

PEDRO HENRIQUE FERREIRA CASTRO MAGALHÃES

**DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO E MAGNÉSIO EM
DIFERENTES SUBSTRATOS PARA MUDAS DE *Eucalyptus saligna***

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal.

VIÇOSA – MG

SETEMBRO DE 2013

AGRADECIMENTOS

A Deus;

Aos meus pais, pelas orações e estímulos;

À minha irmã, Bárbara, pelo apoio e base;

Aos meus amigos de curso que tornaram este trabalho menos árduo;

Aos profissionais do Viveiro Florestal e dos laboratórios de Rotina, Fertilidade e Solos Florestais da UFV por toda a ajuda durante o trabalho;

Aos professores Haroldo Nogueira de Paiva e Nairam Félix de Barros, pela orientação, confiança e dedicação.

BIOGRAFIA

Pedro Henrique Ferreira Castro Magalhães, filho de Eriberto Antônio Castro Magalhães e Rozely Batista Ferreira Magalhães, nasceu no dia três de maio de 1988 em Ponte Nova, Minas Gerais.

Em 2005 concluiu o ensino médio no Colégio Equipe, em Ponte Nova, Minas Gerais.

Em março de 2008 ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Em 2010 integrou o projeto “Mudar Gerais”, coordenado pelo professor Sebastião Renato Valverde.

Em 2011 foi bolsista no Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo) do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, coordenado pelo professor Elpídio Inácio Fernandes Filho.

Em julho de 2012 foi aceito como bolsista do CNPq através do trabalho intitulado de “Avaliação da disponibilidade de macronutrientes em diferentes substratos para mudas de *Eucalyptus*”.

CONTEÚDO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – OBJETIVO.....	3
3 – REVISÃO DE LITERATURA.....	4
4 – MATERIAL E MÉTODOS.....	8
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
6 – CONCLUSÃO.....	30
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
8 – ANEXOS.....	34

RESUMO

MAGALHAES, P.H.F.C. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Viçosa, Agosto de 2013. **Disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio em diferentes substratos para mudas de *Eucalyptus saligna*.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientador: Nairam Félix de Barros.

Os substratos estão gradativamente substituindo o solo mineral no cultivo em recipiente. Assim como a planta precisa de um meio para se desenvolver, ela também necessita realizar a absorção de nutrientes, essencial para suprir as necessidades de seu metabolismo. Os macronutrientes são aqueles necessários em maiores quantidades pela planta. No Brasil, existem poucos trabalhos científicos que evidenciam métodos para serem utilizados na caracterização dos teores disponíveis dos macronutrientes nos principais substratos utilizados. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar os teores dos macronutrientes fósforo, potássio, cálcio e magnésio em substratos comerciais utilizados como meio de crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna*, além de comparar os métodos de extração utilizados em laboratórios de rotina o Extrato de Saturação. Foi elaborado um experimento com oito tratamentos e quatro repetições, utilizando três substratos amplamente utilizados: Tropstrato Florestal (mistura de casca de pinus e vermiculita), Terral Solo (mistura de turfa, esterco bovino e vermiculita) e Bioplant Plus (fibra e pó de coco). Além disso, foi feita a mistura do Tropstrato com Vermiculita e foi analisada a quantidade de nutrientes nos tratamentos com e sem adubação. Foi também montado um sistema de coleta do lixiviado. Após quatro meses da semeadura, foi determinada a altura e sobrevivência das mudas. Os materiais foram recolhidos e levados ao laboratório para as análises. Foi feita a correlação entre os teores encontrados nos substratos e os encontrados nas mudas, acrescidos dos encontrados no lixiviado. O tratamento utilizando o Bioplant + Adubação proporcionou a maior média de crescimento entre as mudas, enquanto o tratamento utilizando a mistura de Tropstrato + Vermiculita

sem adubação, a menor. Avaliando as análises de rotina os tratamentos que utilizaram o Bioplant Plus e Tropstrato Florestal + Vermiculita (acrescidos de adubação) obtiveram os melhores resultados na planta, enquanto o primeiro encontrou os maiores valores de todos os nutrientes ao se analisar o lixiviado. Comparando os extratores utilizados nas análises de rotina com o Extrato de Saturação, ambos se mostraram adequados para a determinação de fósforo e inadequados para a determinação de potássio, cálcio e magnésio.

INTRODUÇÃO

No passado, o solo mineral foi extensamente utilizado para o cultivo em recipiente, por poder fornecer nutrientes e fixação para as plantas, mas devido ao alto custo necessário para o combate de pragas e doenças e as características físicas e químicas frequentemente indesejáveis, novos materiais começaram a ser estudados e empregados como substitutos, e foram denominados substratos.

Como substrato entende-se o produto usado em substituição ao solo, para produção vegetal. Ou, o meio em que se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo “in situ” (KAMPF, 2000). Considera-se sua função primordial, prover suporte às plantas nele cultivadas (FERMINO, 1996; KAMPF, 2000; ROBER, 2000). O fornecimento de nutrientes não está entre as suas características principais, já que podem ser proporcionados pela adubação.

Os substratos são utilizados no mundo todo para o cultivo de plantas, principalmente no cultivo de flores e mudas de hortaliças, citros, espécies florestais, e fumo, estando em franco desenvolvimento nas várias regiões do Brasil (SANTOS, 2005).

A caracterização física e química dos substratos é necessária para a sua correta formulação e, também, para a recomendação e monitoramento das adubações nos sistemas de cultivo protegido. Contudo, até o presente, não há um método que seja totalmente aceito como o melhor para caracterizar quimicamente os substratos, embora haja consenso sobre quais análises necessitam ser feitas (ABREU et al., 2007).

As plantas, nos seus diversos estágios de desenvolvimento, utilizam os nutrientes no seu metabolismo. Dentre eles, existem os que são necessários em maiores quantidades para a sobrevivência das mudas, denominados macronutrientes. Entretanto, os produtores tendem a abusar desses componentes essenciais, o que pode gerar efeitos indesejáveis nas plantas. A recomendação de adubação para esses nutrientes, então, não pode ser feita de modo indiscriminado.

No Brasil, existem poucos trabalhos científicos que evidenciam métodos para serem utilizados na caracterização dos teores disponíveis dos macronutrientes nos principais substratos utilizados. Para se evitar gastos desnecessários e efeitos fitotóxicos pelo excesso de aplicação na cultura, a avaliação desses teores disponíveis é fundamental, necessitando-se de métodos que apresentem boas correlações com os conteúdos obtidos nas plantas.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores dos macronutrientes fósforo, potássio, cálcio e magnésio em diferentes substratos comerciais utilizados como meio de crescimento para mudas de *Eucalyptus*, além de comparar os métodos de extração utilizados em laboratórios de rotina com o Extrato de Saturação.

REVISÃO DE LITERATURA

Substratos como meio de crescimento para plantas

Substrato para plantas corresponde à matéria-prima ou mistura de matérias-primas que substituem o solo no cultivo, servindo de suporte para as mudas e ancoragem para as raízes e possibilitando o fornecimento de quantidades equilibradas de ar, água e nutrientes (ZORZETO, 2011).

Segundo Muller (2000), os insumos básicos utilizados pelas empresas produtoras de substratos no Brasil são casca de pinus compostada, carvão, perlita expandida, turfa, vermiculita expandida, espuma fenólica, casca de arroz carbonizada, fibra de coco e linhito, utilizados em diversas proporções e misturas, de acordo com o padrão de cada empresa.

A dinâmica de cultivo em solo e em substratos é bastante distinta, devido, principalmente, às condições existentes no perfil do solo e nos recipientes de cultivo em substrato. Enquanto no solo há um perfil contínuo, nos recipientes o volume de substratos é limitado (KLEIN et al., 2002), o que define o espaço para o crescimento das raízes. Isso gera uma consequente

necessidade para o adequado desenvolvimento das plantas: o substrato deve manter um volume adequado de ar e de água facilmente disponíveis (BUNT, 1961). Caso contrário o crescimento das plantas poderá ser comprometido, seja por asfixia das raízes por falta de oxigênio, por desidratação pela não retenção de água, por excesso, deficiência ou desequilíbrio das concentrações de nutrientes ou por outros problemas causados indiretamente pelos fatores supracitados, que tornam as plantas mais suscetíveis ao ataque de pragas ou doenças (MINER, 1994).

A utilização do substrato em substituição ao solo no cultivo de certas culturas relaciona-se com a necessidade de transportar as plantas de um lugar para outro, ou à existência de fatores que limitam o cultivo intensivo no solo, como salinização, ou ocasionalmente a transmissão de patógenos (ZORZETO, 2011).

O papel dos macronutrientes nas plantas

A absorção de nutrientes é realizada pela planta para suprir as necessidades de seu metabolismo, que compreende os processos pelos quais estes nutrientes serão utilizados para seu crescimento e manutenção (EPSTEIN & BLOOM, 2006). De acordo com Mengel et al. (2001) um elemento é dito essencial se na sua ausência a planta tiver seu ciclo vital impedido, se for constituinte ou metabólito essencial para a planta ou se não puder ser substituído por outro elemento.

Os nutrientes podem ainda ser classificados como macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), exigidos em maiores quantidades ou micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se e Zn) se exigidos em quantidades menores. Com exceção do C, H e O, os vegetais adquirem seus nutrientes na forma de íons inorgânicos (FANTI & PERES, 2003), e normalmente são absorvidos diretamente da solução do solo (CASTRO, 2007).

O nitrogênio tem função estrutural no vegetal, pois faz parte de muitos componentes da célula, como proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucléicos, enzimas, coenzimas, vitaminas e pigmentos e participa de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (CASTRO, 2007).

O fósforo é um componente integral de compostos como ésteres de carboidratos, fosfolipídios, coenzimas e ácidos nucléicos. Está envolvido em processos de armazenamento e transferência de energia e fixação simbiótica do N. Este nutriente está relacionado com a formação rápida de raízes, maturação acelerada de frutos, aumento da frutificação e do teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas (CASTRO, 2007).

O potássio é vital para muitos processos fisiológicos na planta, como osmorregulação, fotossíntese e transpiração. Tem grande importância para o balanço hídrico da planta, pois a absorção de água nas células e tecidos é consequência da absorção ativa deste elemento. O adequado conteúdo de K em tecidos jovens é indispensável para a obtenção do turgor ótimo das células,

que é requerido para expansão da célula. Além disso, a abertura e o fechamento dos estômatos dependem do fluxo de K (MENGEL et al., 2001).

O cálcio é o constituinte estrutural dos pectatos de cálcio da lamela média das células e está envolvido no funcionamento das membranas e na absorção iônica (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo Mengel et al. (2001), a deficiência de Ca é caracterizada pela redução de crescimento dos tecidos meristemáticos, pois este nutriente está envolvido na manutenção da integridade e da estabilidade da membrana e da expansão celular.

O magnésio é um cátion bivalente e está envolvido em processos como síntese orgânica, balanço eletrolítico e estabilidade dos ribossomos. É ativador de muitas enzimas, ATPases, RNA polimerases, fosfatases, carboxilases entre outros. Quase todas as enzimas fosforilativas dependem da presença do Mg, que forma uma ponte entre a adenosina trifosfato (ATP) ou a adenosina difosfato (ADP) e a molécula da enzima (MALAVOLTA et al., 1997). Participa também da organização das membranas dos tilacóides, atua como um co-fator e ativador alostérico de enzimas envolvidas na fixação de CO₂ (HERMANS & VERBRUGGEN, 2008).

O enxofre é requerido para síntese de aminoácidos. As plantas absorvem S na forma de iônica de sulfato (CASTRO, 2007). O S é um ânion bivalente, componente de aminoácidos, proteínas, vitaminas e coenzimas (MALAVOLTA et al., 1997).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal e nos laboratórios de Rotina, Fertilidade e Solos Florestais da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizadas sementes de *Eucalyptus saligna* que foram semeadas em tubetes de plástico rígido de 50 cm³ de capacidade no dia 20/12/2012.

Foram escolhidos três substratos amplamente utilizados: Tropstrato Florestal, Terral Solo e Bioplant Plus. Estes foram utilizados puros (com e sem adubação) ou misturados a outras substâncias (vermiculita) para compor os diferentes tratamentos (Tabela 1).

O Tropstrato Florestal, da marca Vida Verde[®], é descrito como um substrato para mudas florestais em geral, tendo como matéria prima a casca de pinus e a vermiculita expandida. É também enriquecido com macro e micronutrientes. Possui um pH de 5,8, condutividade elétrica de 1,2 mS/cm (na proporção água:substrato de 1,5:1) e densidade de 190 kg/m³ (base seca). A empresa garante ser um produto que já vem pronto para o uso, que gera mudas vigorosas e uniformes, além de ser isento de ervas daninhas e microorganismos patogênicos.

O Terral Solo, da empresa Terral[®], é constituído de misturas de turfa, esterco bovino, calcário, fosfato natural e vermiculita. Possui um pH que varia de 5,5 a 6,5. É balanceado nutricionalmente, com a empresa garantindo uma boa retenção de água, melhor enraizamento e mais vitalidade para as plantas.

O Bioplant Plus, da marca Bioplant[®], tem como matéria prima principal a fibra e o pó de coco. Como agregantes têm-se a casca de pinus, vermiculita, casca de arroz, macro e micronutrientes. Possui um pH que varia entre 6,0 a 6,5 e condutividade elétrica de 1,4 mS/cm (na proporção água:substrato de 1:5). A empresa o descreve como um substrato ideal para mudas em geral devido à maior porosidade, que facilita as trocas gasosas, além de um maior desenvolvimento radicular.

Para a adubação de base foi escolhido o NPK 04-14-08 (mistura de grânulos). Foram utilizados 11 gramas do adubo para cada 2.200 gramas de substrato, realizando a mistura dos componentes no momento da sementeira. O enriquecimento com os nutrientes foi feito apenas nos tratamentos que exigiam a adubação.

O ensaio obedeceu um esquema fatorial de 8 tratamentos em 4 repetições (Tabela 1), totalizando 32 unidades experimentais, em delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo que cada unidade experimental correspondeu a seis tubetes.

Tabela 1: Tratamentos adotados no estudo e suas respectivas composições e adubações.

Tratamentos	Composição / Adubação
Tratamento 1	Tropstrato Florestal (2.200g) + Adubação NPK 04-14-08 (11g)
Tratamento 2	Terral Solo (2.200g) + Adubação NPK 04-14-08 (11g)
Tratamento 3	Bioplant Plus (2.200g) + Adubação NPK 04-14-08 (11g)
Tratamento 4	Tropstrato Florestal (1.100g) + Vermiculita (1.100g) + Adubação NPK 04-14-8 (11g)
Tratamento 5	Tropstrato Florestal (2.200g) - Sem adubação adicional
Tratamento 6	Terral Solo (2.200g) - Sem adubação adicional
Tratamento 7	Bioplant Plus (2.200g) - Sem adubação adicional
Tratamento 8	Tropstrato Florestal (1.100g) + Vermiculita (1.100g) - Sem adubação adicional

O sistema de irrigação escolhido foi o de aspersão. Foi feita a medição do lixiviado, que era coletado por garrafas PET de 2,5 litros, colocadas por debaixo dos tubetes, em cada unidade experimental (Figura 1). A coleta foi feita periodicamente, em intervalos semanais, até o final do experimento.



Figura 1: Bandejas caixa com os tratamentos e sistema de coleta de lixiviado (garrafas PET).

Decorridos 30 dias da sementeira foi feito o raleio das mudas e iniciada a adubação de cobertura dos tratamentos 1 a 4. Foram utilizadas soluções de Sulfato de Amônio (800 mL de água + 10g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), de 7 em 7 dias, totalizando, aproximadamente, 8,30 mL por planta; e Cloreto de Potássio (400 mL de água + 3 g de KCl), de 14 em 14 dias, totalizando, aproximadamente 4,15 mL por planta.

Após 120 dias da sementeira foi feita a medição de altura e sobrevivência das mudas e sua coleta, seguindo-se secagem em estufa de circulação forçada durante 72 horas a 70° C, determinação do peso da massa seca e moagem de todas as partes da planta (raiz, caule e folhas) em moinhos de faca de aço inox. Os substratos dos tubetes também foram recolhidos para serem secos ao ar e para a obtenção de seu peso. Por fim, foi retirada uma

alíquota de 200 mL do total do lixiviado armazenado e tudo foi encaminhado para o laboratório para a realização das análises.

Para a análise da planta (amostra de 0,5 gramas) e do lixiviado (amostra de 0,5 mL) no laboratório de rotina, procedeu-se a digestão Nítrico-Perclórica, necessária para a determinação do P, K, Ca e Mg. Nos estratos gerados foram determinados os teores de fósforo por espectrofotometria de absorção molecular, de potássio por fotometria de emissão de chama e de cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica.

Na avaliação dos teores dos macronutrientes no substrato, as análises se basearam no uso dos extratores Mehlich-1 (H_2SO_4 0,0125 mol/L + HCl 0,05 mol/L) para P e K, e do KCl (1,0 mol/L) para o Ca e Mg.

Para a determinação do fósforo e potássio, foi colocado 5 cm³ do material em erlenmeyer de 125 mL e então adicionado 50 mL do extrator Mehlich-1. Foi feita a agitação por 5 minutos em agitador circular horizontal a 200 rpm e depois a amostra foi colocada em repouso por mais ou menos 16 horas. Após isso, para o fósforo, foi pipetado 5 mL do sobrenadante e adicionado a ele 5 mL do reagente de trabalho (Solução 725). Para o potássio, foi pipetado 10 mL do sobrenadante em um becker. Após esperar 30 minutos, foi feita a leitura do P no espectrofotômetro de absorção molecular, utilizando o comprimento de onda de 725 nm, e do K no fotômetro de emissão em chama.

Para a determinação do cálcio e magnésio, foi colocado 10 cm³ do material em erlenmeyer de 125 mL e então adicionado 100 mL do extrator KCl 1,0 mol/L. Foi feita a agitação por 5 minutos em agitador circular horizontal a

200 rpm e depois a amostra foi colocada em repouso por mais ou menos 16 horas. Após isso, foi retirada uma alíquota de 0,5 mL e colocada em tubo de ensaio, para então ser adicionado a solução de SrCl_2 , contendo 1.680 mg/L de Sr. A leitura foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica.

Além das análises de rotina, foram determinados os teores dos nutrientes nos substratos utilizando o Extrato de Saturação (extrator aquoso proposto por Warncke (1986)). Para tal, foi feita a pesagem do substrato seco e este foi transferido para um becker de plástico de 400 mL. Foi adicionada água deionizada até que a pasta apresentasse aspecto brilhante, ou quando o sulco feito por uma espátula desaparecesse rapidamente. Após 4 horas de repouso, foi conferido o ponto de saturação. A pasta foi filtrada a vácuo em funil de Buckner contendo papel filtro adaptado a um kitasato de 500 mL, onde se aplicou sucção até obter aproximadamente 30 mL de extrato, no qual foram determinados as concentrações de P em espectrofotometria de absorção molecular, de K por fotometria de emissão de chama e de Ca e Mg em espectrofotometria de absorção atômica.

Para a análise estatística, foi realizada análise de variância e teste de Tukey, a 5% de probabilidade, no programa Microsoft Excel 2010. Foi feita a correlação entre os teores encontrados nos substratos e os encontrados nas mudas, acrescidos dos encontrados no lixiviado. Também foi realizada uma comparação dos teores de nutrientes dos substratos determinados pela análise no laboratório de rotina com os determinados pelo Extrato de Saturação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura e sobrevivência das mudas

Analisando a Figura 2, percebe-se a diferença, em termos de altura, entre os tratamentos com e sem adubação. As mudas produzidas em substratos enriquecidos de nutrientes via adição de NPK 04-14-08 e adubação de cobertura obtiveram crescimento médio maior. O tratamento 3 (Bioplant Plus + Adubação) registrou a maior média de altura (17,08 cm), enquanto o tratamento 8 (Tropstrato Florestal + Vermiculita s/ Adubação), a menor (3,59 cm), como pode ser observado na Figura 3. Pôde se verificar também que o tratamento com o Tropstrato acrescido de Vermiculita e NPK (4) obteve maior altura do que o de Tropstrato puro mais NPK (1), mostrando que a adição de vermiculita no substrato promoveu maior crescimento. Dentre os tratamentos sem adubação, o Terral Solo foi o substrato que obteve a melhor média (10,06 cm) e também aquele que apresentou a menor diferença quando se é feita a comparação de altura do tratamento com e sem adubação, demonstrando assim que a adição de nutrientes via adubação de base e de cobertura não teve um efeito grande nesse substrato.

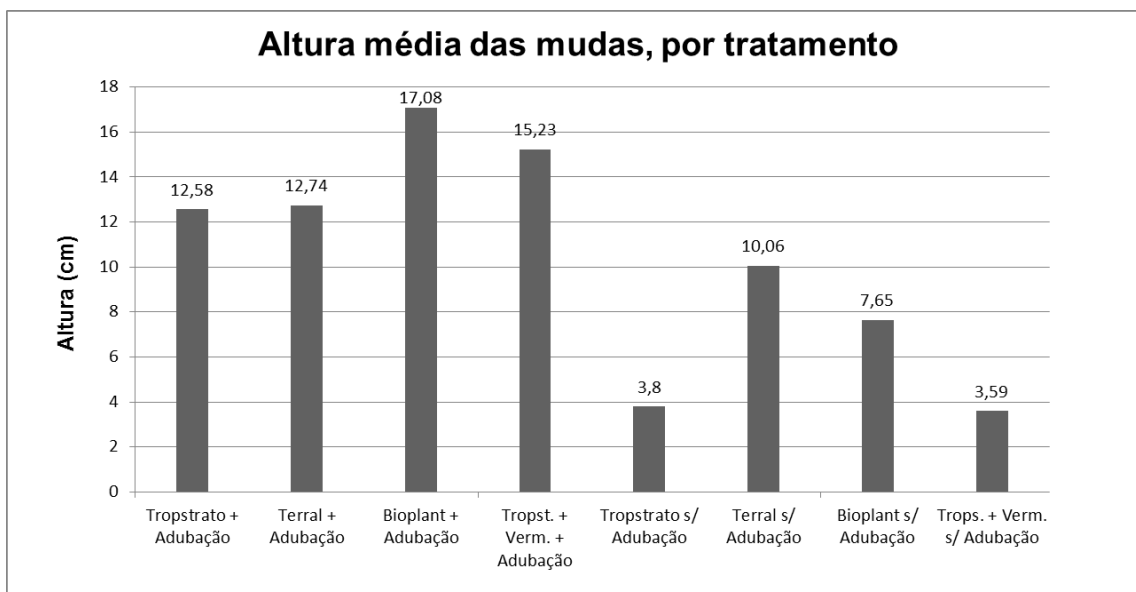


Figura 2: Altura média das mudas em cada tratamento 120 dias após a semeadura.



Figura 3: Mudanças que apresentaram a maior e menor média das alturas: Tratamento 3 (A) e Tratamento 8 (B).

Em relação à sobrevivência das mudas (Figura 4), pode-se perceber que quase todos os tratamentos obtiveram 100% das mudas vivas ao final do 4º mês. Apenas os tratamentos com Terral + adubação, Tropstrato sem adubação e Tropstrato + Vermiculita sem adubação apresentaram uma pequena porcentagem de perda, sendo o tratamento utilizando o Tropstrato sem adubação aquele que obteve o menor valor (83,3%). Isso demonstra que os

substratos testados se mostraram eficazes para o desenvolvimento das mudas, considerando que as perdas após os 120 dias do experimento foram pouco expressivas.

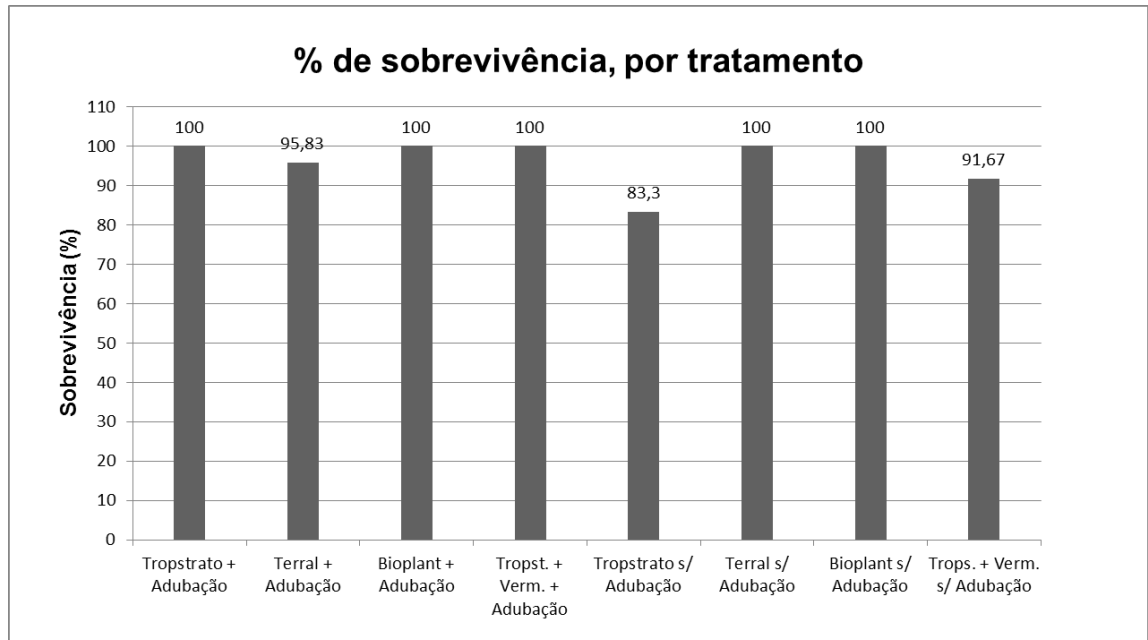


Figura 4: Porcentagem de sobrevivência das mudas, por tratamento, 120 dias após a semeadura.

Lixiviado acumulado

Nos tratamentos 3 e 7, envolvendo o substrato Bioplant Plus, houve maior quantidade de lixiviado acumulado (Tabela 2), o que evidencia que para esse tipo de material, provavelmente, será gasto mais com irrigação. Pelo fato do Bioplant Plus ter como componentes principais a fibra e o pó de coco, ele apresenta uma maior porosidade em relação aos outros substratos ele não que pode ter contribuído para a baixa retenção de água, fazendo assim com que o volume de lixiviado aumente. Os tratamentos 2 e 6 (Terral Solo) apresentaram o menor volume acumulado, o que coincide com as informações dadas pelo fabricante em relação à maior retenção de água que o produto oferece. Pode-se então presumir uma maior economia com a irrigação para esse substrato.

Os tratamentos usando o Tropstrato também apresentaram uma pequena quantidade de lixiviado acumulado, o que proporciona um bom aproveitamento de água.

Tabela 2: Valores médios de lixiviado acumulado (em litros), por tratamento, 120 dias após a semeadura.

Tratamentos	Lixiviado acumulado (em litros)
1 - Tropstrato + Adubação	4,5
2 - Terral + Adubação	4,0
3 - Bioplant + Adubação	6,0
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	4,5
5 - Tropstrato s/ Adubação	4,5
6 - Terral s/ Adubação	4,0
7 - Bioplant s/ Adubação	6,0
8 - Tropst. + Verm. s/ Adubação	4,5

Conteúdo de fósforo

Em relação à planta, no tratamento 3 (Bioplant + adubação) obteve –se o maior conteúdo de fósforo, enquanto no tratamento 5 (Tropstrato sem adubação), obteve o menor (Tabela 3). Esses valores se mostraram diretamente proporcionais ao tamanho adquirido pelas mudas ao final do 4º mês de semeadura. Os tratamentos com o Bioplant não diferiram significativamente entre si, pelo teste Tukey, o que demonstra que a planta absorveu semelhantes quantidades de P com e sem adubação. Em relação ao Tropstrato, os conteúdos de fósforo na planta foram baixos, tanto nos tratamentos em que ele foi usado puro, quanto naqueles em que ele foi misturado com vermiculita, sendo que nos materiais sem adubação os valores encontrados não se mostraram diferentes significativamente entre si. O Terral resultou em valores não muito altos, sendo que o tratamento 2 foi considerado semelhante aos tratamentos usando o Bioplant.

Tabela 3: Conteúdo de fósforo encontrado na planta, substrato e lixiviado, pelas análises de rotina.

Conteúdo de fósforo (mg)				
Tratamentos	Planta	Substrato	Lixiviado	Soma
1 - Tropstrato + Adubação	10,773 bc	17,298 b	0,022 cd	28,093 bc
2 - Terral + Adubação	15,16 ab	42,865 a	0,001 d	58,027 a
3 - Bioplant + Adubação	19,782 a	41,874 a	0,251 a	61,907 a
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	13,746 b	17,875 b	0,076 bc	31,697 b
5 - Tropstrato s/ Adubação	6,516 c	6,895 b	0,132 b	13,543 c
6 - Terral s/ Adubação	11,676 b	48,109 a	0,001 d	59,786 a
7 - Bioplant s/ Adubação	19,513 a	37,081 a	0,241 a	56,835 a
8 - Tropst. + Verm. s/ Adubação	6,855 c	7,289 b	0,082 bc	14,226 c

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Para o substrato, o maior valor encontrado para o conteúdo de P foi em um tratamento em que não foi feita a adubação prévia com o nutriente. Os maiores valores encontrados foram nos tratamentos em que foram utilizados o Terral (6 e 2) e Bioplant (3 e 7), respectivamente, e eles se mostraram

semelhantes entre si. Os tratamentos com o Tropstrato (1, 4, 5 e 8) foram os que apresentaram os menores conteúdos do nutriente, e eles também não se diferenciaram estatisticamente (Tabela 3).

O lixiviado apresentou concentrações muito baixas de fósforo em sua solução. Nos tratamentos em que foi utilizado o Terral esse valores se aproximaram de zero, o que evidencia a pouca lixiviação desse nutriente nesse material. Os maiores valores encontrados estão no Bioplant, em que os tratamentos com e sem adubação se mostraram semelhantes entre si. Provavelmente, a alta taxa de lixiviação de água demonstrada por esse substrato se mostrou um fator determinante para esse resultado.

Em relação ao conteúdo total de P do sistema (planta, substrato e lixiviado), no tratamento 3 (Bioplant + Adubação) houve maior valor, não diferenciando significativamente dos tratamentos 2, 6 e 7. Os tratamentos com o Tropstrato apresentaram os menores valores do nutriente, muito abaixo dos outros, o que demonstra um fator negativo para o uso desse substrato no desenvolvimento de mudas.

Conteúdo de potássio

Analisando o conteúdo de potássio encontrado na planta, percebe-se que o tratamento 4 obteve o maior valor, apesar de ele não diferir significativamente dos outros tratamentos utilizando adubação (Tabela 4). Os tratamentos sem adubação obtiveram valores pequenos. Sendo o potássio um elemento requerido pela planta em grandes quantidades, explicaria o menor desenvolvimento dessas mudas. Os tratamentos em que o Tropstrato foi

misturado à vermiculita apresentaram os maiores valores tanto com, quanto sem adubação, o que mostra as vantagens desse mineral na absorção do nutriente pela planta.

Tabela 4: Conteúdo de potássio encontrado na planta, substrato e lixiviado, pelas análises de rotina.

Conteúdo de potássio (mg)				
Tratamentos	Planta	Substrato	Lixiviado	Soma
1 - Tropstrato + Adubação	43,285 ab	34,830 b	0,420 a	78,535 ab
2 - Terral + Adubação	28,727 ab	47,960 a	0,152 bc	76,839 ab
3 - Bioplant + Adubação	38,099 ab	21,400 b	0,439 a	60,938 b
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	49,694 a	38,102 b	0,174 b	87,970 a
5 - Tropstrato s/ Adubação	7,178 c	8,431 d	0,127 bc	15,737 c
6 - Terral s/ Adubação	12,540 bc	12,251 cd	0,050 c	28,841 c
7 - Bioplant s/ Adubação	17,932 bc	12,733 cd	0,390 a	31,055 c
8 - Trops. + Verm. s/ Adubação	23,168 b	13,714 cd	0,127 bc	37,009 c

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Sobre os substratos, o Terral Solo acrescido de adubação apresentou o maior conteúdo de K, diferenciando estatisticamente de todos os outros tratamentos (Tabela 4). Mesmo com a adubação, o Bioplant apresentou valores muito baixos (menores do que aqueles encontrados na planta). O Tropstrato foi um material que apresentou altos valores, tanto puro, quanto misturado à Vermiculita. Em relação aos tratamentos sem adubação, todos se mostraram semelhantes estatisticamente, apesar de, assim como para o fósforo, o tratamento 5 apresentar os valores mais baixos.

Quanto ao lixiviado, os valores encontrados para o potássio foram muito superiores aos encontrados para o fósforo. Mais uma vez, o tratamento com o Bioplant + Adubação (3) mostrou os maiores valores. Comparando o Tropstrato puro com o misturado à Vermiculita (ambos com adubação), observou-se que o misto foi eficiente na retenção do elemento explicando assim seu baixo conteúdo no lixiviado, equiparando-se ao tratamento com Terral, que apresentou os menores valores também nos tratamentos sem adubação.

Por fim, analisando o sistema (planta + substrato + lixiviado), o tratamento 4 (Tropstrato + vermiculita + adubação) apresentou o maiores valores, sendo semelhante estatisticamente aos tratamentos 1 (Tropstrato + adubação) e 2 (Terral + adubação). Os menores valores se encontram nos tratamentos sem adubação, sem diferença significativa entre eles, o que difere do fósforo, que apresentou tal diferença.

Conteúdo de cálcio

Pela análise da planta, concluiu-se que os maiores conteúdos de Ca foram verificados nos tratamentos 3 e 7 (Tabela 5). Um fato a ser considerado é que não foram feitas adubações com cálcio e magnésio, então todos os valores encontrados são aqueles que já estavam presentes nos substratos. Levando isso em consideração, o Bioplant proporcionou maiores conteúdos de Ca na planta. Os tratamentos utilizando o Tropstrato proporcionaram os menores valores, sendo o obtido no tratamento 5 o menor deles.

Tabela 5: Conteúdo de cálcio encontrado na planta, substrato e lixiviado, pelas análises de rotina.

Conteúdo de Cálcio (mg)				
Tratamentos	Planta	Substrato	Lixiviado	Soma
1 - Tropstrato + Adubação	28,727 abc	147,392 b	0,438 abc	176,557 b
2 - Terral + Adubação	39,099 ab	242,491 a	0,286 bc	281,876 a
3 - Bioplant + Adubação	49,694 a	114,878 bc	0,659 a	165,230 bc
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	17,932 bc	119,625 bc	0,207 cd	137,764 cd
5 - Tropstrato s/ Adubação	7,178 c	93,286 c	0,083 d	100,548 d
6 - Terral s/ Adubação	23,168 bc	221,063 a	0,087 d	244,318 a
7 - Bioplant s/ Adubação	43,285 ab	93,530 c	0,580 ab	137,395 cd
8 - Trops. + Verm. s/ Adubação	12,540 c	94,776 c	0,080 d	107,393 d

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Em relação aos resultados do substrato, pode-se perceber alto valor encontrado pelo extrator KCl 1,0 mol/L nos materiais (Tabela 5), que são muito maiores que os conteúdos encontrados na planta. Além disso, foram encontrados valores muito altos de cálcio mesmo em tratamentos em que as

mudas não cresceram bem (5 e 8). O substrato Terral mostrou os maiores valores, diferenciando-se estatisticamente de todos os outros. O menor conteúdo foi encontrado no tratamento 5 (Tropstrato s/ Adubação), e ele se mostrou semelhante aos tratamentos que foram usados o Bioplant e a mistura de Tropstrato e Vermiculita

. Quanto ao lixiviado, os valores encontrados foram relativamente altos (comparado aos outros elementos). Os tratamentos com Bioplant, mais uma vez, apresentaram os maiores números, mostrando assim que a alta concentração de lixiviação está diretamente relacionada com o alto conteúdo do nutriente. Os menores valores se encontram nos tratamentos 5, 6 e 8, que também se mostraram semelhantes estatisticamente ao tratamento 4.

Quanto ao sistema como um todo, percebe-se a alta influência dos valores encontrados no substrato em relação aos encontrados na planta e no lixiviado. Os tratamentos 2 e 6 mostraram os maiores valores, diferenciando-se de todos os outros. Os menores números foram evidenciados pelos tratamentos 5 e 8, que também mostraram semelhança aos tratamentos 4 e 7.

Conteúdo de magnésio

Analisando o conteúdo de magnésio na planta, o tratamento 4 (Tropstrato + Vermiculita + Adubação) apresentou o maior valor, demonstrando vantagem na mistura desse mineral ao substrato, afinal, uma das características do uso da Vermiculita expandida é justamente facilitar a absorção de nutrientes pela planta. Esse tratamento se mostrou semelhante aos tratamentos em que foi usado o Bioplant, que também apresentaram altos

valores. Os menores conteúdos ficaram por conta do uso do Terral e do Tropstrato, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 6).

Tabela 6: Conteúdo de magnésio encontrado na planta, substrato e lixiviado, pelas análises de rotina.

Conteúdo de magnésio (mg)				
Tratamentos	Planta	Substrato	Lixiviado	Soma
1 - Tropstrato + Adubação	26,376 bc	52,390 bc	0,284 a	79,050 abc
2 - Terral + Adubação	12,834 c	64,149 ab	0,154 bc	77,137 abc
3 - Bioplant + Adubação	38,493 ab	18,725 e	0,287 a	57,505 bcd
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	55,874 a	44,249 cd	0,120 bc	100,243 a
5 - Tropstrato s/ Adubação	16,930 c	38,502 d	0,079 c	55,511 cd
6 - Terral s/ Adubação	9,815 c	70,239 a	0,075 c	80,129 ab
7 - Bioplant s/ Adubação	48,431 a	18,722 e	0,200 ab	67,353 bcd
8 - Tropst. + Verm. s/ Adubação	12,236 c	38,090 d	0,078 c	50,405 d

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Em relação aos substratos, o maior conteúdo foi encontrado nos tratamentos utilizando o substrato Terral, enquanto os menores valores estão

presentes nos tratamentos em que foi usado o Bioplant (Tabela 6). Pode-se perceber também a diferença nos valores existentes entre os tratamentos utilizando esse substrato, que são muito menores que os conteúdos encontrados na planta.

Pelo lixiviado, o tratamento 3 (Bioplant + Adubação) foi o substrato que apresentou os maiores valores, igualando-se aos resultados encontrados para o fósforo, potássio e cálcio. Nota-se também o alto conteúdo encontrado no tratamento 1 (Tropstrato + adubação), que se mostrou semelhante aos tratamentos 3 e 7 (Bioplant). Os menores valores ficaram por conta dos tratamentos 5, 6 e 8, que não diferenciaram estatisticamente dos tratamentos 2 e 4.

Por fim, para o sistema planta-substrato-lixiviado, o maior valor encontrado foi no tratamento 4 (Tropstrato + Vermiculita + Adubação), que não se diferenciou estatisticamente dos tratamentos 1, 2 e 6. O menor conteúdo ficou por conta do tratamento 8, sendo que os valores encontrados na planta tiveram um grande peso na soma, o que contribuiu para esse resultado.

Comparação das análises de rotina com o Extrato de Saturação

Através das análises dos coeficientes de correlação encontrados com os dados dos teores dos nutrientes nos substratos antes da semeadura (Tabela 7), foi constatado que, para o fósforo, ambos os extratores se mostraram adequados para a sua determinação. Ao se fazer a comparação com os valores encontrados pelo Mehlich-1 e Extrato de Saturação com os teores na planta, tanto considerando todos os tratamentos, quanto apenas considerando

os tratamentos sem adubação, estes encontraram valores dos coeficientes bem próximos de um, demonstrando assim eficácia na determinação do macronutriente. Quando a comparação é feita com os teores do sistema planta + lixiviado, os valores foram ainda maiores.

Tabela 7: Coeficientes de correlação linear simples entre os teores de nutrientes no substrato e os teores na planta e na planta + lixiviado.

Nutriente	Extrator	Planta		Planta + Lixiviado	
		Todos os tratamentos	Trat. s/ adubação	Todos os tratamentos	Trat. s/ adubação
Fósforo	Mehlich-1	0,727	0,996	0,799	0,995
	Ext.	0,726	0,941	0,806	0,963
	Saturação				
Potássio	Mehlich-1	0,037	-0,131	0,150	-0,011
	Ext.	0,232	-0,035	0,327	0,096
	Saturação				
Cálcio	KCl	0,443	0,420	0,526	0,442
	Ext.	0,268	0,496	0,306	0,504
	Saturação				
Magnésio	KCl	0,268	0,113	0,255	0,103
	Ext.	-0,070	0,194	-0,043	0,199
	Saturação				

Para o potássio, os valores dos coeficientes encontrados da comparação feita entre os substratos com a planta foram muito baixos, com alguns até assumindo valores negativos. Isso demonstra que ambos os extratores testados não se mostraram como alternativas adequadas para a determinação desse nutriente. Quando a comparação é feita com o sistema planta + lixiviado, os valores aumentam um pouco, mas mesmo assim continuam muito baixos, aproximando-se de zero. Em ambos os casos, os valores encontrados pelo Extrato de Saturação foram um pouco melhores que os encontrados pelo Mehlich-1, mas ainda assim não foram suficientes para classificar o extrator aquoso como adequado.

Para o cálcio e magnésio, os valores dos coeficientes encontrados melhoram um pouco quando comparados aos valores do potássio, mas mesmo assim esses ainda são considerados valores baixos para se dizer que esses extratores são adequados para a determinação desses nutrientes. Ao se fazer a comparação com todos os 8 tratamentos com os valores encontrados na planta e na planta + lixiviado, o extrator KCl 1,0 mol/L encontrou os valores mais altos, enquanto o Extrato de Saturação encontrou os maiores valores ao se fazer a comparação apenas com os tratamentos sem adubação.

CONCLUSÃO

Pela análise de rotina, os tratamentos que utilizaram o Bioplant Plus e Tropstrato Florestal + Vermiculita (acrescidos de adubação) obtiveram os melhores resultados na planta, enquanto o primeiro encontrou os maiores valores de todos os nutrientes ao se analisar o lixiviado.

Comparando os extratores utilizados nas análises de rotina com o Extrato de Saturação, ambos se mostraram adequados para a determinação de fósforo e inadequados para a determinação de potássio, cálcio e magnésio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU M. F.; ABREU C. A.; SARZI I.; PADUA JUNIOR A. L. Extratores aquosos para a caracterização química de substratos para plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 184-187, 2007.

BUNT, A.C. Some physical properties of pot-plant composts and their affect on plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, v. 13, p. 322-332, 1961.

CASTRO, A. C. R., **Deficiência de macronutrientes em Helicônia “Golden Torch”**. 2007, 102 p. Tese (Doutorado em Botânica (PPGB), na área de concentração em Fisiologia Vegetal). – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

EPSTEIN, E. BLOMM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina, Editora Planta, 2006, 403 p.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Influência do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenantha pavonina* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2003.

FERMINO, M.H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas**. 1996. 110 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HERMANS, C., VERBRUGGEN, N. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, n. 35, p.753–759, 2008.

KAMPF, A.N. Substrato. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Porto Alegre. Agropecuária Guaíba, 2000, 254 p. Disponível em: <<http://www.cultivo deflores.com.br>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

KLEIN, V.A.; CAMARA, R.K.; SIMON, M.A.; DIAS, S.T. Metodologia para análise da retenção de água em substratos. In: FURLANI, A.M.C. et al (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 79. (Documentos IAC, 70).

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, 2006. 638.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MENGEL, K.; KIRKBY; E. A.; KOSEGARTEN, H.; APPEL, T. **Principles of plant nutrition**. 5 ed. Bern: Internacional Potach Institute, 2001. 868p

MINER, J.A. **Sustratos**: Propiedades y caracterización. Madrid, Barcelona e México: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

MÜLLER, J.J. Utilização de substratos na olericultura In: KAMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Eds). **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.159-162.

ROBER, R. Substrato hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos da pesquisa, da industria e do consumo. In: Substratos para plantas 1: A base da produção vegetal em recipientes, 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, p. 209-215, 2000.

SANTOS, P.H. **Métodos de extração de micronutrientes em substratos para as plantas**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.

WARNCKE, D. D. Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. **Hortscience**, v.21, n.2, p.223-225, 1986.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do Morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2011, 96 p. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical e subtropical, área de concentração em gestão de recursos agroambientais) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2011.

ANEXOS

Peso (em gramas) do material seco da planta e dos substratos, por tratamento.

Peso da matéria seca (g)		
Tratamentos	Planta	Substrato
1 - Tropstrato + Adubação	11,485	96,745
2 - Terral + Adubação	11,885	160,780
3 - Bioplant + Adubação	14,115	69,015
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	19,363	105,275
5 - Tropstrato s/ Adubação	6,663	68,488
6 - Terral s/ Adubação	9,748	161,815
7 - Bioplant s/ Adubação	9,178	65,408
8 - Tropst. + Verm. s/ Adubação	6,590	82,063

Teores de fósforo encontrados na planta pela análise de rotina e nos substratos pelos extratores Mehlich-1 e Extrato de Saturação, utilizados para o cálculo dos coeficientes de correlação linear.

Teores de Fósforo (mg/kg)			
Tratamentos	Planta	Substrato (Mehlich - 1)	Substrato (Extrato de Saturação)
1 - Tropstrato + Adubação	940,0	162,1	12,4
2 - Terral + Adubação	1273,5	265,8	14,3
3 - Bioplant + Adubação	1397,5	1437,8	81,6
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	717,5	205,8	6,4
5 - Tropstrato s/ Adubação	980,0	127,3	7,6
6 - Terral s/ Adubação	1197,5	260,8	4,5
7 - Bioplant s/ Adubação	2120,0	1113,9	64,7
8 - Tropst. + Verm. s/ Adubação	1040,0	77,5	19,2

Teores de potássio encontrados na planta pela análise de rotina e nos substratos pelos extratores Mehlich-1 e Extrato de Saturação, utilizados para o cálculo dos coeficientes de correlação linear.

Teores de Potássio (mg/kg)			
Tratamentos	Planta	Substrato (Mehlich - 1)	Substrato (Extrato de Saturação)
1 - Tropstrato + Adubação	3767,5	472,0	237,2
2 - Terral + Adubação	2417,5	387,0	277,4
3 - Bioplant + Adubação	2755,0	951,0	498,3
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	2642,5	537,0	317,6
5 - Tropstrato s/ Adubação	1075,0	577,0	156,9
6 - Terral s/ Adubação	1292,5	139,0	76,5
7 - Bioplant s/ Adubação	1930,0	816,0	337,6
8 - Trops. + Verm. s/ Adubação	3507,5	312,0	116,7

Teores de cálcio encontrados na planta pela análise de rotina e nos substratos pelos extratores Mehlich-1 e Extrato de Saturação, utilizados para o cálculo dos coeficientes de correlação linear.

Teores de Cálcio (mg/kg)			
Tratamentos	Planta	Substrato (Mehlich - 1)	Substrato (Extrato de Saturação)
1 - Tropstrato + Adubação	3760,0	1901,8	259,3
2 - Terral + Adubação	3717,5	1434,9	611,8
3 - Bioplant + Adubação	4000,0	1973,9	393,6
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	1382,5	1222,4	276,7
5 - Tropstrato s/ Adubação	2912,5	1412,8	170,7
6 - Terral s/ Adubação	3092,5	1340,7	334,9
7 - Bioplant s/ Adubação	5200,0	1446,9	325,2
8 - Trops. + Verm. s/ Adubação	3240,0	1110,2	91,3

Teores de magnésio encontrados na planta pela análise de rotina e nos substratos pelos extratores Mehlich-1 e Extrato de Saturação, utilizados para o cálculo dos coeficientes de correlação linear.

Teores de Magnésio (mg/kg)			
Tratamentos	Planta	Substrato (Mehlich - 1)	Substrato (Extrato de Saturação)
1 - Tropstrato + Adubação	2295,0	482,6	92,9
2 - Terral + Adubação	1077,5	516,6	106,2
3 - Bioplant + Adubação	2700,0	689,3	99,9
4 - Tropst. + Verm. + Adubação	2900,0	573,8	96,0
5 - Tropstrato s/ Adubação	2537,5	666,2	86,1
6 - Terral s/ Adubação	1010,0	540,9	98,3
7 - Bioplant s/ Adubação	5267,5	585,9	94,1
8 - Trops. + Verm. s/ Adubação	1850,0	623,6	70,9