *Scientia Horticulturae*, v. 65, n. 2-3, p. 191-197, 1996.

WANG, Y.-T. *Phalaenopsis* mineral nutrition. In: *I International Orchid Symposium*, 878. 2010. p. 321-333.

WANG, Y.-T.; CHANG, Y.-C. A. Effects of nitrogen and the various forms of nitrogen on *Phalaenopsis* orchid—a review. *HortTechnology*, v. 27, n. 2, p. 144-149, 2017.

YEN, W.-Y.; CHANG, Y.-C. A.; WANG, Yin-Tung. The acidification of sphagnum moss substrate during *Phalaenopsis* cultivation. *HortScience*, v. 46, n. 7, p. 1022-1026, 2011.

ZANDONÁ, A. P. et al. Substratos alternativos ao esfagno na aclimatização de plântulas de *Arundina graminifolia* “alba” (Orchidaceae). *Ornamental Horticulture*, v. 20, n. 1, p. 7-12, 2014.