

REGIANE CRISTINA MARCATO SITA

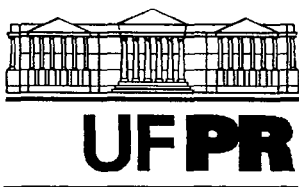
**INFLUÊNCIA DAS FORMAS DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA E POTÁSSICA NA AÇÃO DE POLÍMERO
HIDRORETENTOR SOBRE O CRESCIMENTO DE CRISÂNTEMO
Dedranthema grandiflorum VARIEDADE “VIRGINAL”.**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-
Graduação em Agronomia, Setor de Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

CURITIBA

2002




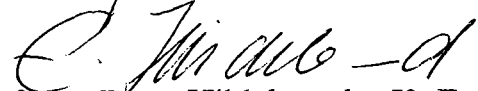
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO) e
MONITORAMENTO, MODELAGEM E GESTÃO AMBIENTAL(DOUTORADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648
E-mail: pgcisolo@agrarias.ufpr.br

P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **REGIANE CRISTINA MARCATO SITA**, com o título: "Influência das formas de adubação nitrogenada e potássica na ação do polímero hidrorretentor sobre o crescimento de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) var. "Virginal".", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de Parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, com o conceito "A", completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 23 de setembro de 2002.


Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, Presidente.


Prof. Dr. Ernst Hildebrand, Iº Examinador.


Profª. Drª. Beatriz Monté Serrat Prevedello, IIª Examinadora.



Aos meus pais Jurandir Sitta e Helena
Sitta, pelo amor e incentivo que me
fizeram acreditar num futuro melhor...

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Meu especial agradecimento ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, pela dedicação, amizade e competente orientação na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Renato Marques, pela coorientação, amizade e apoio integral na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Eduardo Teixeira, pelo apoio na coorientação.

A empresa CONSPIZZA HIDROSSEMEADURA Ltda., na pessoa do Sr. Ângelo Pizzato, Sra. Janete Pizzato e Sr. Alan Buck, pelo apoio financeiro e concessão da bolsa auxílio de estudo. E também ao Eng. Agrônomo Carlos Henrique Isernhagen (responsável técnico) pela supervisão e apoio durante a realização do experimento. E aos demais funcionários da empresa, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Eng. Agrônomo Márcio Hubert (empresa LAZZARI), pela assistência técnica e fornecimento das mudas de crisântemo.

Ao Prof. Dr. Edilson de Oliveira, pela contribuição na parte estatística do trabalho.

Ao Sr. José Carlos Monkem Menonn, responsável técnico da EMBRAPA - Ponta Grossa, pelo fornecimento do substrato-2, para implantação do experimento.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Vagas Mota, pela contribuição do abstract.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo da UFPR, pelos ensinamentos recebidos.

Aos funcionários da Universidade Federal do Paraná em especial Elda N. L. Lubasinski e a todos os funcionários da biblioteca, pela atenção dispensada e agradável convivência durante a realização do curso.

Aos alunos de graduação que auxiliaram nas análises de laboratório: Ângela Daniela Tafarel, Fernanda Sereda e Daniel Resende Correia.

Ao colega Jocelito Buch Castro da Cruz, pela auxílio na formatação da dissertação.

Aos colegas do curso de mestrado, pelos bons e difíceis momentos compartilhados, pela troca de experiência e ajuda mútua.

Aos amigos Ana Paola Sottomaior, Ângela Maria W. Borille, Andréia Bitencur, Andréia Veiga, Aline Rocha, Cristina Barsik, Syntia Maria Wachowicz, Josinei Antônio Tissi, Luiz Boaretto, pelo apoio e incentivo.

E finalmente aos meus pais Jurandir Sitta, Helena Regina M. Sitta e irmãos João Reginaldo M. Sita, Rogério Fernando M. Sitta e Rodrigo André M. Sitta pelo incentivo e ajuda durante o período de estudo.

Ao meu namorado Ezidorio Bossak, pelo incentivo, amor, carinho, compreensão, cumplicidade e paciência.

Agradeço a Deus, pelo cumprimento
diário da sua promessa de nos
instruir e guiar com seus olhos
o caminho que devemos seguir...

(Salmo 32:8).

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1 POLÍMERO.....	2
2.1.1 Composição Química.....	2
2.1.2 Interações com Cátions e Ânions	4
2.1.3 Efeitos do Polímero como Condicionador de Solo.....	7
2.2 CRISÂNTEMO.....	14
2.2.1 Botânica.....	14
2.2.2 Exigências Nutricionais.....	15
2.2.3 Substratos para a Produção de Crisântemo.....	19
2.3 FERTILIZANTES.....	20
2.3.1 Formas de Nitrogênio	21
2.3.2 Formas de Potássio	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS	26
3.2.1 Substrato-1	26
3.2.2 Substrato -2.....	26
3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	27
3.4 AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	29
3.5 ANÁLISE QUÍMICA DE MATÉRIA SECA.....	29
3.6 ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS 1 E 2.	30
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO.....	31
4.1.1 Massa Seca de Ramos e Folhas para os Substratos 1 e 2.....	31
4.1.2 Massa Seca das Raízes, para os Substratos 1 e 2.....	33
4.1.3 Produção do Número de Flores, para os Substratos 1 e 2.....	36
4.2 CARACTERÍSTICA QUÍMICA DOS SUBSTRATOS 1 E 2.....	38
4.2.1 Análises de pH e Condutividade Elétrica (CE) para os Substratos 1 e 2.....	38

4.2.2 Nitrogênio-total.....	39
4.2.3 Fósforo.....	41
4.2.4 Potássio.....	43
4.2.5 Cálcio e Magnésio.....	45
4.3 TEORES DE NUTRIENTES NAS PLANTAS CULTIVADAS NOS SUBSTRATOS 1 E 2.....	48
4.3.1 Teores de Nitrogênio na Planta.....	48
4.3.2 Teores de Fósforo na Planta.....	50
4.3.3 Teores de Potássio na Planta.....	53
4.3.4 Teores de Cálcio na Planta.....	55
4.3.5 Teores de Magnésio na Planta.....	57
4.4 CONTEÚDO DE NUTRIENTES NAS PLANTAS CULTIVADAS NOS SUBSTRATOS 1 E 2.....	59
4.4.1 Conteúdo de Nitrogênio.....	59
4.4.2 Conteúdo de Fósforo.....	61
4.4.3 Conteúdo de Potássio.....	63
4.4.4 Conteúdo de Cálcio.....	64
4.4.5 Conteúdo de Magnésio.....	66
4.4.6 Relação de Macronutrientes (K/Ca e K/Mg) Absorvidos pela Planta, Cultivadas nos Substratos 1 e 2.....	68
5 CONCLUSÕES.....	70
6 RECOMENDAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS.....	72
ANEXOS - 1.....	78
ANEXO - 2.....	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO SUBSTRATO -1	26
TABELA 2- ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO SUBSTRATO - 2	27
TABELA 3 - MÉDIAS DOS VALORES DE pH CaCl_2 DO SUBSTRATO -1	38
TABELA 4 - MÉDIAS DOS VALORES DE pH CaCl_2 DO SUBSTRATO - 2	38
TABELA 5 - MÉDIAS DOS VALORES DE CONDUTIVIADE ELÉTRICA DO SUBSTRATO - 1	39
TABELA 6 - MÉDIAS DOS VALORES DE CONDUTIVIADE ELÉTRICA DO SUBSTRATO - 2	39
TABELA 7 - RELAÇÃO K/Ca ABSORVIDOS NA PLANTA, CULTIVADA NO SUBSTRATO - 1.	69
TABELA 8 - RELAÇÃO K/Mg ABSORVIDOS NA PLANTA, CULTIVADA NO SUBSTRATO - 1.	69
TABELA 9 - RELAÇÃO K/Ca ABSORVIDOS NA PLANTA, CULTIVADA NO SUBSTRATO - 2.	69
TABELA 10 - RELAÇÃO K/Mg ABSORVIDOS NA PLANTA, CULTIVADA NO SUBSTRATO - 2.	69
TABELA 11- MÉDIAS DO PESO SECO DE RAMOS E FOLHAS, PARA O SUBSTRATO - 1.	78
TABELA 12- MÉDIAS DO PESO SECO DE RAMOS E FOLHAS, PARA O SUBSTRATO - 2.	78
TABELA 13- MÉDIA DO PESO SECO DAS RAÍZES, PARA O SUBSTRATO - 1.	78
TABELA 14- MÉDIAS DO PESO SECO DAS RAÍZES, PARA O SUBSTRATO - 2.	78
TABELA 15- MÉDIA DE PRODUÇÃO DO NÚMERO DE FLORES, PARA O SUBSTRATO - 1.	78
TABELA 16- MÉDIA DE PRODUÇÃO DO NÚMERO DE FLORES, PARA O SUBSTRATO - 2.	79
TABELA 17- TEOR DE N-TOTAL DETERMINADO NO SUBSTRATO -1.....	79
TABELA-18 TEOR DE N-TOTAL DETERMIADO NO SUBSTRATO - 2	79
TABELA 19- TEOR DE FÓSFORO DISPONÍVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO -1.....	79
TABELA 20- TEOR DE FÓSFORO DISPONÍVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO -2.....	79
TABELA 21- TEOR DE POTÁSSIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO -1.....	80
TABELA 22- TEOR DE POTÁSSIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO - 2.....	80
TABELA 23- TEOR DE CÁLCIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO -1.....	80
TABELA 24- TEOR DE CÁLCIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO - 2.....	80
TABELA 25- TEOR DE MAGNÉSIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO - 1.....	80
TABELA 26- TEORES DE MAGNÉSIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO - 2.	81
TABELA 27- TEORES DE N-TOTAL DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -1).....	81
TABELA 28- TEORES DE N-TOTAL DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -2).....	81
TABELA 29- TEORES DE FÓSFORO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO - 1).	81
TABELA 30- TEORES DE FÓSFORO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -2).	81
TABELA 31- TEORES DE POTÁSSIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -1).	82
TABELA 32- TEORES DE POTÁSSIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -2)	82
TABELA 33- TEORES DE CÁLCIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO-1).	82
TABELA 34- TEORES DE CÁLCIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO-2).	82
TABELA 35- TEORES DE MAGNÉSIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -1).	82
TABELA 36- TEORES DE MAGNÉSIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -2).	82
TABELA 37- CONTEÚDO DE N-TOTAL NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO-1.	83
TABELA 38- CONTEÚDO DE N-TOTAL NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO - 2.	83

TABELA 39- CONTEÚDO DE FÓSFORO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO -1	83
TABELA 40- CONTEÚDO DE FÓSFORO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO - 2.	83
TABELA 41- CONTEÚDO DE POTÁSSIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO -1.	83
TABELA 42- CONTEÚDO DE POTÁSSIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO - 2.	84
TABELA 43- CONTEÚDO DE CÁLCIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO -1	84
TABELA 44- CONTEÚDO DE CÁLCIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO - 2.	84
TABELA 45- CONTEÚDO DE MAGNÉSIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO - 1	84
TABELA 46- CONTEÚDO DE MAGNÉSIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO - 2.	84

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MASSA SECA DE RAMOS E FOLHAS EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.....	32
FIGURA 2 - MASSA SECA DE RAMOS E FOLHAS EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.....	33
FIGURA 3- MASSA SECA DAS RAÍZES EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.....	35
FIGURA 4- MASSA SECA DAS RAÍZES EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.....	35
FIGURA 5 - PRODUÇÃO DE FLORES EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, SUBSTRATO 1.....	37
FIGURA 6- PRODUÇÃO DE FLORES EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, SUBSTRATO 2.....	37
FIGURA 7 - TEOR DE N TOTAL NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	40
FIGURA 8 - TEOR DE N TOTAL NO SUBSTRATO-2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	41
FIGURA 9 - TEOR DE P NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	42
FIGURA 10- TEOR DE P NO SUBSTRATO -2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	42
FIGURA 11 - TEOR DE K NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	44
FIGURA 12 - TEOR DE K NO SUBSTRATO- 2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	44
FIGURA 13 - TEOR DE Ca NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	45
FIGURA 14 - TEOR DE Ca NO SUBSTRATO -2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	46
FIGURA 15 - TEOR DE Mg NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	47
FIGURA 16 - TEOR DE Mg NO SUBSTRATO-2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.....	48
FIGURA 17- TEORES DE N NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.....	49
FIGURA 18- TEORES DE N NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.....	50
FIGURA 19- TEORES DE P NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.....	52
FIGURA 20- TEORES DE P NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.....	52
FIGURA 21- TEORES DE K NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.....	54
FIGURA 22- TEORES DE K NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.....	54
FIGURA 23 -TEORES DE Ca NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO-1.....	56
FIGURA 24 -TEORES DE Ca NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO-2.....	56
FIGURA 25 -TEORES DE Mg NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.....	58

FIGURA 26 - TEORES DE Mg NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2	58
FIGURA 27 - CONTEÚDO DE N NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1	60
FIGURA 28 - CONTEÚDO DE N NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2	60
FIGURA 29 - CONTEÚDO DE P NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1	62
FIGURA 30 - CONTEÚDO DE P NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2	62
FIGURA 31 - CONTEÚDO DE K NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1	63
FIGURA 32 - CONTEÚDO DE K NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2	64
FIGURA 33 - CONTEÚDO DE Ca NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1	65
FIGURA 34 - CONTEÚDO DE Ca NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2	66
FIGURA 35 - CONTEÚDO DE Mg NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1	67
FIGURA 36 - CONTEÚDO DE Mg NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2	68
FIGURA 37- VISÃO GERAL DAS PLANTAS CULTIVADAS NO SUBSTRATO-1, (A) E (B) APÓS 12 SEMANAS DO PLANTIO.	85
FIGURA 38 - VISÃO GERAL DAS PLANTAS CULTIVADAS NO SUBSTRATO-2, (C) APÓS 11 SEMANAS DO PLANTIO E (D) APÓS 12 SEMANAS DO PLANTIO.	85

RESUMO

O polímero agrícola tem um grande potencial de uso como condicionador de solo para produção de mudas. Contudo, o uso e sua interação com fertilizantes é pouco conhecida em nossas condições. Visando avaliar o efeito do polímero com diferentes fontes de abubações nitrogenadas e potássicas, no crescimento e nutrição do crisântemo *Dendranthema grandiforum* var. "Virginal" e características químicas dos substratos, um experimento foi montado. A instalação foi em casa de vegetação da Empresa CONSPIZZA HIDROSSEMEADURA Ltda., situada no município de Colombo-PR, no verão de 2001. Dois substratos foram testados: 1) composto de 50% de solo orgânico, 45% de areia e 5% de fumo compostado); 2) corresponde a camada superficial (0-20cm) de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, do município de Ponta Grossa. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 5 repetições, em esquema fatorial 4x2x2, sendo 4 doses de polímero (0; 1; 2 e 4g kg⁻¹ de substrato), 2 fontes nitrogenadas [(NH₄)₂SO₄ e (H₂N)₂CO], potássicas (KCl e K₂SO₄), respectivamente. Determinou-se massa seca de ramos, folhas, raiz e número de flores, e os teores de macronutrientes (exceto S) nas folhas e ramos. Os substratos foram avaliados quanto aos teores de N, P, K, Ca, Mg, valores de pH e condutividade elétrica (CE). Foram observadas relações inversas entre doses de polímero e biomassa, absorção dos macronutrientes e número de flores, independente do substrato e fonte de fertilizante. Com exceção do K solúvel e N total, que foram detectados valores em até 5 vezes maiores em relação a testemunha, os demais parâmetros do solo foram pouco afetados. Em geral, peso seco das raízes não foi influenciado pelo uso do polímero. Já, CE obteve um ligeiro aumento, principalmente com o uso de (NH₄)₂SO₄ e KCl, para o substrato-2. No substrato-1 os teores de todos os nutrientes analisados foram superiores aos observados no substrato-2. Mas, contrariamente, o crescimento das plantas e produção de flores foi melhor no substrato-2, indicando um provável desbalanço nutricional, principalmente entre K/Ca e K/Mg, ou o meio de crescimento apresentava alguma característica que desfavoreceu o desenvolvimento da espécie testada no substrato 1. O polímero afetou negativamente a absorção de nutrientes, biomassa e produção de flores do crisântemo, contribuiu com o aumento de K e N nos substratos nas condições trabalhadas, de modo que, sugere-se novas pesquisas utilizando-se outras espécies para estudo.

Palavras chaves: polímero, condicionador de solo, hidrogel, poliacrilamida, crisântemo, planta ornamental, fertilizantes.

ABSTRACT

Agricultural polymers show great potential as soil amendments in flower production. However, there is little knowledge about their use and interactions with fertilizer under tropic conditions. This study was conducted to evaluate the effect of polymer used with different nitrogen and potassium sources on the growth and nutrition of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*, var. "Virginal") and on chemical characteristics of substrate. The experiment was established at Conspizza Hidrossemeadura LTD greenhouse, located in Colombo county, Parana State-Brazil during the summer of 2001. Two substrates were evaluated: 1) composite with 50 % organic soil, 45 % sand, and 5 % composted tobacco; 2) plow layer soil (0-20 cm depth; red oxisol typical dystrophic) collected at Ponta Grossa county. The experimental design was a factorial with 16 treatments in a randomized complete block with five replications. The factorial (4x2x2) included four polymer rates (0, 1, 2, and 4 g kg⁻¹ of substrate), two nitrogen [(NH₄)₂SO₄ and (H₂N)₂CO] sources, and two potassium sources (KCl and K₂SO₄). Dry matter (leaves, roots, and branches), flower number, and macronutrient concentration (except S) of leaves and branches were evaluated. The substrates were analyzed for total N, extractable P and K, exchangeable Ca and Mg, pH, and electrical conductivity (EC). Inverse relationships between polymer rates and plant biomass, macronutrient uptake, and flowers number were noticed, regardless substrate or nutrient source. Root growth was not affected by polymer application. A five fold increase in extractable K and total N was detected in relation to control for both substrates while a slight increase in EC was noted for substrate-two when (NH₄)₂SO₄ and KCl were used. Substrate-one had higher nutrient concentrations than substrate-two, but reduced plant growth and flower numbers were noticed for substrate-one compared to substrate-two. These results suggest a possible nutritional imbalance, mainly between K/Ca and K/Mg. It is also possible for the existence of a unknown limiting factor which could restrict plant growth in substrate-one. The polymer used had detrimental effects on plant growth and nutrient uptake and it appears to be a potential source of K and N in the soil.

Key words: polymer, soil conditioner, hydrogel, polyacrylamide, chrysanthemum, ornamental plant, fertilizers.

1 INTRODUÇÃO

Na busca de um substrato com melhores condições físicas e químicas para o desenvolvimento radicular e crescimento de plantas, vários estudos têm sido realizados com o polímero condicionador de solo. O polímero agrícola preferencialmente é utilizado em substrato para mudas de essências florestais, hortaliças, flores, gramados e jardins, visando aumentar a disponibilidade de água para as plantas (BAASIRI et al. 1986). O aumento da capacidade de retenção de água no solo promove aumento na germinação de sementes e reduz as perdas de fertilizantes por lixiviação. Esses fatores permitem ampliar os intervalos de irrigação, o que diminui os custos de manejo dos sistemas de irrigação. Além de absorver água e melhorar as características físicas do solo, os polímeros possuem a capacidade de adsorver fertilizantes na sua estrutura, agindo como um colóide do solo, adsorvendo os cátions da solução na sua estrutura química, devido a sua característica hidrofílica e à presença de seus grupos funcionais com cargas negativas.

Apesar da existência de inúmeros artigos que relatam a utilização de polímeros como técnicas alternativas para a agricultura, a maior parte das pesquisas está direcionada para os efeitos do polímero no aumento da capacidade de retenção de água no solo. Quanto as informações sobre interações entre polímero e nutrientes em substratos são bastante limitadas e não conclusivas.

Em função disso, procurou-se neste trabalho, investigar de forma mais aprofundada certos aspectos, destas interações. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do polímero condicionador de solo (Agrosob®), na presença de formas de fertilizantes nitrogenados, como a uréia e sulfato de amônio, e de formas de fertilizantes potássicos, como o cloreto e sulfato de potássio, sobre as características químicas dos substratos e no crescimento e nutrição de mudas de crisântemo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 POLÍMERO

2.1.1 Composição Química

Os polímeros superabsorventes foram desenvolvidos com sucesso nos Estados Unidos e Japão no início dos anos 70. Mais tarde produtos similares da Alemanha, França, Coréia e China foram comercializados e um número de produtos similares totalizam hoje mais de 300. (COTTHEM, 1998).

De acordo com STOCKHAUSEN HUELS¹ citado por DELATORRE et al.,(19--?) o copolímero de acrilamida/ácido acrílico, é uma molécula com uma grande capacidade de absorção de água, devido a sua particular conformação, dada pela presença de sais de potássio. O contato com a água dos grupos carboxílicos do polímero dissocia-se particularmente em íons carboxílicos de carga negativa. Este processo causa um enriquecimento de cadeias moleculares com grupos iônicos de carga igual, com a tendência de repelir-se entre si. Como resultado deste processo aumenta o volume da cavidade do polímero, originando uma maior possibilidade de armazenamento de líquidos. Dada a estrutura reticular tridimensional, o polímero se transforma em um gel, unindo doses de água por ligações de hidrogênio.

Os polímeros utilizados como condicionadores de solo são identificados com as seguintes nomenclaturas na literatura: poliacrilamidas, polímeros hidrofílico, polímero agrícola, hidrogel, gel, retentor de água e polímero (JOHNSON, 1984b; PILL; STUBBOLO, 1986; BALENA 1998; AZEVEDO, 2000; MINAMI; BUENO; CUQUEL 2001).

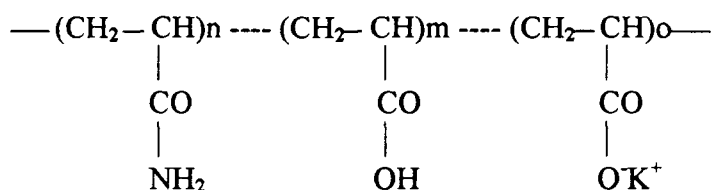
¹ SOTCKHAUSEN HUELS. Información técnica. Stocksorb. Reunión técnica. Santiago de Chile. p 16, 1995.

E segundo HENSLEY (2001) os géis hidrofílicos são genericamente conhecidos no comércio como hidrogéis, compostos retentores de umidade, polímeros de ligações cruzadas e por vários outros nomes comerciais. Estes compostos absorvem muitas vezes o seu próprio peso em água (dependendo do produto de 300 a 1500 vezes). Avalia-se que 98% dessa água é aproveitada pela planta (NISSEN, 1994).

Quimicamente, estes polímeros são construídos de cadeia longa de unidades estruturais repetidas chamados monômeros. A polimerização ocorre quando duas ou mais moléculas pequenas combinam-se para formar moléculas maiores. Embora exteriormente um hidrogel possa parecer muito similar ao outro, sua composição química pode ser bem diferente, e terá um efeito diferente na maneira de absorção e liberação de seus conteúdos. Por esta razão, eles são classificados em três grupos distintos de polímeros superabsorventes. No primeiro grupo a água é irreversivelmente ligada pela forte ligação hidrogênio - oxigênio, e toda a água fica na estrutura reticulada do hidrogel sob pressão e equilibrada. A água não é liberada. O segundo grupo possui a capacidade de adsorver grandes quantidades de água, porém, possui uma fraca ligação que impede a água de permanecer no polímero por longos períodos.

No terceiro grupo a água é ligada pela fraca ligação de hidrogênio e fortes forças de Van der Waals; absorve e libera água durante longo tempo. Os polímeros utilizados para fins agrícolas pertencem ao terceiro grupo. (VILJOEN, 1997; BALENA, 1998).

Neste caso o hidrogel (polímero absorvente) tem um copolímero de ligação cruzada de ácido acrílico e acrilamida, que tem sido neutralizada com um sal de potássio para dar um pH neutro. Na forma seca o produto é um cristal granulado; e uma substância semelhante a um gel quando hidratada.



AZZAM (1983) afirma que as poliacrilamidas não são degradadas biologicamente. Por isso, uma vez aplicadas ao solo, sofrem uma paulatina degradação ou dissociação por ação do cultivo, dos raios ultravioleta do sol e um contínuo fracionamento, que gira em torno de 10% em solos cultivados continuamente por meio dos implementos agrícolas. Entretanto, WALLACE; WALLACE e ABOUZAMZAM (1986), afirma que os produtos finais da dissociação das poliacrilamidas são dióxido de carbono, água e amônia e, portanto, não apresentam nenhum problema relacionado à toxicidade residual.

2.1.2 Interações com Cátions e Ânions.

Além da retenção de água o polímero age como um colóide do solo, adsorvendo os cátions da solução na sua estrutura química. De acordo com COTTHEM (1998), os polímeros TerraCottem, em particular, mostram especialmente uma alta capacidade de adsorção de fertilizantes. Os polímeros são produzidos dos monômeros com grupos funcionais carregados negativamente. Estes potenciais locais de adsorção são equilibrados por um número equivalente de íons positivos, tais como os prótons ou outros cátions. Portanto, pode-se presumir que a adsorção de nutrientes coincide com a liberação de números equivalentes contrários da estrutura dos polímeros. Tais processos de adsorção no solo têm um importante papel no controle de disponibilidade de nutrientes para as plantas.

O mesmo autor afirma que, de acordo com o que ocorre no complexo do solo, cátions bivalentes como Ca^{2+} e Mg^{2+} são preferidos aos cátions monovalentes como K^+ e Na^+ como elementos de ligação. Dentre os cátions divalentes, o Mg^{2+} mostra uma maior capacidade de adsorção no polímero, se comparado ao Ca^{2+} . A configuração química dos cátions influencia a extensão pela qual é adsorvido e, este

efeito é mais forte para cátions divalentes do que para os monovalentes. A razão para isso poderia ser que há competição nos locais de adsorção disponíveis. Cátions monovalentes são adsorvidos, com a exceção do cátion que é parte da fórmula estrutural do polímero. Este cátion é sempre liberado na mesma quantidade, independentemente da concentração administrada. Esta adsorção de íons fertilizantes na estrutura química do polímero, reduzem drasticamente a adsorção de água e expansão da cadeia polimérica, conforme algumas pesquisas realizadas por HENSLEY (2001). O mesmo autor diz que, aparentemente, os géis agem como uma partícula de solo na habilidade para reter certos compostos químicos, como o íon amônio (NH_4^+), mas não se liga ao íon nitrato (NO_3^-). Outros estudos mostraram que os géis adsorvem cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}).

CHATZOUDIS e RIGAS (1998) observaram os efeitos de condicionador de solo com três fertilizantes diferentes à base de K_2SO_4 . Um dos fertilizantes usado foi solúvel em água, e os outros dois fertilizantes tiveram liberação controlada, com diferentes taxas de nutrientes liberados. Foi usado para o teste colunas de solo franco areno-argiloso. No período de 3 meses, a coluna foi lavada regularmente com água e o percolado analisado. A dissolução dos dois fertilizantes com liberação controlada e seu fertilizante correspondente solúvel em água foi estudada na presença e ausência de três condicionador de solo, com diferença na sua capacidade de adsorção de água deionizada. Foi encontrado para o fertilizante solúvel em água, que as quantidades de K lixiviado das colunas aumentou com a capacidade de adsorção ($100 \text{ g de água g}^{-1}$ polímero seco), a quantidade de K lixiviado do fertilizante solúvel em água foi de 188% maior quando comparado as quantidades de K lixiviado dos fertilizantes com liberação controlada.

Segundo JAMES e RICHARDS (1986), a possibilidade de íons individuais estarem presentes em quantidades elevadas no substrato, pode romper a capacidade de adsorção de água de qualquer hidrogel incorporado. Por exemplo, ferro é um fertilizante comumente usado para melhorar a ação de crescimento em vasos e quando

liberado no meio dá origem a uma gama de espécies iônicas hidratadas em solução. Estudando a influência de fontes de ferro na capacidade de retenção de água em substratos cultivados com dois tipos de polímeros, observaram que algumas fontes de ferro podem influenciar severamente a capacidade de retenção de água do polímero, principalmente aquelas fontes onde o ferro rapidamente se solubiliza, passando para a solução do solo.

JOHNSON (1984a), JAMES e RICHARDS (1986) afirmam que íons, particularmente cátions divalentes, presentes na água de irrigação tem previamente sido mostrados como redutores na adsorção de água por diferentes hidrogéis testados. O presente resultado indica que a adição de Ca^{2+} e Mg^{2+} e espécies iônicas de ferro também tem um maior efeito de deterioração dos géis. Este efeito geral, de cátions romperem os géis indica que cátions multivalentes ativamente expulsam e substituem a água em locais polarizados dentro do gel copolímero.

Estudos realizados por BRES e WESTON (1993) constataram que a concentração de N-total nas folhas do tomateiro foi significativamente mais alta nos tratamentos com hidrogel, quando comparado ao controle. E a retenção de nitrato foi muito menor, indiferente do tipo de gel investigado, considerando que retenção de amônio aumentou com adição do gel. Esta diferença pode estar relacionada ao potencial de carga negativa ou a capacidade de troca de cátion dos polímeros.

BOWMAN e EVANS (1991) relatam que os sais de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] inibem a hidratação do hidrogel. Mas essa inibição pode ser parcialmente revertida pela aplicação de soluções concentradas de sais de potássio (KNO_3) e em seguida uma lavagem com água deionizada. Pois, ocorre uma provável competição entre o K^+ e o Ca^{2+} nos sítios de trocas de cátions no hidrogel.

FOSTER e KEEVER² relataram que altas concentrações de íons ou cátions divalentes livres em solução reduziram grandemente a adsorção de água pelos géis à

² FOSTER, W. J.; KEEVER, G. J. Water absorption of hydrophilic polymers (hydrogels) reduced by media amendments. *J. Environ. Hort.* v. 8, p. 113-114, 1990.

base de amido e géis sintéticos. Cátions divalente como Ca^{+2} e Mg^{+2} e cátions monovalente como K^+ e NH_4^+ , concentração de 20meq/L, promoveu a redução de hidratação do hidrogél na solução até aproximadamente 10% e 20%, respectivamente (BOWMAN e EVANS;)³. Os ânions afetam levemente a absorção (WANG; GREGG,)⁴ citados por FONTENO e BILDERBACK (1993).

Segundo WALLACE et al. (1986), testes de laboratório indicaram que a quantidade de polímero necessária para o efetivo melhoramento do solo é relativamente limitada, considerando as variações em conteúdo de argila, matéria orgânica no solo, sais solúveis, pH do solo e outras características. Os mesmos autores constataram que a concentração iônica tem uma grande influência sobre a ligação do polímero ao solo. Isto obviamente está relacionado com a densidade de carga nos colóides da argila e o caráter aniônico do polímero.

2.1.3 Efeitos do Polímero como Condicionador de Solo.

Um dos assuntos mais abordados na literatura com relação aos polímeros hidroretentores é com relação a retenção de água no solo. De acordo com BALENA (1998) a adição do polímero agrícola no solo, aumentou progressivamente a umidade, chegando a duplicar a capacidade de armazenamento de água, para a concentração de 32 kg de polímero por m^{-3} de solo argiloso, o que mostra a grande capacidade desse material em reter e conservar água no solo. Esse efeito foi ainda mais evidente na areia, onde o armazenamento, para a mesma concentração, foi aumentada em 7,5 vezes.

AZZAM (1983) realizou experimentos em solos desérticos, adicionando

³ BOWMAN, D. C.; EVANS, R. Y. and PAUL, J. L. 1990. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide hydrogels and affect physical properties of gel amended container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* v. 115, p. 382-386, 1990.

⁴ WANG, Y. T.; GREGG, L.L. Hydrophilic polymers polymers - their response to amendments and effect on properties of a soilless potting mix. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* v. 115, p. 943-984, 1990.

polímero com o propósito de melhorar as condições de germinação e transplante de mudas. Observou que houve um ganho na capacidade de retenção de água em torno de 31%.

Um ano mais tarde JOHNSON (1984b) observou que a água fixada pela expansão do grânulo de polímero, na forma de gel, é entendida como reserva do solo, capaz de suprir a eficiência de absorção de água pelas plantas, particularmente onde ela é escassa. Entretanto, no mesmo ano JOHNSON (1984a) relatou que o uso de polímeros sintéticos na forma de gel, ajuda a reter água em solos arenosos e, favorece o crescimento de plantas em regiões áridas. Porém, o autor comenta que as propriedades de armazenamento de água destes condicionadores de solo são significativamente afetadas pela natureza e concentrações de sais dissolvidos na água de irrigação.

LAMONT e O'CONNELL (1987) estudaram as propriedades de retenção de água de quatro hidrogéis, na presença de água destilada, água de torneira e várias soluções nutritivas. Constataram que os sais dissolvidos têm um efeito significativo na retenção de água pelos hidrogéis. A água de torneira de alta qualidade, reduziu em até 30% a capacidade de adsorção de água pelo hidrogel e as soluções nutritivas a base de NH_2NO_3 , KNO_3 e $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, qual foram usadas como fertilizante adicional, reduziu a capacidade de adsorção de água pelo hidrogel em até 75%, quando comparado com água destilada.

De maneira geral, VILJOEN (1997) afirma que polímeros possuem grupos carboxílicos negativos na cadeia longa do polímero que facilitam a adsorção de água nos espaços e a ligação cruzada da cadeia polimérica previne a completa solubilização produzindo um gel. Por causa da habilidade do polímero de reter por muito tempo sua própria massa de água, isto pode ser usado para suprimento das plantas com uma relativa disponibilidade de fonte de água a qual é liberada para planta a partir da demanda. O polímero melhora os solos produzindo um tampão, porém temporário, e reduz o risco de mortalidade durante o período de estabelecimento. O gel armazena

umidade e é usado com grande eficiência, se comparado a formas convencionalmente adequadas de água, reduz os prejuízos com água na superfície particularmente em solos arenosos.

MIKKELSEN; BEHEL e WILLIAMS (1993) conduziram dois experimentos para determinar o comportamento do polímero hidrofílico na forma de gel com relação às perdas de N por lixiviação. No primeiro ensaio, o hidrogel foi misturado à solução de nitrato de amônio e uréia (32%), aplicado em solo arenoso, e submetido a lixiviação durante seis semanas. Os autores observaram que a lixiviação do nitrogênio foi reduzida em 45% durante as primeiras semanas. Para o segundo ensaio, que teve o mesmo procedimento do primeiro, porém, com a adição de uma gramínea (*Festuca arundinacea* L.) como planta teste, houve uma perda de nitrogênio por lixiviação em torno de 26; 16 e 7% da primeira à quarta semana da aplicação do fertilizante, enquanto que o crescimento da gramínea aumentou em 40% e acumulação de N aumentou em até 50%, quando comparado à solução de nitrato de amônio e uréia apenas.

Alguns pesquisadores como MINAMI; BUENO e CUQUEL (2001), estudaram o efeito de Hidroplan (retentor de água) no transplante de mudas de morangueiro. Os tratamentos consistiram no uso do condicionador nas seguintes concentrações, texturas e tipos de aplicação: T1=1g e T2=2g de Hidroplan pó de textura fina por cova de plantio; T3=1g e T4=2g de Hidroplan pó de textura média por cova de plantio; T5=1g e T6=2g de Hidroplan pó de textura granulada por cova de plantio; T7= 5g de Hidroplan/litro, e imersão das raízes nesta solução; T8=controle sem Hidroplan. A área foi irrigada 1 vez por dia até o pegamento das matrizes e depois a cada 3 dias. Na avaliação da matéria seca das raízes, foi observado que o único tratamento que diferiu significativamente do controle foi o com 1g de Hidroplan granulado/cova de plantio, mostrando porém menor peso. Os demais tratamentos se mostraram semelhantes ao controle. Com relação à sobrevivência das plantas, nenhum tratamento foi superior ao controle, sendo que o tratamento com 2g do produto granulado/cova de plantio foi inferior ao controle. Os autores concluíram que, de

maneira geral, o uso de Hidroplan promoveu resultados similares ao controle nas condições estudadas.

Efeitos similares foram observados por NISSEN e TAPIA (1996), em estudos realizados sobre o efeito do polímero na nutrição de centeio (*Lolium multiflorum*) em solo vulcânico. Concluíram que a interação do hidrogel com a fertilização, não produziu nenhum efeito significativo no rendimento de matéria verde, matéria seca e consumo de água.

Segundo WANG (1989), o grau de redução na capacidade de retenção de água no hidrogel, particularmente, depende da estrutura e composição química do produto e da concentração e variedade de íons na água que entra em contato com o hidrogel está sendo exposto. O mesmo autor testou a produção de três variedades de plantas ornamentais tropicais (*Codiaeum*, *Dieffenbachia* e *Hibiscus rosasinensis* L.) usando várias doses de hidrogel (0; 1,75 ou 2,50 kg m⁻³). Constatou que, de acordo com as condições testadas, o Viterra Hidrogel não melhorou o crescimento das plantas ou a relação de abastecimento de água para justificar sua incorporação no meio para produção das plantas ornamentais citadas.

PILL e STUBBOLO (1986) concluíram que a incorporação do polímero NATROSOL no substrato, juntamente com uma solução de fertilizantes não afetou significativamente o ganho de peso fresco dos brotos do tomateiro. No entanto, o crescimento de brotos aumentou com o aumento das doses de polímero VITERRA AGRI-GEL e da solução de fertilizantes no substrato.

Segundo FLANNERY e BUSSCHER (1982), o polímero foi prejudicial para a planta de azaléia, apesar de toda a contribuição de água oferecida pelo mesmo. Não por ser tóxico, e sim pela falta de aeração no sistema radicial provocada pela presença desse polímero hidratado no substrato. Isso foi mais evidente à medida que se aumentou a dosagem de polímero no substrato.

Entretanto, HÜTTERMANN; ZOMMORODI e REISE (1999) analisaram o sistema radicial das plantas (*Pinus halepensis*) e verificaram que as mesmas

apresentaram um volume consideravelmente maior no melhoramento com hidrogel, comparado ao controle. Já, no comprimento da raiz principal foi observado diferença significativa entre os tratamentos. As mudas plantadas em solo melhorado com hidrogel, tiveram maior quantidade de raízes adventícias e foram mais ramificadas em comparação ao sistema radicial das mudas nos solos do controle.

NISSEN (1994) afirma que, para diminuir o déficit de abastecimento de água em cultivo, aplica-se polímero como condicionador de solo e a aplicação dessa poliacrilamida ao redor das raízes aumenta a capacidade de armazenamento de água do solo, a produtividade e melhora a permeabilidade do solo, diminuindo o escoamento de água superficial que provoca erosão. O mesmo autor realizou experiências no Sul do Chile, com o uso de hidrogel na produção de framboesas (*Rubus idaeus*). No segundo ano de cultivo, obteve como resultado um rendimento de frutos igual a 3.696kg de frutos/ha no tratamento com uso de hidrogel, notadamente superior a 2.236kg de frutos/ha para o tratamento testemunha, sem hidrogel.

AZEVEDO (2000) avaliou a eficiência do polímero de poliacrilamida no suprimento de água para a planta de café (*Coffea arabica L.*) cv. Tupi. Os tratamentos consistiram na utilização de quatro turnos de rega, que foram: T1=10; T2=20; T3=30 e T4=40 dias e quatro níveis de polímero P1=0; P2=15; P3=30 e P4=45% da massa do substrato. Os resultados mostraram que a altura das plantas, a matéria seca da parte aérea e a matéria seca das plantas, aumentaram com o aumento do nível e com o percentual de polímero no substrato. No intervalo entre regas de 10 dias, não houve diferença significativa no crescimento da área foliar para os níveis de polímero estudados, porém para os intervalos entre regas de 20, 30 e 40 dias, a área foliar do cafeeiro aumentou com o aumento dos níveis de polímero no substrato de transplântio. O efeito do polímero sobre todas as características estudadas da planta foi significativa, podendo afirmar que a presença de polímero no substrato permite espaçar as irrigações sem comprometer o crescimento da planta por falta d'água.

De acordo com RIGAS et al. (1999), a produção de girassóis em solos arenosos, também, pode ser extensamente aumentada, quando condicionador de solo a base de poliestireno sulfonado foi incorporado ao solo.

Entretanto, BEARCE e McCOLLUM⁵ citado por AZEVEDO (2000), observaram um ganho significativo no peso de matéria seca de crisântemum, quando esta foi cultivada na presença do polímero, havendo também um aumento na disponibilidade de água no solo que passou de 39% para 52%, quando tratado com polímero. O mesmo autor observou que no cultivo de lírio, além do ganho de peso de matéria seca, houve também um aumento significativo no número de brotações, atribuído a um maior desenvolvimento do sistema radicial, maior absorção da água armazenada pelo polímero e maior aeração do solo proporcionado pelos grânulos do polímero.

COTTHEM (1998) relata que além dos efeitos positivos de alguns polímeros superabsorventes nas características físicas do solo, os polímeros, TerraCottem, em particular mostram especialmente uma alta capacidade de adsorção de fertilizantes. Isto pode ser explicado por sua característica hidrofílica e seus grupos funcionais, ionizáveis. Pode ser estimado que, usando condicionador de solos, o consumo de fertilizante possa ser reduzido de 20 a até 50% da quantidade normal e que a ação fertilizadora possa ser aumentada pelo mesmo valor

MIKKELSEN (1995), analisou os efeitos da aplicação de hidroretentores juntamente com MnO, MnSO₄.4H₂O, MnCl₂ e Mn EDTA para a cultura de soja. O experimento, conduzido em estufa, registrou um aumento médio no acúmulo de Mn na folha de 89% nas aplicações associadas ao polímero.

SAYED; KIRKWOOD e GRAHAM (1991), acompanhando o efeito do hidrogel no cultivo de várias hortícolas em condições de substratos salinos contendo

⁵ BEARCE, B. C.; McCOLLUM, R. W. A comparison of peat-lite and noncomposted hardwood-bark mixes for use in pot and bedding-plant production and the effects of a new hydrogel soil amendment on their performance. (on line). Virginia, 1993. (citad nov. 1998). Available from: <http://www.hydrosourc.com>

NaCl, CaCl₂ e MgCl₂, relataram que o peso da matéria seca de planta, área foliar, seiva, cloroplastos (clorofila a, clorofila b, e carotenóides), atividade fotossintética, total de aminoácidos, prolina e proteínas total foram aumentadas com a incorporação do polímero em relação aos resultados do tratamento de cultivo em areia pura. Os mesmos autores afirmaram que o polímero é altamente eficiente para ser usado como condicionador de solo, principalmente na horticultura, onde ele aumenta a tolerância das plantas em condições de substratos arenosos e salinos. É evidente que a capacidade de plantas para resistir à falta de água sob condições salinas pode estar associado de perto com a habilidade que elas têm para acumular solutos orgânicos sob estas condições.

WILLINGHAM e COFFEY (1981) observaram que as mudas de tomate (cv. Manapal) produzidas em substratos que continham polímeros necessitaram de cinco semanas para serem transplantadas, enquanto as produzidas sem polímero precisaram de seis semanas. O conteúdo de P e Ca nas folhas das plantas desenvolvidas em solo melhorado com polímero foi elevado, mas não diferiu em conteúdo de N, K e Mg.

De acordo com DEHGAN; YEAGER e ALMIR (1994), dados do estudo realizado indicam que a resposta para o crescimento das plantas testadas com poliacrilato de K/poliacrilamida, com ligações cruzadas, variou com as espécies de plantas, número de irrigação e concomitante aplicação de fertilizante.

Foi constatado por FONTENO e BILDERBACK (1993) que a eficácia total dos hidrogéis em substratos de horticultura pode ser influenciada pelas: taxas de incorporação; restrições físicas para expansão do substrato; substâncias químicas presentes no substrato (além dos efeitos de fertilizantes); proximidade física das raízes aos cubos de hidrogel e natureza hidrofílica dos cubos de hidrogel envolvendo o substrato.

2.2 CRISÂNTEMO

2.2.1 Botânica

Para a realização deste trabalho escolheu-se o crisântemo, como planta teste, sendo uma das principais flores comercializadas no estado de São Paulo, SILVEIRA e MINIMI (1999), e com expressiva representatividade em Curitiba.

O crisântemo, utilizado como planta ornamental, é uma planta herbácea, anual, pertencente à família das Asteráceas cujas espécies ancestrais se originaram da China há mais de 2000 anos. O crisântemo sempre foi cultivado como planta ornamental, tendo sido introduzido na Europa em 1168 e nos Estados Unidos, em 1820. Esta introdução deu-se primeiramente como planta de jardim e posteriormente como planta de estufa HORST⁶ citado por MARQUES; SHEPHERD e CROCOMO (1998).

KAMPF e BAJAK⁷ afirmam que dentre as flores cultivadas em vasos, destaca-se o crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) como planta ornamental comercializada em todo mundo, pela beleza de sua inflorescência. As variedades de crisântemo apresentam porcentagem expressiva na demanda mundial de flores de corte e envasadas, ocupando cerca de 12% do mercado holandês de flores cortadas e 34% do mesmo mercado para flores envasadas. Em 1987 esta planta ornamental já se encontrava entre as flores com maior volume das exportações brasileiras dirigido, principalmente, ao mercado Europeu, citado por FURLAN; BOTREL e PAZ (1998).

Segundo SILVEIRA e MINAMI (1999) o setor da floricultura no Brasil, embora crescendo rapidamente no Estado de São Paulo, ainda é instável. No entanto

⁶ HORST, R.K. *Crysanthemum*. In Handbook of plant cell culture - Ornamental species, v. 5 (P.V. Ammirato, D.A. Evans, W.R. Sharp, Y.P.S. Bajaj, eds.). McGraw-Hill Publishing Company, New York, p.319-336, 1990.

⁷ KÄMPF, E.; BAJAK, M. S. O Brasil no mercado internacional de flores e plantas ornamentais. **Informe GEP/DESR**, v.3, n.4, p.3-11, 1990.

está se tornando uma das melhores alternativas para quem busca investimentos na agricultura. Isto porque demanda pouca área e o ciclo de produção, dependendo da cultura, é curto (três meses), o que permite giro rápido do capital. A maioria das culturas estabelecidas estavam sendo produzidas em condições de estufas, porém existe uma gama enorme de espécies a serem exploradas.

Normalmente, o cultivo dirigido para o florescimento do crisântemo, consiste em aplicar 8 a 12 semanas de dias curtos (14 horas no escuro), dependendo da reposta da cultivar, da região e das condições de cultivo (PETRY; BELEDELI e ARAUJO 1999). O mesmo autor relata que, se as condições de fertilizantes, manejo fitossanitário e irrigação forem uniformes, a utilização de mais plantas por vaso ocasiona maior competição e menor diâmetro de plantas, tornando necessário o desbaste de botões e hastes em excesso, para obter o tamanho de flor condizente com o mercado.

2.2.2. Exigências Nutricionais

Convencionalmente, no Brasil, o cultivo de crisântemo orientado para flor de corte é feito em misturas de solo e material orgânico, colocado em canteiros, onde se realizam adubações concentradas, buscando-se o máximo de qualidade e rendimento. Experimentos realizados com crisântemo em argila expandida e sistema convencional, mostraram que o conteúdo de Mg nas plantas cultivadas neste último foi sempre superior. Em relação a N, P, K, Ca, os valores variaram de 350,76 a 398,98; de 43,04 a 48,84; de 606,54 a 689,88 e de 120,42 a 135,79 mg por planta, para o cultivo em argila expandida. No cultivo em sistema convencional, esses valores foram de 439,5; 49,10; 714,77 e 138,67 mg por planta, respectivamente. (BARBOSA; MARTINEZ e KAMPF, 1999).

FERNADES; OLIVEIRA e HAAG (1975) estudaram a concentração dos elementos P, K, Ca, Mg e S, em partes vegetativas do crisântemo do cultivar "Suzuki", por um período de cento e quarenta dias, verificaram que, até a época do florescimento, a concentração dos macronutrientes nas raízes, caule e folhas permanecia praticamente inalterada. Apenas o P apresentou um aumento significativo no teor foliar, após setenta dias da cultura e, o cálcio, que, aos noventa e oito dias, mostrou uma elevação na concentração do elemento obtida nas folhas e no caule. Por ocasião do florescimento, houve a redução no teor foliar de todos os macronutrientes analisados. Os autores concluíram que o potássio é absorvido em maior quantidade, seguido pelo cálcio, fósforo, magnésio e enxofre, no caule, raiz e flor. E uma planta de crisântemo extrai, 231,24 mg de P; 1600,10 mg de K; 269,32 mg de Ca; 112,77 mg de Mg; 90,95 mg de S; 0,799 mg de Cu; 116,45 mg de Fe; 23,35 mg de Mn; 14,42 mg de Zn.

Entretanto, MALAVOLTA (1997) relata que os teores totais dos elementos absorvidos pelo crisântemo são: 40-60g kg⁻¹ de N; 2,5-10g kg⁻¹ de P; 40-60g kg⁻¹ de K; 10-20g kg⁻¹ de Ca; 2,5-10g kg⁻¹ de Mg e 2,5-7,0g kg⁻¹ de S.

LIMA e HAAG (1987b) analisaram a absorção de macronutrientes pelo crisântemo, cultivar Golden Polaris e constataram que nas hastes e folhas, as concentrações de nutrientes são instáveis e variam em função da idade da planta. Nas folhas, a concentração dos elementos estudados sempre foi superior à das hastes. As concentrações dos macronutrientes: nitrogênio (N), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S) diminuem nos órgãos com a idade da planta; o teor de cálcio, embora diminua nas hastes durante o tempo de cultivo, aumenta nas folhas. O fósforo, apesar de apresentar pequena variação no teor foliar, é o único macronutriente a aumentar a concentração nas hastes das plantas, durante o ciclo da cultura. Aos 125 dias após o plantio das mudas, o acúmulo de nutrientes pelas hastes e folhas de uma planta de crisântemo do cultivar Golden Polaris, obedece a seguinte ordem e quantidade: K- 689,0mg ; N- 458,0mg ; Ca- 130,0mg ; Mg- 52,0mg ; P- 46,0mg ; S- 35,0 mg.

Estudando a deficiência de N, P, Ca, Mg, S e B em crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* cv golden polaris) os autores LIMA e HAAG (1987a), observaram que a deficiência de nitrogênio é caracterizada por um amarelamento das folhas basais e um atraso no florescimento. A deficiência de fósforo, caracteriza-se pelo aspecto coriáceo da maioria das folhas, além da coloração verde-profunda verificada nas mais velhas. A carência de potássio por amarelamento nas margens das folhas mais velhas e inflorescência assimétricas e com sépalas escurecidas na região basal. A deficiência de cálcio, por folhas novas de coloração amarelada e de bordos torcidos para cima, acrescentando-se, ainda, um secamento generalizado das brotações além da redução na produção de inflorescências. A deficiência de magnésio, por um amarelamento internerval das folhas mais novas e floração não uniforme. A carência de enxofre, pelo amarelamento das folhas novas e pouca ramificação. A deficiência de boro, por folhas novas amareladas e de aspecto coriáceo, além de internódios bastante curtos. Segundo os mesmos autores, o crisântemo cultivar Golden Polaris apresenta níveis de nutrientes nas folhas, sem sintomas de carência, expressos em função da matéria seca, da ordem de 1,92% e 2,25% de N; 0,08% e 0,131% de P; 2,79% e 2,87% de K; 1,18% e 1,68% de Ca; 0,70 e 0,93% de Mg; 0,10% e 0,13% de S 56,5ppm e 67,25ppm de B. Os níveis de nutrientes nas folhas, com sintomas de carência, expressos em função da matéria seca, são: 0,73% de N; 0,33% de P; 0,42% de K; 0,46% de Ca; 0,48% de Mg; 0,10% de S e 33,07ppm de B.

De acordo com KÄMPF (2000), os valores inadequados de pH podem causar desequilíbrios fisiológicos nas plantas, por afetarem a disponibilidade dos nutrientes. E recomenda que para substratos com predominância de matéria orgânica, a faixa de pH recomendado é de 5,0 a 5,8; e quando for à base de solo mineral, deve ficar entre 6,0 e 6,5. Em meios com pH abaixo de 5,0 podem aparecer sintomas de deficiência de N, K, Ca, Mg e B, enquanto problemas com a disponibilidade de P e micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu) são esperados em pH de 6,5. Segundo ROBER e SCHALLER⁸ citado

⁸ RÖBER, R.; SCHALLER, K. *Planzenernährung im Gertanbau*. 3.ed. Stuttgart: Ulmer, 1985, p. 352.

por KÄMPF (2000) afirmam que o pH recomendável para o cultivo de crisântemo é entre 5,0 a 6,0.

RHOADES; KANDIAH e MASHALI (1992) afirmam que excesso de salinidade na raiz pode provoca efeito danoso no crescimento da planta, uma hipótese para esta observação seria porque aumenta a energia que deve ser gasta para a sobrevivência em baixas tensões. Esta energia é desviada dos processos que conduzem ao crescimento e rendimento da planta, a salinidade afeta a habilidade da planta para extrair água do solo. Em geral o efeito de salinidade dos sais no crescimento e transpiração da planta pode ser de natureza largamente osmótica e, conseqüentemente, relacionado com a concentração total de sais em lugar de concentrações individuais de sais específicos. Estes efeitos geralmente são comprovados por transpiração reduzida e proporcional retardo no crescimento, produzindo plantas menores.

PENNINGFELD⁹ citado por KÄMPF (2000), separou em três grupos as diferentes espécies de plantas ornamentais conforme suas necessidades nutricionais e sensibilidade à concentração salina no substrato. No primeiro grupo encontram-se plantas com baixas exigências nutricionais e alta sensibilidade a sais. O segundo grupo corresponde às plantas medianamente exigentes em nutrientes, com mediana sensibilidade a presença de sais no meio. Plantas do terceiro grupo são mais rústicas, com alta exigência em nutrientes e baixa sensibilidade a sais. O crisântemo, faz parte do terceiro grupo de plantas, ou seja, é uma planta tolerante a altas doses de fertilizantes.

⁹ PENNINGSFELD, F. Die Ernährung im Blumen und Zierpflanzenbau. Hamburgo: Parey, 1960. ____ [A nutrição em flores e em plantas ornamentais]. 2. Ed. Berlin: Parey, 1962. p. 217. ____ Kultursubstrate für den Gartenbau, besonders in Deutschland. Ein kritischer Überblick. Plant and Soil, The Hague, n. 75, p.269-281, 1983.

2.2.3 Substratos para a Produção de Crisântemo

O estudo de substrato para cultivo de plantas ornamentais é importante, principalmente quando cultivadas em vaso. Nesses recipientes, as plantas têm seu volume radicial limitado a um pequeno volume de substrato, que deverá garantir seu crescimento e o desenvolvimento. No geral, um substrato deve ser de baixa densidade, rico em nutrientes, para que estejam ao alcance das raízes e sejam levados até a parte aérea, ter composição física e química uniformes, elevada capacidade de troca iônica a qual depende em grande parte do pH do meio, boa capacidade de retenção de água e ser preferencialmente um meio estéril.

De acordo com FURLANI et al. (1999) as indústrias produtoras de substratos utilizam matéria prima de diferentes origens (turfa, lã de rocha, argila expandida, esponja fenólica, fibras de coco, xaxim, casca de árvores decompostas, casca de arroz carbonizada e outros), mas não dispõem de critérios e nem laboratórios para controle da qualidade de seus produtos. Pouco se sabe a respeito dos teores totais e dos teores disponíveis de nutrientes no material de origem. O desbalanço nutricional encontrado em alguns substratos tem causado limitações na produtividade e na qualidade das plantas sob cultivo protegido. Por isso, existe a necessidade de se fazer um monitoramento nesses substratos, para que os mesmos possam apresentar uma composição química balanceada de forma a favorecer a absorção dos nutrientes pelas plantas.

BARBOSA (1996) relata que, no Brasil, o cultivo de crisântemo para flor-de-corte é feito em misturas de solo e matéria orgânica, colocados em canteiros (no solo), onde se realizam adubações concentradas, buscando-se o máximo de qualidade e rendimento. No cultivo convencional do crisântemo geralmente se usa um substrato a base de solo, areia, esterco de gado e casca de arroz carbonizada nas seguintes proporção volumétrica: 2:0,5:1,5:0,5.

TAKEYOSHI et al.¹⁰ citado por CUQUEL et al. (1992) afirma que utilizando diferentes substratos (casca de arroz, solo + areia + esterco, vermiculita + solo, vermiculita fina, vermiculita grossa e vermiculita + palha de arroz), não ocorre diferenças significativas quanto ao enraizamento de estacas de crisântemo.

STRINGHETA et al. (1996) estudaram os efeitos da aplicação do composto de lixo urbano e de casca de arroz carbonizada, no substrato para o cultivo de plantas de crisântemo (variedades Puritan e Amarelo São Paulo) em vaso e, determinaram a concentração mais adequada dos dois componentes. Concluíram que para a variedade "Amarelo São Paulo", recomenda-se 30% de composto de lixo urbano e 70% de casca de arroz carbonizada como componentes do substrato. E para a variedade "Puritan", recomenda-se 70% de composto de lixo urbano e 30% de casca de arroz carbonizada.

2.3 FERTILIZANTES

De acordo com FASSBENDER e BORNEMISZA (1987) para usar e aplicar fertilizantes no solo é necessário considerar, as características do solo (conteúdo e disponibilidade de elementos nutritivos, pH e textura), as condições climáticas (temperatura, quantidade e distribuição da precipitação pluvial) e, as características das plantas (necessidade, sistema radicular, sistema de exportação e medidas de produção).

¹⁰ - TAKEYOSHI, N. I. ; ANRAKI, R. N; MINAMI, K. e LIMA, A. M. L. P. Efeitos de diversos substratos no enraizamento de estacas de *Chrysanthemum morifolium* cv. Polares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 1., Rio de Janeiro. *Anais*. p. 137-142, 1983.

2.3.1 Formas de Nitrogênio

FASSBENDER e BORNEMISZA (1987) relata que o sulfato de amônio [(NH₄)₂ SO₄ 20,5 N e 24,2% S] provoca um maior grau de acidificação mm. A desnitrificação biológica que ocorre em alguns solos especialmente em condições de temperatura e umidade, pode afetar os fertilizantes nítricos do solo produzindo grandes perdas de N.

SANTOS (1983) afirma que a uréia é um adubo pouco acidificante, com salinidade reduzida e muito solúvel em água. Entretanto, o sulfato de amônio é muito acidificante, medianamente salino e pouco higroscópico. E dentre outros fertilizantes a base de nitrogênio, a uréia [CO(NH₂)₂ 45% N] se hidroliza formando carbonato de amônio, produzindo uma imediata alcalinização no solo (BRADY, 1983) e, quando instável se decompõem em NH₄⁺ e CO₂. O amônio (NH₄⁺) liberado é absorvido pelo complexo coloidal e nitrificado a NO₃⁻. (RAIJ, 1991) a conversão de NH₄⁺ a NO₂⁻ tem a intervenção de bactérias do gênero *nitrossomas*, enquanto a passagem de NO₂⁻ a NO₃⁻ é promovida por bactérias do gênero *nitrobacter*. Neste grupo também encontra-se a cianamida cáustica (CaCN, 21-22% N), que reage no solo e, em certas condições de pH, pode resultar em uréia.

RAIJ (1991) afirma que uma pequena parte do nitrogênio total do solo encontra-se nas formas minerais de amônio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻) e nitrito (NO₂⁻). Essas são as formas aproveitáveis pelas plantas e, portanto, de maior interesse para a nutrição vegetal. O íon amônio, sendo um cátion, permanece no solo em forma trocável, adsorvido pelas cargas negativas do solo. Já o nitrato, por ter carga negativa, é repelido pela superfície das partículas do solo, permanecendo na solução, sendo assim muito móvel no solo e susceptível à lixiviação. O nitrito é um ânion, em geral de existência efêmera no solo, sendo rapidamente oxidado a nitrato. Isso é importante, pois o nitrito é tóxico para as plantas e para animais que delas se alimentam. De acordo com BRADY (1983) em solos muito alcalinos ou onde foram aplicadas altas

doses de fertilizantes amoniacais, há indícios de que a transformação de nitrito a nitrato poderá ser retardada, resultando em acúmulo de nitrito em quantidades suficiente para influir, de modo desfavorável, sobre o crescimento do vegetal.

De acordo com TISDALE et al. (1993) as plantas absorvem N nas formas NH_4^+ e NO_3^- . O NO_3^- geralmente acontece em concentrações mais altas que o NH_4^+ , e é livre para mover até às raízes por fluxo de massa ou por difusão. Alguns íons NH_4^+ sempre estão presente e influenciam o crescimento e metabolismo da planta de maneira que não são entendidos completamente. O NH_4^+ é a fonte preferida de N, pois a energia gasta para síntese de proteína é menor se comparada a energia requerida para redução do NO_3^- . Também o íon NH_4^+ está menos sujeito a perdas por lixiviação no solo e desnitrificação. Absorção de NH_4^+ através de raízes reduz a quantidade Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ entretanto, aumenta absorção de H_2PO_4^- , SO_4^{-2} , e Cl^- .

A absorção de Ca^{2+} sofre inibição competitiva com NH_4^+ , o qual é rapidamente absorvido pelas plantas. Neste caso, o Ca^{2+} sofre competição com o NH_4^+ , propriamente dito e com os íons H^+ liberados com a absorção, desta forma nitrogenada. Portanto, sob condições de taxa reduzida de nitrificação, o uso de fertilizantes amoniacais pode induzir a deficiência de cálcio, notadamente para as espécies mais exigentes neste nutriente (FASSBENDER; BORNEMISZA, 1987). No entanto, segundo PREVEDELLO e REISSMANN (2002) o cálcio é absorvido pelas plantas da solução do solo como Ca^{2+} ou por troca iônica. Plantas deficientes em Ca apresentam raízes menos desenvolvidas e flácidas, com possibilidade de murcha da parte aérea.

JORGE (1988) relata que o teor de nitrogênio é mais alto nas plantas jovens e a quantidade deste nutriente no solo varia diretamente com o teor em matéria orgânica. As plantas, podem absorver qualquer uma das formas (NO_3^- e NH_4^+), que se reúnem com outros produtos para formar os tecidos. E a deficiência de nitrogênio manifesta-se, principalmente, reduzindo o desenvolvimento vegetativo e causando uma clorose, isto é, amarelamento das folhas inferiores e mais velhas das plantas.

2.3.2 Formas de Potássio

De acordo com FASSBENDER e BORNEMISZA (1987), as formas de fertilizantes potássico altamente solúveis em água e de reações neutras aplicados no solo são KCl (60-63% de K_2O) e K_2SO_4 (50-52% de K_2O e 18% de S) dentre outros liberam K^+ por hidrólise passa a fazer parte da solução do solo. Os íons K^+ resultantes são adsorvidos pelo complexo de troca, se difundem rapidamente na solução do solo, de onde é absorvido pelas plantas, em condições de alta umidade. No caso do sulfato de potássio ao se hidrolizar libera íons SO_4^{2-} e K^+ que são favoráveis para a nutrição vegetal, especialmente em solos deficientes em enxofre. SANTOS (1983) afirma que o KCl é mais salino e mais solúvel que o K_2SO_4 .

De acordo com MALAVOLTA (1980) a presença de Mg aumenta a absorção de P pela planta, ou seja, o Mg^{+2} serve como "carregador" de fósforo. Acredita-se que o efeito seja devido ao papel do íon Mg^{+2} nas reações de fosforilação. E a deficiência de Mg induzida pelo excesso de K é bastante comum. O K é relativamente imóvel no solo atingindo as raízes das plantas principalmente por difusão. Como consequência, qualquer fator como restringindo o crescimento das raízes e reduzindo a taxa de difusão, pode diminuir a absorção de K. Alguns fatores serão: aeração do solo, análise de solo para potássio (se o nível de K na análise de solo diminui, a absorção de K pela raiz também diminui), CTC (solos com alta CTC tem maior capacidade de armazenamento e de suprimento de potássio), temperatura do solo (baixas temperaturas reduzem a disponibilidade e a absorção de K pelas raízes das plantas), umidade do solo (necessária para a movimentação do K por difusão até as raízes das plantas, para a absorção). As características do solo ou substrato também afetam na absorção do K. Segundo MALAVOLTA; VITTI e OLIVEIRA (1989) o excesso de K no meio pode causar carência de Ca e Mg na planta.

Segundo OLIVEIRA; CARMELLO e MASCARELHAS (2001) a disponibilidade de K no solo e a sua absorção pelas plantas parecem estar relacionadas

com a disponibilidade dos cátions divalentes Ca e Mg, dominantes do complexo de troca. Ainda assim, a absorção do K pelas plantas é favorecida em comparação com outras espécies catiônicas sendo, dentre os cátions macronutrientes, o que se apresenta, em geral, em menor e maior concentração no solo e na planta respectivamente.

JORGE (1988) descreve que o K é um elemento essencial para as plantas e sua função é de regular a absorção da água, equilibrar o efeito do fósforo e nitrogênio, revigorar a planta, a fim de resistir melhor às doenças, principalmente em presença do excesso de nitrogênio. E ainda influencia na ação das enzimas e na movimentação do ferro, regulando a transpiração e a divisão celular e a absorção de amônio. A presença de outros cátions, como o Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} e mesmo o NH_4^{+} , influenciam a absorção do potássio. Quanto ao pH, sabe-se que acima do ponto de neutralidade, o Ca^{2+} e o NH_4^{+} exercem ação menor na absorção de K, que em valores baixos de pH. E o tipo de cultura determina grandemente a quantidade de K a ser absorvida. O cálcio também é um mineral indispensável ao crescimento das folhas e sua presença estimula o desenvolvimento das raízes, isto é, das raízes finas, que são importantes na assimilação dos nutrientes do solo. E na presença de altos teores de K ou Ca, a assimilação de magnésio pela planta é menor. A falta de magnésio nas plantas pode apresentar certa dificuldade para absorver o fósforo, embora o fósforo possa ser encontrado em grandes quantidades no solo e em estados prontamente assimiláveis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado em casa de vegetação da Empresa CONSPIZZA HIDROSSEMEADURA Ltda, situada no Município de Colombo Curitiba - PR, Latitude 25°52'48"S, Longitude 48°16'15"W, Altitude média: 905m sobre o nível do mar, no período de 14/12/00 a 16/03/01 para o substrato-1 e 27/12/00 a 30/03/01 para o substrato-2. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2 x 4, usando 2 fontes de adubo nitrogenado (sulfato de amônio e uréia), 2 fontes de adubo potássico (Sulfato de potássio e cloreto de potássio), combinados com diferentes doses (0; 1; 2 e 4g kg⁻¹ de substrato) do polímero Agrosorb®, perfazendo um total de 16 tratamentos com 5 repetições para cada amostra; totalizando 80 unidades experimentais, para cada substrato.

Utilizou-se uma espécie vegetal de rápido crescimento, o crisântemo *Dedranthema grandiflorum* da variedade "Virginal", como planta teste e dois tipos de substratos (1 e 2), perfazendo um total de 160 unidades experimentais.

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SUBSTRATOS

3.2.1 Substrato-1

O substrato-1 foi preparado da seguinte maneira: Pesou-se 300kg de solo orgânico (apresentando 23,33% de areia; 30% de silte; 46,66% de argila; 32,93g dm⁻³ de carbono e o V% de 76,6), 270kg de areia e 30kg de fumo compostado (apresentado 10,06g kg⁻¹ de N-total; 3,3g kg⁻¹ de P; 9,4g kg⁻¹ de K; 12,6g kg⁻¹ de Ca; 3,0g kg⁻¹ de Mg; 4400mg kg⁻¹ de Fe; 90mg kg⁻¹ de Mn; 28mg kg⁻¹ de Cu; 43mg kg⁻¹ de Zn e 33800mg kg⁻¹ de Al), todos previamente peneirados em peneira de 4mm, colocou-se em uma betoneira todos os componentes e misturou-se até obter um substrato homogêneo. O substrato foi armazenado em sacos de rafia. Coletou-se 1 amostra representativa da mistura que foi analisada nos laboratórios de física e fertilidade do solo da UFPR. Os resultados são mostrados na tabela 1.

TABELA -1 ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO SUBSTRATO -1

N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K cmol _c dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	Al cmol _c dm ⁻³	V%	T cmol _c dm ⁻³	C g dm ⁻³	pH CaCl ₂	EC* dS/m	% areia	% silte	% argila
2,78	70,4	5,44	6,1	3,4	0	77,65	19,24	30,5	5,9	1,07	56	16	28

* EC= Condutividade elétrica

3.2.2 Substrato -2

O segundo substrato, corresponde à camada superficial (0-20cm) de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, coletado na unidade experimental da Embrapa, no Município de Ponta Grossa, o qual foi passado em peneira de 4mm. Coletou-se 1 amostra representativa do substrato que foi analisada nos laboratórios de física e fertilidade do solo da UFPR. Os resultados são mostrados na tabela 2.

TABELA -2 ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO SUBSTRATO - 2

N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K cmol _c dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	Al cmol _c dm ⁻³	V%	T cmol _c dm ⁻³	C g dm ⁻³	pH CaCl ₂	EC* dS/m	% areia	% silte	% argila
1,53	0,4	0,14	1,0	0,6	1,0	20,62	8,44	18,4	4,2	0,18	52,4	17,6	30

*EC= Condutividade elétrica

3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

De acordo com a análise de fertilidade dos substratos, foram incorporados N, P e K, ao substrato-1 usando-se a fórmula 30 100 50 kg ha⁻¹ e para o substrato-2, foi usado a fórmula 60 300 150kg ha⁻¹. As doses dos adubos foram calculadas segundo RECOMENDAÇÕES..., (1996).

Apenas o substrato-2 foi corrigido com relação a sua acidez, pois apresentou valor de pH muito baixo para o cultivo do crisântemo.

A incorporação do calcário dolomítico filer de origem metamórfica; PN 104,5% eq CaCO₃; ER 100%; PRNT 104%; CaO 29,5% e MgO 21,7%, (ANJOS, 1991), no substrato-2, foi realizada fazendo-se a mistura deste em 680kg de substrato previamente passado em peneira de 4mm, com 1,7kg de calcário, calculado segundo RAIJ (1991), para elevar a saturação de bases (V%) à 80%. A mistura foi coberta por uma lona preta, e de 48 em 48 horas o mesmo foi revolvido, permanecendo por 10 dias coberta pela lona, para acelerar a reação de neutralização do substrato.

Ao final deste período, pesou-se 7kg de substrato para cada vaso com capacidade para 5L, adicionaram-se os fertilizantes nas combinações determinadas: sulfato de amônio/sulfato de potássio (SASK); sulfato de amônio/cloreto de potássio (SACK); uréia/sulfato de potássio (USK); uréia/cloreto de potássio (UCK), e fosfato super triplo em todos os vasos previamente identificados de acordo com cada tratamento.

O polímero Agrosob®, foi misturado aos substratos nas doses de 0, 1, 2 e 4g kg⁻¹ de substrato, sendo previamente hidratado com água deionizada antes de ser

homogenizado no substrato. Em cada vaso plantou-se apenas uma muda de crisânemo, já enraizada. As mudas utilizadas no experimento foram adquiridas da empresa Agro Industrial Valentino Ltda., agricultural group LAZZARI. Fez-se a poda das mesmas antes do plantio, ficando estas com 4cm de altura, com o objetivo de causar bifurcação. Permaneceram no vaso por um período de 12 semanas, até a colheita.

As plantas receberam tratamento preventivo de inseticida e fungicida após sete dias do plantio, segundo orientações técnicas da própria empresa LAZZARI. O controle de umidade dos substratos nos vasos foi realizado segundo OLIVEIRA et al. (1991), pelo método da pesagem dos vasos, onde o peso dos recipientes com os substratos foram obtidos e registrados. A água deionizada foi adicionada à superfície do substrato, em intervalos freqüentes, até atingir aproximadamente 2/3 da capacidade máxima de retenção.

Após cinco semanas do plantio, seguindo orientações da empresa fornecedora das mudas, iniciou-se o fotoperíodo para induzir o florescimento. As mudas foram cobertas por uma lona preta e permaneceram 14 horas por dia no escuro durante 4 semanas contínuas.

Durante as 12 semanas, as plantas receberam adubação em cobertura de nitrogênio e potássio e fertirrigação. Aos 30 dias após o plantio, aplicou-se 60kg ha^{-1} de N e 50kg ha^{-1} de K_2O . Aos 60 dias após o plantio, aplicou-se mais 60kg ha^{-1} de N e a partir dos 40 dias após o plantio, usou-se fertirrigação a cada dez dias, aplicando-se 5 litros m^{-2} de uma solução contendo, por litro, 1,0g de N, 0,5g de K_2O , 10mg de Mn, 2mg de B e 1mg de Zn. As fontes dos fertilizantes usadas foram: ácido bórico (H_3BO_3), Cloreto de Manganês ($\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$), Cloreto de potássio (KCl), Sulfato de amônio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], Sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$), Sulfato de Potássio (K_2SO_4), Superfosfato triplo [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$], Sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$) e Uréia (H_4CON_2).

3.4 AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO

Ao final de 12 semanas, as plantas foram coletadas, sendo as flores contadas (para avaliar a produção) e separadas dos ramos e folhas. Após, foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados, e levadas ao laboratório para análises.

As folhas, ramos e flores das plantas, foram lavada com água deionizada e armazenadas em sacos de papel devidamente identificados, sendo posteriormente levadas à estufa com circulação forçada de ar à temperatura constante de 60°C, por 72 horas. Depois de constatado peso constante, as mesmas foram avaliadas segundo a produção de biomassa em balança digital com precisão de 0,01g. E, em seguida, o material vegetal (apenas folhas e ramos) foi moído para determinação dos teores de nutrientes.

As raízes foram separadas dos substratos com o auxílio de uma peneira (4mm) e pinça, lavadas com água deionizada, levadas à estufa a 60°C por 72 horas, sendo a seguir determinado o peso seco.

Após a coleta das raízes, retirou-se 1 amostra do substrato representativa de cada vaso, em separado, a qual foi levada a estufa para secagem à 60°C por um período de 48 horas. O substrato seco foi passado em peneira de 2mm e levado para a determinação dos teores nutricionais.

3.5 ANÁLISE QUÍMICA DE MATÉRIA SECA

As análises químicas foram de: N, P, K, Ca e Mg nas folhas e ramos juntos. Os teores de N-total foram determinados pelo método de Kjeldahl conforme BREMNER e MULVANEY (1982). Os teores de K foram determinados por emissão de chama e os teores de Ca e Mg foram determinados por absorção atômica conforme descrito em PERKIN e ELMER (1973). E os teores de P por colorimetria, segundo JACKSON (1958).

3.6 ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS 1 E 2.

Nos substratos foram analisados as seguintes variáveis: N, P, K, Ca, Mg, pH (CaCl_2) e CE.

Os teores dos nutrientes nos substratos foram analisados segundo os métodos a seguir: para a determinação do N-total foi usado o método Kjehdal descrito por BREMNER e MULVANEY (1982). Os teores de P e K foram determinados nos substratos pelo método da extração com solução de Mehlich (H_2SO_4 0,025N + HCl 0.05N), descrito por THOMAS e PEASLEE (1973); o K foi determinado em fotômetro de emissão de chama e o P por fotolorimetria com absorção em comprimento de onda de 660nm.

Os teores de Ca e Mg (extraídos por KCl 1N) foram determinados usando o método da titulação com EDTA, (EMBRAPA 1979). E o pH foi determinado em solução de CaCl_2 0,01M, sendo a leitura feita em um potenciômetro com eletrodo combinado. E as análises de CE (condutividade elétrica) foram realizadas segundo método descrito por TEEM (1986), após a coleta das raízes dos substratos.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis: matéria seca de ramos, folhas e raiz, produção de flores, teores de N, P, K, Ca, Mg, pH em CaCl_2 e CE nos substratos 1 e 2 e, teores e conteúdo de N, P, K, Ca e Mg no tecido vegetal, em função das doses de polímero adicionadas aos substratos, foram analisadas através do programa SANEST (Sistema de Análise Estatística) de ZONTA; MACHADO e SILVEIRA (1985). Na dissertação optou-se por apresentar as variáveis utilizando-se a análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

4.1.1 Massa Seca de Ramos e Folhas para os Substratos 1 e 2.

Os resultados de massa seca de ramos e folhas para os substratos 1 e 2 são mostrados nas Figuras 1 e 2. De modo geral, para ambos os substrato, foi nítida a diminuição na biomassa com o aumento nas doses de polímero. Este efeito ocorreu independente da fonte de fertilizante aplicada. Nos tratamentos SASK, USK e UCK, para o substrato 1, a análise de regressão acusou equações quadráticas decrescentes. No entanto, para o tratamento SACK a análise de regressão acusou uma equação linear decrescente com o acréscimo das doses de polímero. O mesmo comportamento de linearidade decrescente foi observado no substrato 2, para todos os tratamentos.

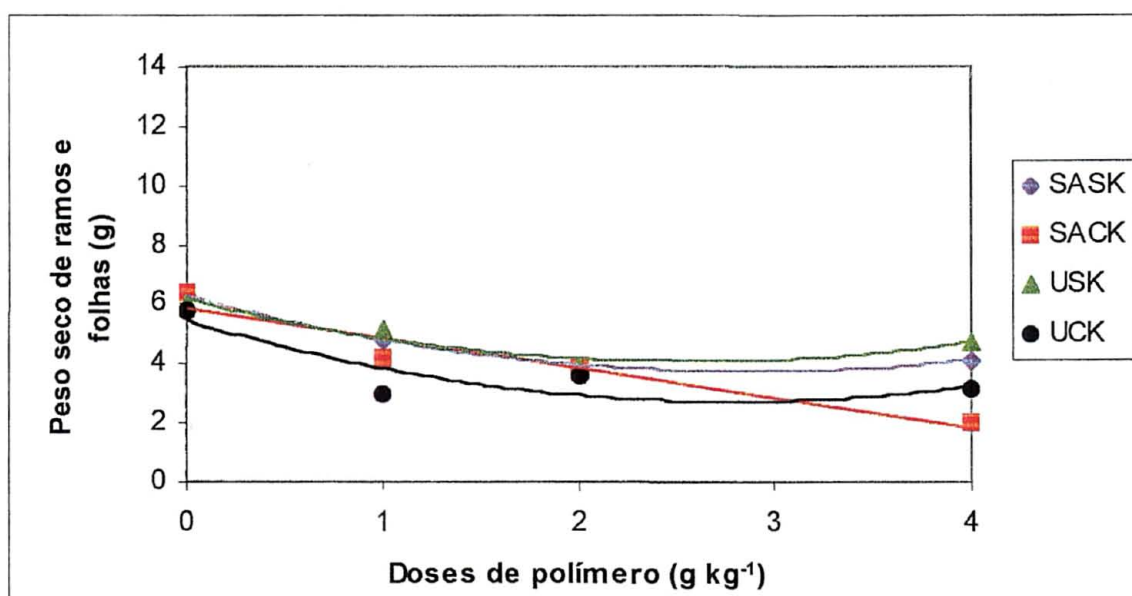
O decréscimo na massa seca de ramos e folhas, com o aumento nas doses de polímero, possivelmente ocorreu devido ao menor aproveitamento dos nutrientes pela planta. Isso pode ter ocorrido devido a uma combinação inadequada entre fertilizantes e polímero, a qual mostrou-se prejudicial ao desenvolvimento do crisântemo, o que deve ser melhor investigado.

Como será mostrado no item 4.4.6, pode ter ocorrido um desbalanço nutricional entre K/Ca ou K/Mg (Tabelas 7, 8, 9 e 10) nos tecidos o que ocasionou menor crescimento das plantas. Observa-se que especialmente no substrato 2, as doses de polímero influenciaram fortemente nestas relações, que juntamente com outros fatores como por exemplo a CE (Tabelas 5 e 6) podem explicar a redução no crescimento.

Este resultado de massa seca de ramos e folhas, encontra similar em estudos realizados com outras espécies, como no caso de centeio (NISSEN e TAPIA, 1996);

petúnia e calêndula (LAMONT e O'CONNELL, 1987); *Codiaeum*, *Dieffenbachia* e *Hibiscus rosasinensis* L. (WANG, 1989). E segundo FLANNERY e BUSSCHER (1982), o polímero foi prejudicial para a azaléia. Por outro lado não concorda com o resultado encontrado por BEARCE e McCOLLUM¹¹ citado por AZEVEDO (2000) que relatam ter ocorrido um ganho significativo no peso de matéria seca de crisântemo, quando estas foram cultivadas na presença do polímero. No entanto, estes autores não especifica a variedade estudada.

FIGURA 1 - MASSA SECA DE RAMOS E FOLHAS EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.



$$\blacklozenge y = 6.2873 - 0.2560x + 0.0064x^2$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$\blacksquare y = 5.8812 - 0.1434x$$

$$r^2 = 0.92^{**}$$

$$\blacktriangle y = 6.1839 - 0.2352x + 0.0065x^2$$

$$r^2 = 0.94^{**}$$

$$\bullet y = 5.4795 - 0.2846x + 0.0073x^2$$

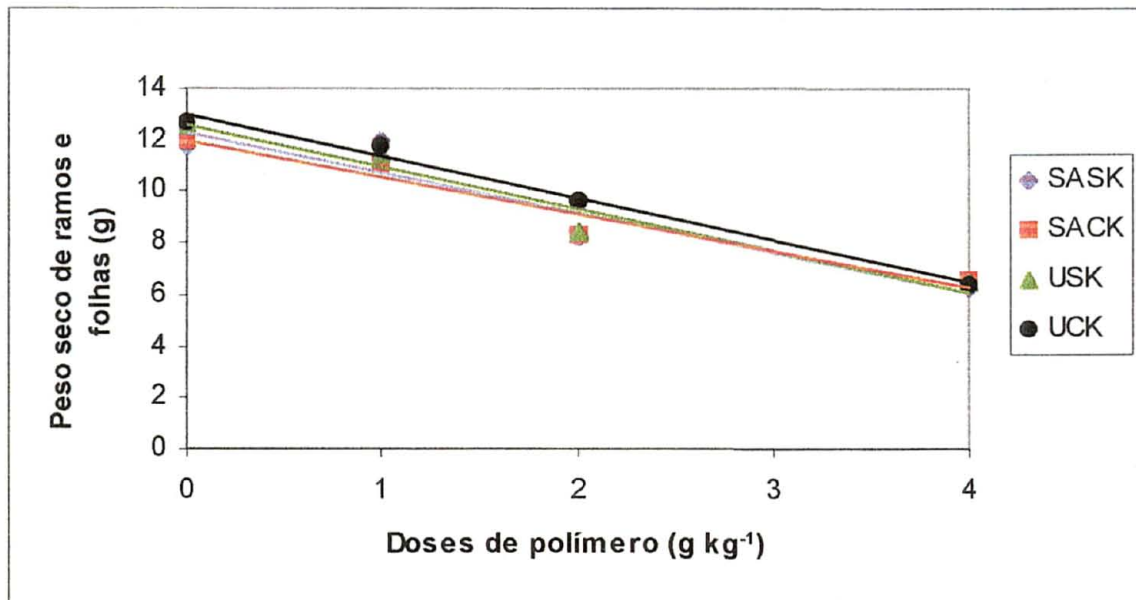
$$r^2 = 0.74^{**}$$

coeficiente de variação = 17%

NOTA: Para os coeficientes das equações é válido a seguinte notação: * = é significativo a 5%; ** = significativo a 1%. Esta simbologia é adotada para todos os demais gráficos. **Tratamentos:** SASK= sulfato de amônio + sulfato de potássio; SACK= sulfato de amônio + cloreto de potássio; USK= uréia + sulfato de potássio; UCK= uréia + cloreto de potássio.

¹¹ BEARCE, B. C.; McCOLLUM, R. W. A comparison of peat-lite and noncomposted hardwood-bark mixes for use in pot and bedding-plant production and the effects of a new hydrogel soil amendment on their performance. (on line). Virginia, 1993. (citad nov. 1998). Available from: <http://www.hydrosourc.com>

FIGURA 2 - MASSA SECA DE RAMOS E FOLHAS EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.



$$\diamond y = 12.2604 + 0.2206x$$

$$\square y = 11.9492 - 0.20071x$$

$$\triangle y = 12.5480 - 0.2292x$$

$$\bullet y = 12.9844 - 0.2328x$$

coeficiente de variação = 8.2%

$$r^2 = 0.88^{**}$$

$$r^2 = 0.94^{**}$$

$$r^2 = 0.95^{**}$$

$$r^2 = 0.98^{**}$$

Analisando a faixa de valores de massa seca de ramos e folhas de ambos os substratos, observa-se que as plantas cresceram menos no substrato 1, mesmo apresentando maiores teores em nutrientes que o substrato 2, como pode ser observado pelas Figuras 36, 37 e 38 (anexo-2).

4.1.2 Massa Seca das Raízes, para os Substratos 1 e 2.

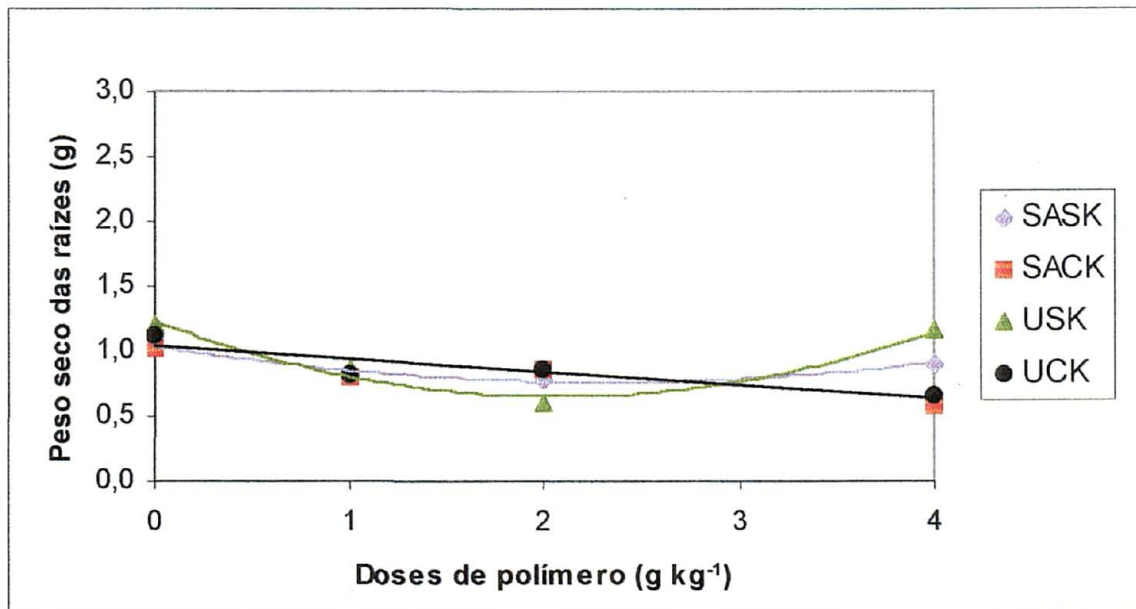
O peso seco das raízes para o substrato 1 e 2 é mostrado nas Figuras 3 e 4, respectivamente. Observando-se as curvas notou-se que no geral ocorreu uma tendência negativa, independente dos tratamentos para o substrato 1, com o aumento nas doses de polímero, conforme observado para a parte aérea (Figura 1). Entretanto, para o substrato 2 esta tendência não ficou nítida. Apenas para os tratamentos USK e UCK, observa-se que ocorreu uma tendência na regressão muito parecida para os dois

tratamentos, o que pode estar relacionado com a fonte de N usada. De modo que, ocorreu um efeito contrário no tratamento SACK.

Fazendo-se uma análise mais detalhada das curvas do substrato 1, constatou-se que para os tratamentos SASK e USK ocorreu uma regressão quadrática decrescente até a dose de 2g kg^{-1} de polímero, e crescente a partir deste ponto, até a dose maior. O mesmo comportamento foi observado para matéria seca de ramos e folhas, para o substrato 1, constatando que o peso seco dos ramos e folhas está diretamente relacionado com o peso seco das raiz, para ambos os tratamentos. Entretanto, para o tratamento UCK a análise acusou uma regressão linear decrescente a mediada que aumentou as doses de polímero. Possivelmente a forma de cloreto resultou em menor crescimento quando a dose de polímero foi máxima. É interessante observar que ocorreu um comportamento diferenciado em função das formas de K para o substrato 1.

O efeito de diminuição na massa seca das raízes, pode estar vinculado, a falta de oxigenação no sistema radicial. O O_2 é necessário para a respiração das raízes, fonte de energia para o processo ativo de absorção de íons (MALAVOLTA; VITTI e OLIVEIRA 1989). Segundo FLANNERY e BUSSCHER (1982), o hidrogel foi prejudicial para a planta de azaléia, devido a falta de aeração no sistema radicial provocada pela presença do polímero hidratado no substrato, o que foi mais evidente à medida que se aumentou a dosagem de polímero no substrato. Efeito similar foi constatado por MINAMI; BUENO e CUQUEL (2001) na análise de massa seca das raízes de morango. Os autores afirmam que no tratamento onde se usou 1g de polímero/cova de plantio, o peso seco das raízes mostrou-se menor que o controle. E os demais tratamentos se mostraram semelhantes ao controle. No presente trabalho a falta de oxigenação é questionável, tendo em vista que as regas foram feitas mantendo-se a umidade entre 60 - 70% da retenção máxima de água. No entanto a constatação efetiva depende de mensurações utilizando equipamento adequado de medida.

FIGURA 3- MASSA SECA DAS RAÍZES EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.



$$\diamond y = 1.0415 - 0.0034x + 0.0010x^2$$

$$r^2 = 0.96^*$$

$$\blacktriangle y = 1.2270 - 0.0793x + 0.0027x^2$$

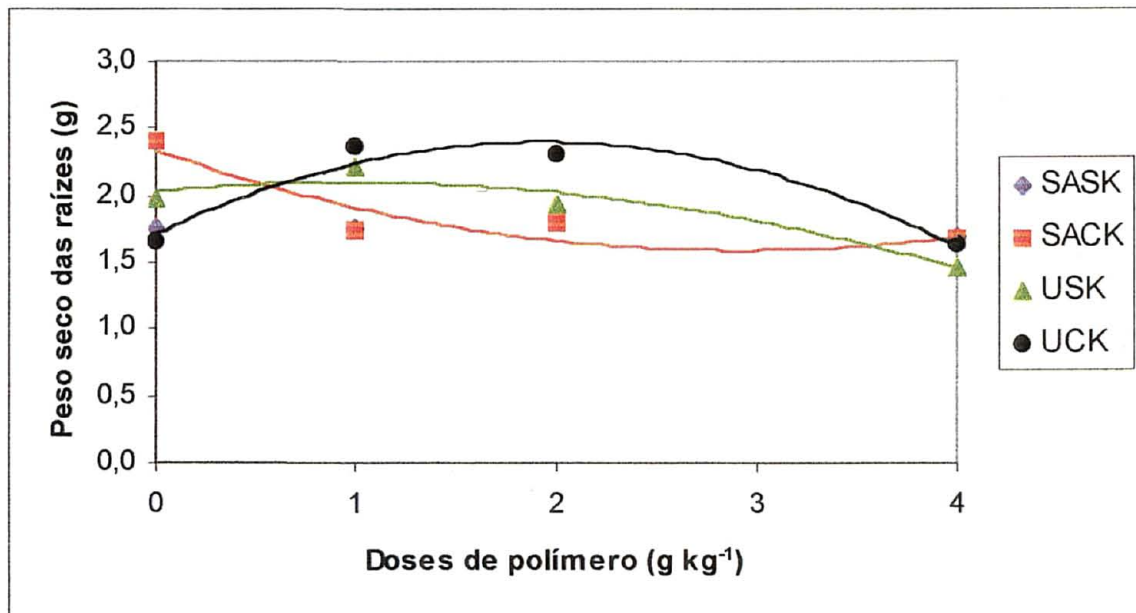
$$r^2 = 0.97^{**}$$

$$\bullet y = 1.0484 - 0.0143x$$

$$r^2 = 0.79^{**}$$

coeficiente de variação = 19%.

FIGURA 4- MASSA SECA DAS RAÍZES EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.



$$\blacksquare y = 2.3358 - 0.0736x + 0.0181x^2$$

$$r^2 = 0.85^{**}$$

$$\blacktriangle y = 2.0276 + 0.0195x - 0.0014x^2$$

$$r^2 = 0.90^{**}$$

$$\bullet y = 1.7102 + 0.1020x - 0.0037x^2$$

$$r^2 = 0.93^{**}$$

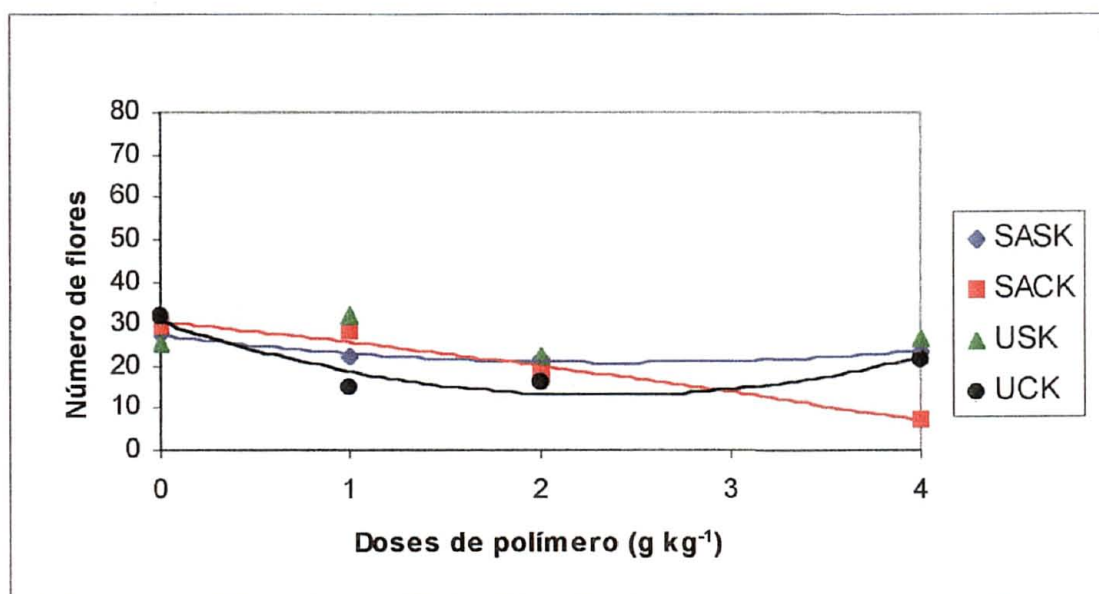
coeficiente de variação = 7.4%

4.1.3 Produção do Número de Flores, para os Substratos 1 e 2.

A produção de flores para os substratos 1 e 2 é mostrada nas Figuras 5 e 6. Pode-se observar que ocorreu efeito negativo para ambos os substratos, ficando mais evidente no substrato 2, independente das fontes de N ou de K aplicadas. Para o substrato 1, os tratamentos SASK e UCK a equação de regressão ajustada foi quadrática decrescente até a dose de 2g kg^{-1} de polímero, e crescente a partir deste ponto, até a dose maior. Entretanto, para o tratamento USK a análise de regressão não foi significativa, com o aumento das doses de polímero. E para o tratamento SACK observa-se uma regressão linear decrescente, à medida que aumentaram as doses de polímero. No entanto, para o substrato 2, os tratamentos SASK, SACK e UCK foram obtidos ajustes lineares decrescentes. E para o tratamento USK a análise acusou uma equação quadrática também decrescente.

A produção no número de flores foi visivelmente prejudicada, com o acréscimo nas doses de polímero nos substratos. Isso ocorreu possivelmente, devido ao impedimento na absorção de nutrientes provocado pelo polímero, já que o mesmo pode absorver os cátions da solução do solo como relatado por HENSLEY (2001); COTTHEM (1988) e JOHNSON (1984a) que o polímero pode absorver NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} na sua estrutura química e, também como pode ser constatado neste trabalho a diminuição desses elementos em várias situações. Neste caso, possivelmente ocorreu um desbalanço nutricional, principalmente entre K/Ca e K/Mg, prejudicando a produção de flores, biomassa e raiz.

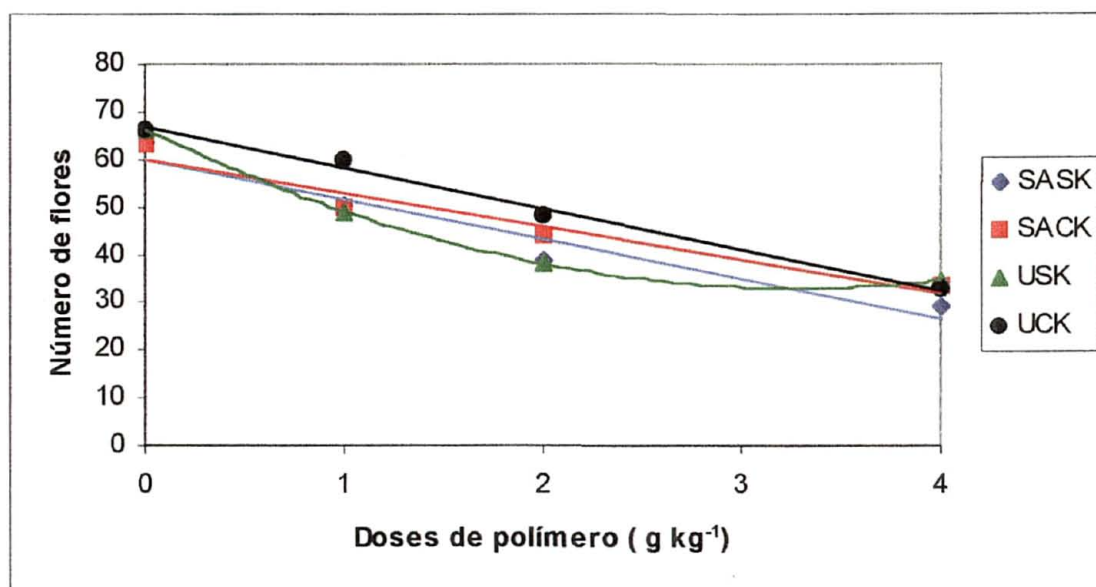
FIGURA 5 - PRODUÇÃO DE FLORES EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, NO SUBSTRATO 1.



◆ $y = 27.2509 - 0.7807x + 0.0233x^2$
 ■ $y = 31.1600 - 0.8497x$
 ● $y = 30.5490 - 2.1620x + 0.0664x^2$
 coeficiente de variação = 13%

$r^2 = 0.93^{**}$
 $r^2 = 0.96^{**}$
 $r^2 = 0.86^{**}$

FIGURA 6- PRODUÇÃO DE FLORES EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, NO SUBSTRATO 2.



◆ $y = 60.1200 - 1.2016x$
 ■ $y = 59.8800 - 0.9983x$
 ▲ $y = 66.3018 - 2.9044x + 0.0631x^2$
 ● $y = 66.7200 - 1.2302x$
 coeficiente de variação = 12%

$r^2 = 0.93^{**}$
 $r^2 = 0.94^{**}$
 $r^2 = 0.99^{**}$
 $r^2 = 0.99^{**}$

4.2 CARACTERÍSTICA QUÍMICA DOS SUBSTRATOS 1 E 2.

4.2.1 Análises de pH e Condutividade Elétrica (CE) para os Substratos 1 e 2.

Pode-se observar nas tabelas 3 e 4, a variação dos valores de pH em CaCl_2 , para os substratos 1 e 2. Existe uma oscilação dos valores de pH tanto no substrato 1 como no 2, mas, não foi observado influência clara das doses de polímero sobre os valores de pH. Observa-se uma menor acidez nos tratamentos USK e UCK para o substrato 2, quando comparado aos tratamentos SASK e SACK. Ao passo que, este efeito não ficou nítido no substrato 1.

No entanto, os valores mantiveram-se dentro da faixa (5,0-6,0) referenciada por RÖBER e SCHALLER¹² citado por KAMPF (2000) para a cultura do crisântemo.

TABELA 3 - MÉDIAS DOS VALORES DE pH CaCl_2 DO SUBSTRATO -1

Polímero g kg^{-1}	SASK	SACK	USK	UCK
0	5,68	5,84	5,78	5,94
1	5,68	5,66	5,78	5,92
2	5,74	5,74	5,88	5,80
4	5,82	5,74	5,74	5,76

TABELA 4 - MÉDIAS DOS VALORES DE pH CaCl_2 DO SUBSTRATO-2

Polímero g kg^{-1}	SASK	SACK	USK	UCK
0	5,36	5,20	5,62	5,94
1	5,46	5,24	5,56	5,92
2	5,32	5,34	5,60	5,78
4	5,44	5,34	5,56	5,76

Nas Tabelas 5 e 6 são mostrados os valores de CE. Analisando os valores, constatou que as doses de polímero influenciaram levemente estes valores. Evidência mais clara foi observado para o tratamento SACK, no substrato 1, aumentando as

¹² RÖBER, R.; SCHALLER, K. Pflanzenernährung im Gertanbau. 3.ed. Stuttgart: Ulmer, 1985, p 352.

doses de polímero, conseqüentemente aumentou os valores de CE. De acordo com TEEM (1986) a maioria dos valores ficaram entre 0,81-1,60dS/m representando uma ligeira salinidade nos substratos. E os valores 1,72 e 2,40dS/m para o tratamento SACK do substrato 1, apresentaram-se moderadamente salinos, o que poderiam causar algum dano as plantas, como por exemplo redução na produção. Segundo o autor, valores entre 0,81-1,20 dS/m seriam os ideais para solo mineral bem drenado, em estufas. Entretanto, apenas o valor 0,76dS/m do tratamento USK, no substrato 2, mostrou-se de baixa salinidade e não causaria nenhum dano as plantas, com exceção das culturas com menor tolerância a salinidade.

TABELA 5- MÉDIAS DOS VALORES DE CONDUTIVIADE ELÉTRICA DO SUBSTRATO -1

Polímero g kg ⁻¹	SASK' (dS/m)	SACK (dS/m)	USK (ds/m)	UCK (dS/m)
0	1,35	1,38	1,23	1,36
1	1,31	1,42	1,23	1,42
2	1,57	1,72	1,40	1,59
4	1,75	2,40	1,54	1,59

TABELA 6- MÉDIAS DOS VALORES DE CONDUTIVIADE ELÉTRICA DO SUBSTRATO -2

Polímero g kg ⁻¹	SASK' (dS/m)	SACK (dS/m)	USK (dS/m)	UCK (dS/m)
0	1,04	1,17	0,76	1,23
1	1,16	1,12	0,91	1,23
2	1,24	1,26	0,96	1,40
4	1,44	1,45	1,17	1,54

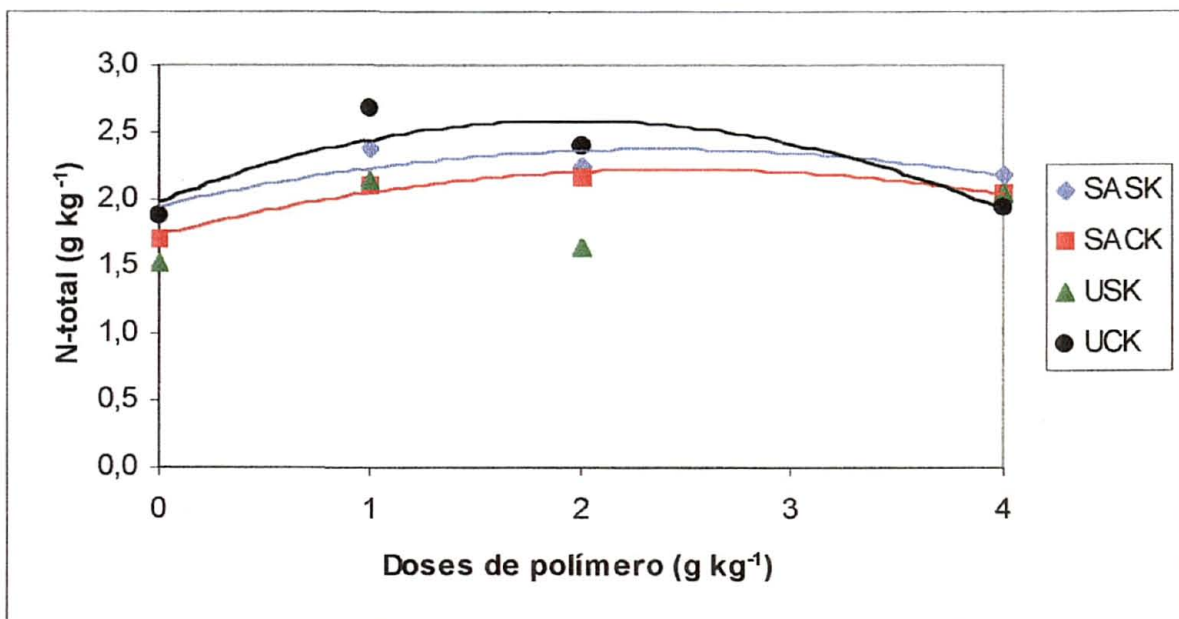
4.2.2 Nitrogênio-total

Analisando o teor de nitrogênio nos substratos 1 e 2, pelas Figuras 7 e 8, respectivamente, observa-se pelas curvas de regressão que para o primeiro os efeitos das doses de polímero não mostraram-se muito nítidos em relação aos teores de N-total. Entretanto, para o substrato 2, observa-se um nítido aumento no teor de N total, em resposta às doses de polímero adicionadas. O teor de N no substrato 2, variou também em função dos tratamentos. No caso do SASK e UCK, a análise de regressão acusou uma equação linear crescente. E para os tratamentos SACK e USK ocorreu

uma regressão quadrática crescente com o acréscimo nas doses de polímero. Observa-se que o teor de N no substrato 1 foi superior ao teor de N do substrato 2.

Este efeito crescente de N-total para todos os tratamentos, à medida que aumentou as doses de polímero, pode estar relacionado com o N presente no grupo acrilamida da molécula do polímero, como demonstrado por VILJOEN (1997). Considerando que nos substratos onde foram determinadas os teores de N-total e, o reagente usado na digestão do material possivelmente extraiu o N da molécula orgânica.

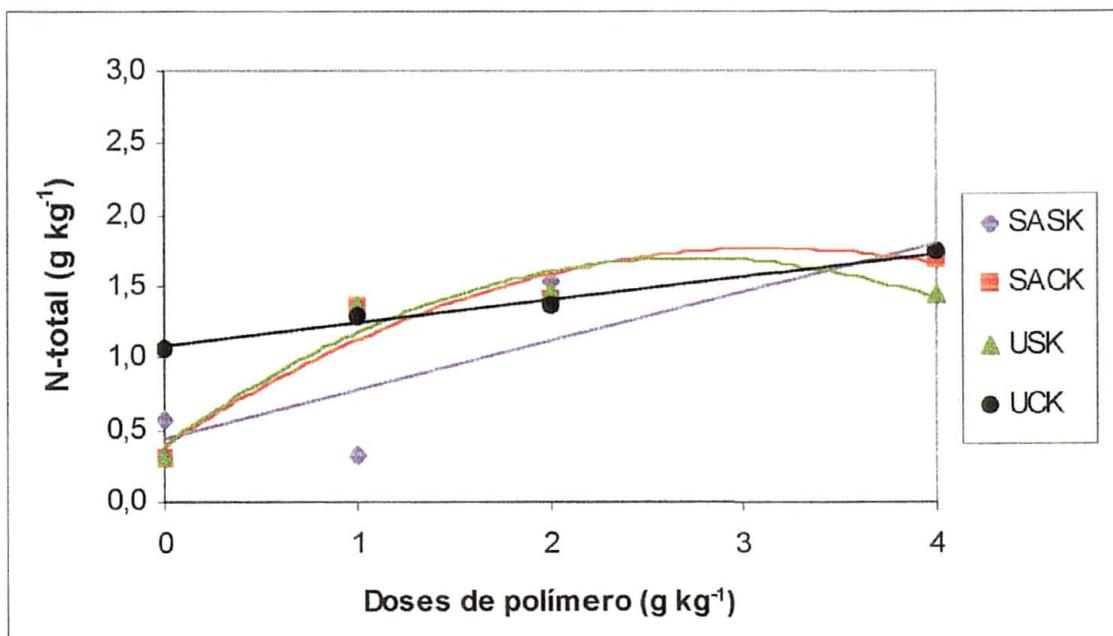
FIGURA 7 - TEOR DE N TOTAL NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.



$\blacklozenge y = 1.9481 + 0.0519x - 0.0015x^2$
 $\blacksquare y = 1.7334 + 0.0566x - 0.0016x^2$
 $\bullet y = 1.9844 + 0.0882x - 0.0032x^2$
 coeficiente de variação = 8%

$r^2 = 0.70^{**}$
 $r^2 = 0.94^{**}$
 $r^2 = 0.77^{**}$

FIGURA 8 - TEOR DE N TOTAL NO SUBSTRATO-2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.



$$\diamond y = 0.4408 + 0.0488x$$

$$\square y = 0.3880 + 0.1255x - 0.0026x^2$$

$$\triangle y = 0.4037 + 0.1353x - 0.0035x^2$$

$$\bullet y = 1.0872 + 0.0230x$$

coeficiente de variação = 8%

$$r^2 = 0.72^{**}$$

$$r^2 = 0.91^{**}$$

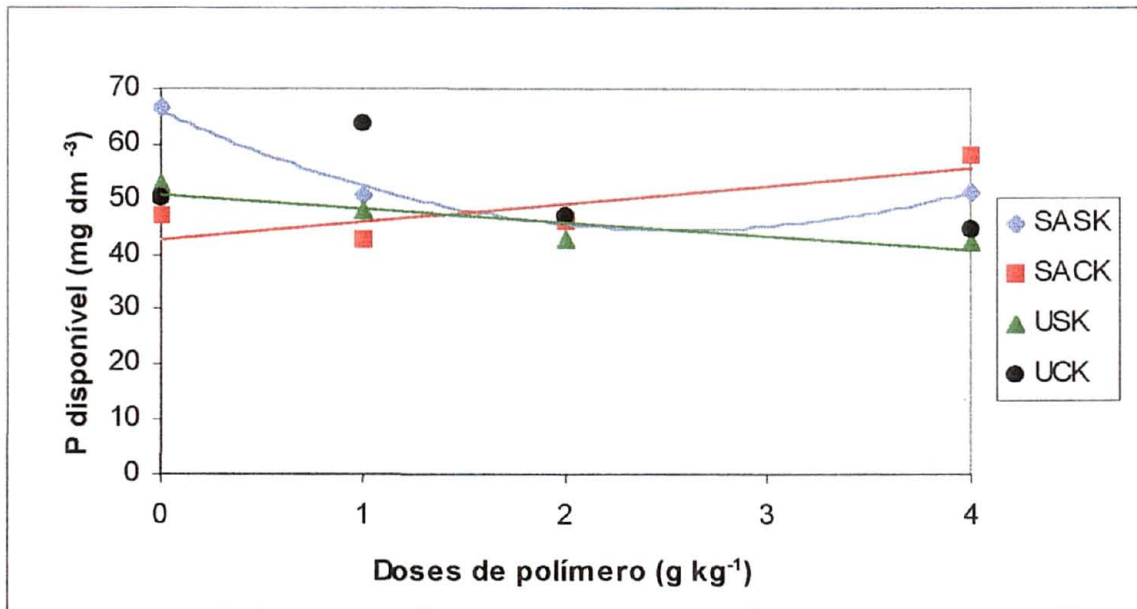
$$r^2 = 0.92^{**}$$

$$r^2 = 0.98^{**}$$

4.2.3 Fósforo

Os teores de fósforo disponíveis nos dois substratos são mostrados nas Figuras 9 e 10. Observa-se, de maneira geral, que o teor de P foi superior no substrato-1. E com relação ao efeito do polímero tanto no substrato 1 como no substrato 2, não foi observado efeito claro das doses de polímero sobre os teores de P disponíveis nos substratos. Com exceção do tratamento SACK para o substrato 1, onde observa-se que a equação foi linear crescente com o aumento nas doses de polímero.

FIGURA 9 - TEOR DE P NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.



$$\blacklozenge y = 65.8894 - 2.4001x + 0.0671x^2$$

$$r^2 = 0.98^{**}$$

$$\blacksquare y = 42.8839 + 0.4588x$$

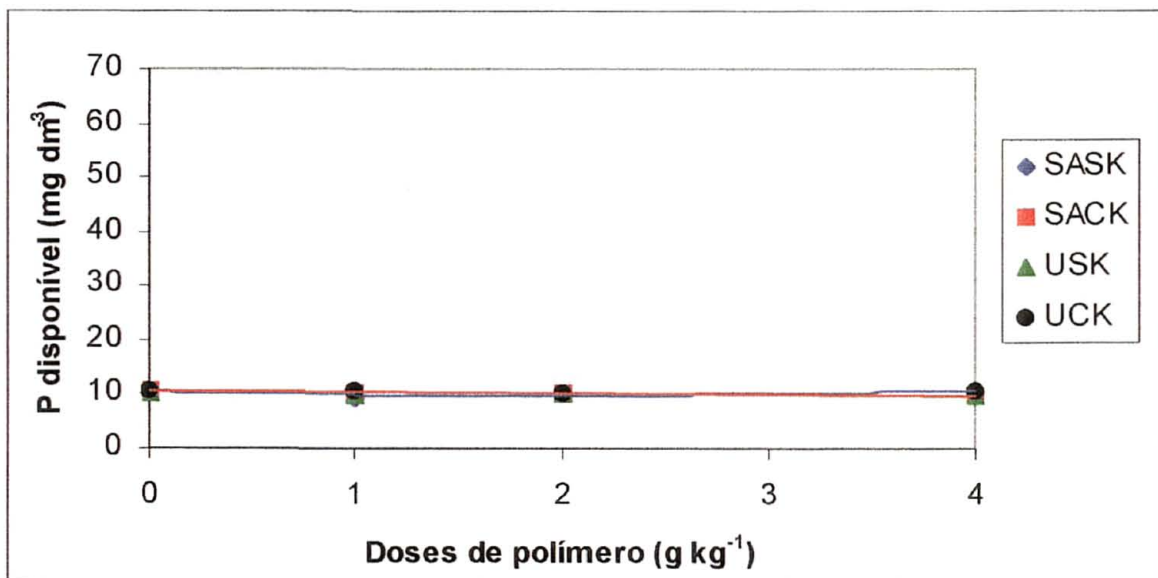
$$r^2 = 0.66^{**}$$

$$\blacktriangle y = 50.9159 - 0.3649x$$

$$r^2 = 0.78^{**}$$

coeficiente de variação = 7.8%

FIGURA 10- TEOR DE P NO SUBSTRATO -2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO



$$\blacklozenge y = 10.5353 - 0.1116x + 0.0043x^2$$

$$r^2 = 0.61^*$$

$$\blacksquare y = 10.6680 - 0.0308x$$

$$r^2 = 0.90^*$$

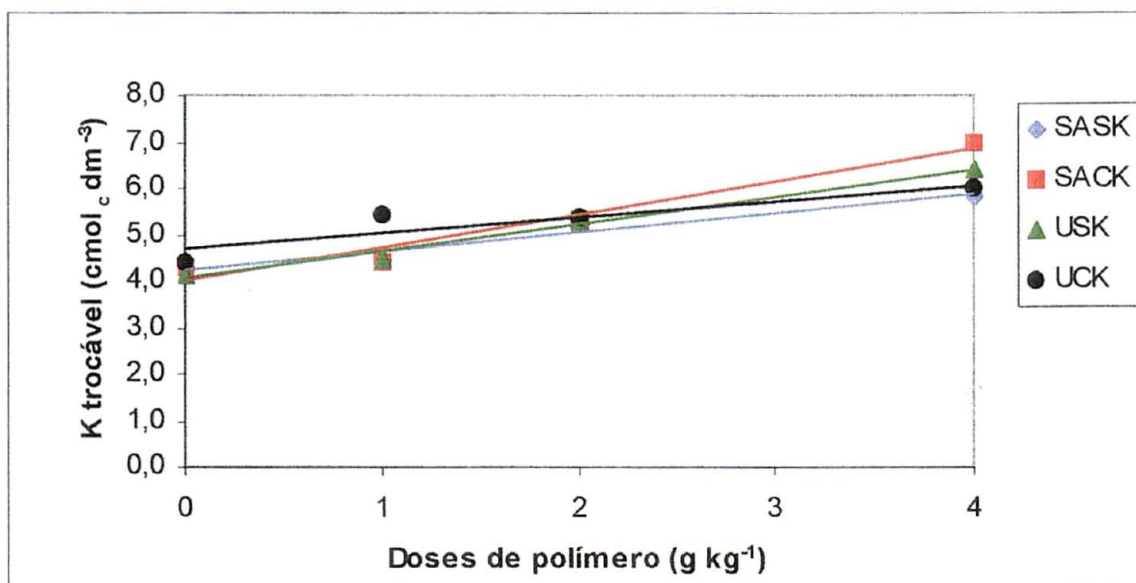
coeficiente de variação = 6.6%

4.2.4 Potássio

As Figuras 11 e 12 mostram os resultados dos teores de potássio trocável nos substratos 1 e 2, respectivamente. Através da análise de regressão pode-se observar uma relação linear crescente, para todos os tratamentos SASK, SACK, USK e UCK compatíveis com as doses de polímero adicionadas, independente do tipo de substrato e da fonte de fertilizante. O que chama a atenção nas figuras são, os elevados teores de K especialmente no substrato 1, já na ausência de polímero.

O aumento significativo no teor de K nos substratos 1 e 2, para todos os tratamentos, pode estar relacionado com a presença do elemento (K) na estrutura química do polímero, como apresentado por VILJOEN (1997). COTTEM (1998) também relata que os cátions monovalentes são adsorvidos pela estrutura do polímero, com a exceção do cátion que é parte da fórmula estrutural do polímero, neste caso o K^+ . Este cátion é sempre liberado na mesma quantidade independentemente da concentração administrada. Dessa forma o elemento (K) ligado à estrutura, foi liberado para a solução, na forma de íons K^+ ficando solúvel na solução extratora, que também pode ter agido sobre a matéria orgânica do substrato, liberando altíssimas quantidades de K mesmo considerando a diluição do substrato com areia em 45%. Isto resultou em altos teores de K na parte aérea das plantas, mostrado nas Figuras 21 e 22. Cabe ressaltar que o aumento detectado em aproximadamente seis vezes, do teor de K no substrato 2, com o aumento das doses de polímero é intrigante, requerendo uma análise mais aprofundada desta questão.

FIGURA 11 - TEOR DE K NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.



$$\blacklozenge y = 4.2496 + 0.0579x$$

$$r^2 = 0.95^{**}$$

$$\blacksquare y = 3.9872 + 0.1022x$$

$$r^2 = 0.96^{**}$$

$$\blacktriangle y = 4.0224 + 0.0866x$$

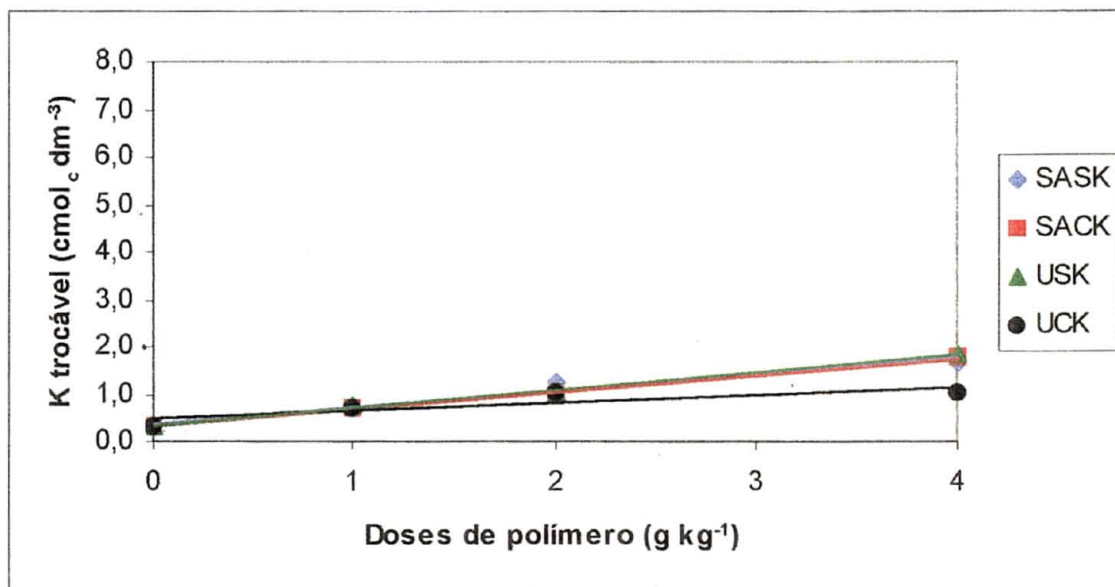
$$r^2 = 0.98^{**}$$

$$\bullet y = 4.6976 + 0.0495x$$

$$r^2 = 0.80^{**}$$

coeficiente de variação = 5.5%

FIGURA 12 - TEOR DE K NO SUBSTRATO-2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.



$$\blacklozenge y = 0.3792 + 0.0502x$$

$$r^2 = 0.95^{**}$$

$$\blacksquare y = 0.3188 + 0.0509x$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$\blacktriangle y = 0.3188 + 0.0538x$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$\bullet y = 0.3168 + 0.0528x$$

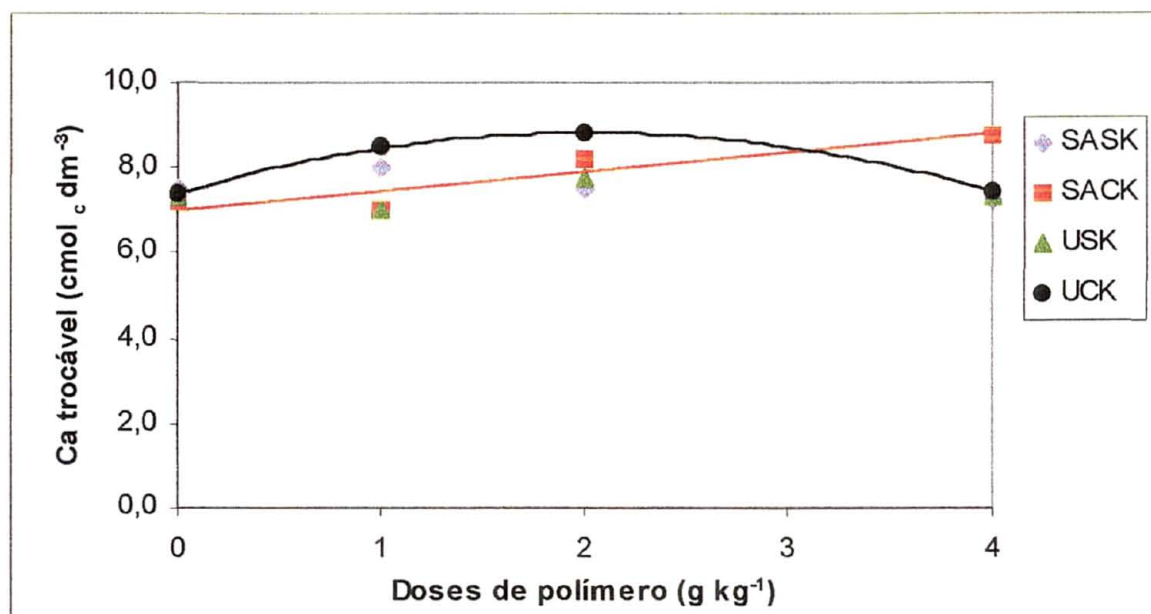
$$r^2 = 0.99^{**}$$

coeficiente de variação = 6.0%

4.2.5 Cálcio e Magnésio

Os teores de cálcio trocável, determinados nos substratos 1 e 2, são apresentados nas Figuras 13 e 14. Observa-se que o comportamento do cálcio para ambos os substratos não foi semelhante. No primeiro caso, ocorreu um efeito significativo para os tratamentos SACK e UCK com o aumento nas doses de polímero e a análise de regressão ajustou uma equação linear crescente para o SASK e para o tratamento UCK a regressão ajustou-se a uma equação quadrática crescente até o ponto de inflexão na dose 2g kg^{-1} de polímero, tornando-se decrescente a partir dessa dose. Entretanto, para os tratamentos SASK e USK os teores de Ca trocáveis não variam com as doses de polímero. Já, para o substrato 2, observa-se uma tendência negativa nas curvas de regressão, com o aumento nas doses de polímero, para todos os tratamentos. No entanto, para os tratamentos SASK, SACK e USK a análise de regressão acusou um ajuste linear decrescente. Entretanto, para o tratamento UCK a análise de regressão ajustou a uma equação quadrática também decrescente até a dose de 2g kg^{-1} de polímero e levemente crescente até a maior dose.

FIGURA 13 - TEOR DE Ca NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.



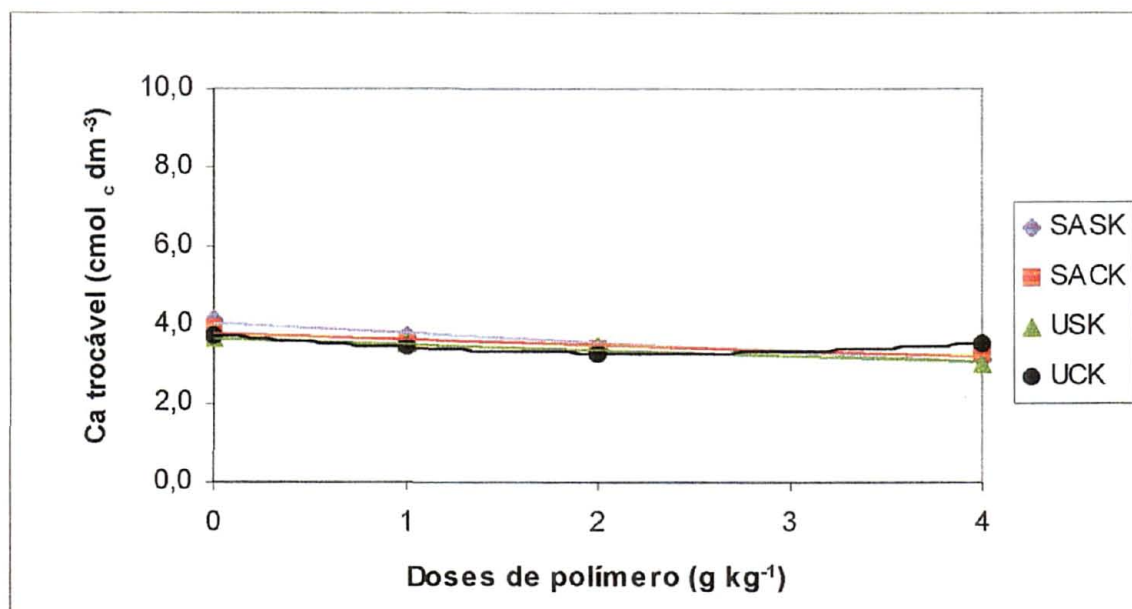
■ $y = 7.005200 + 0.0637x$

● $y = 7.404073 + 0.2011x - 0.0071x^2$
coeficiente de variação = 5.4%

$r^2 = 0.85^{**}$

$r^2 = 0.99^{**}$

FIGURA 14 - TEOR DE Ca NO SUBSTRATO -2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.



$$\diamond y = 4.0492 - 0.0357x$$

$$\square y = 3.7992 - 0.0216x$$

$$\blacktriangle y = 3.6928 - 0.0219x$$

$$\bullet y = 3.7566 - 0.0593x + 0.0018x^2$$

coeficiente de variação = 5.1%

$$r^2 = 0.94^{**}$$

$$r^2 = 0.79^{**}$$

$$r^2 = 0.91^{**}$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

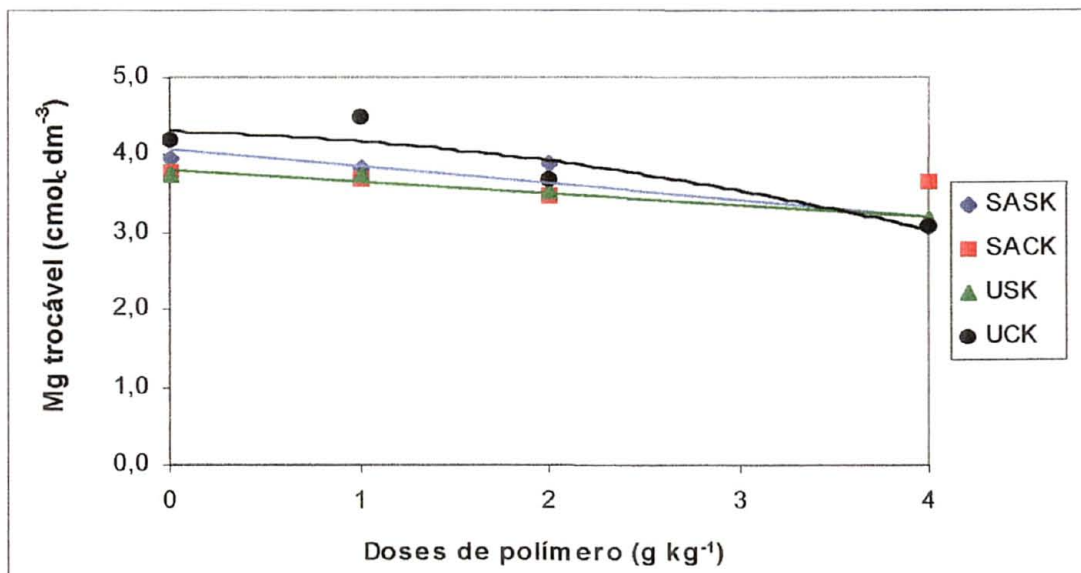
Os teores de Mg trocável nos substratos 1 e 2, mostrados nas Figuras 15 e 16, apresentam no geral, comportamentos distintos com relação as doses de polímero aplicadas. Para o substrato 1, foi nítida a tendência decrescente com as doses de polímero. A análise de regressão mostra uma equação linear decrescente, para os tratamentos SASK, USK e UCK. No entanto, para o tratamento SACK o teor de Mg trocável não variou com o aumento nas doses de polímero. Analisando o teor de Mg no substrato 2, observa-se uma ausência de efeito, com relação ao teor de Mg em função das doses crescentes de polímero, de modo que o comportamento dos resultados não ficou nítido. De maneira geral, observa-se que os teores de Ca e Mg foram superiores no substrato 1, quando comparado ao substrato 2.

A diminuição dos teores de Ca e Mg trocáveis, pode estar associado, com a forte atração (ligação iônica) dos grupos carboxílicos negativos, existentes na estrutura do polímero, com o cátion Ca^{2+} e Mg^{2+} (STOCKAUSEN HUELS)¹³

¹³ SOTCKHAUSEN HUELS. Información técnica. Stocksorb. Reunión técnica. Santiago de Chile. p 16, 1995.

Segundo COTTEM (1998), os polímeros possuem uma alta capacidade de absorção de fertilizantes principalmente os que possuem cátions divalentes. O autor HENSLEY (2001), também relata que estudos tem mostrado que os géis absorvem Ca e Mg. JOHNSON, (1984a) e JAMES e RICHARDS (1986) afirmam que, os cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} e espécies iônicas de Fe tem um maior efeito de deterioração dos géis. Este efeito geral dos cátions romperem os géis indica que cátions multivalentes ativos expulsam e substituem a água em locais polarizados dentro do gel copolímero. Possivelmente, o cálcio e o magnésio fiquem "presos" na molécula do polímero diminuindo sua concentração na solução extratora. Deste modo, método de análise, usando KCl 1N para extração de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocável na partícula do solo, deve ter sido ineficiente para extrair o Ca^{2+} e Mg^{2+} adsorvido na molécula do polímero, de modo que, pelo método usado possivelmente não tenha ocorrido o deslocamento do Ca^{2+} e Mg^{2+} pelo íon K^+ .

FIGURA 15 - TEOR DE Mg NO SUBSTRATO-1 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO.



$$\diamond y = 4.0580 - 0.0306x$$

$$\blacktriangle y = 3.8148 - 0.0219x$$

$$\bullet y = 4.4280 - 0.0463x$$

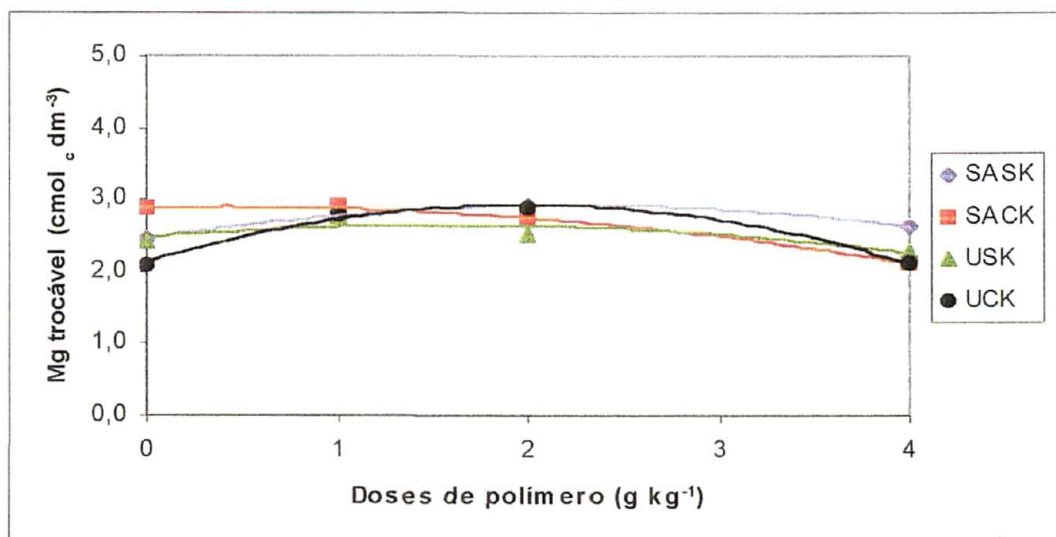
coeficiente de variação = 7.7%

$$r^2 = 0.81^{**}$$

$$r^2 = 0.94^{**}$$

$$r^2 = 0.79^{**}$$

FIGURA 16 - TEOR DE Mg NO SUBSTRATO-2 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO



$$\diamond y = 2.4579 + 0.0590x - 0.0018x^2$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$\square y = 2.8888 - 0.0068x - 0.0012x^2$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$\blacktriangle y = 2.4783 + 0.0306x - 0.0013x^2$$

$$r^2 = 0.70^{**}$$

$$\bullet y = 2.1261 + 0.1152x - 0.0041x^2$$

$$r^2 = 0.98^{**}$$

coeficiente de variação = 5.4%

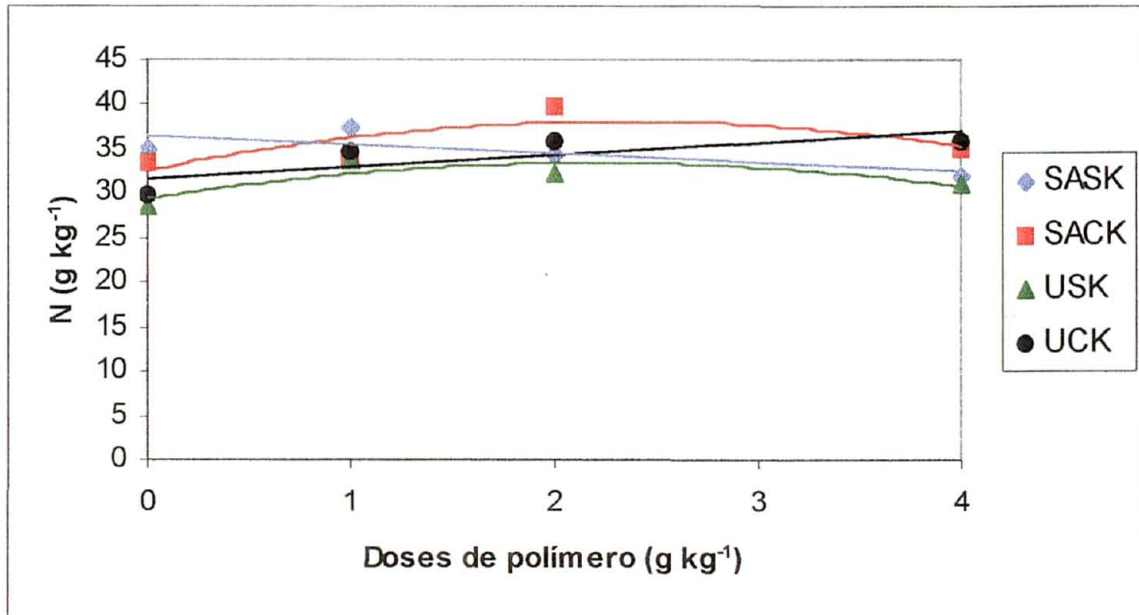
4.3 TEORES DE NUTRIENTES NAS PLANTAS CULTIVADAS NOS SUBSTRATOS 1 E 2.

4.3.1 Teores de Nitrogênio na Planta

Os teores de N-total acumulados na planta, para os substratos 1 e 2, em reposta às doses de polímero, são mostrados nas Figuras 17 e 18, respectivamente. Para o substrato 1, nota-se que o comportamento dos resultados nas curvas de regressão, não ficaram nítidos quanto às doses de polímero e a fonte de fertilizante aplicadas. Entretanto, para o substrato 2, este comportamento variou de acordo com as doses crescentes de polímero e as fontes de fertilizantes. Analisando as curvas de regressão do substrato 2, observa-se que para o tratamento SASK ocorreu uma regressão quadrática crescente. Entretanto, para os demais tratamentos (SACK, USK e UCK) a análise de regressão foi linear e também crescente, com o aumento das doses de polímero.

LIMA e HAAG (1987a) obtiveram níveis de N, na faixa de 19,2 - 22,5g kg⁻¹, abaixo do obtido neste trabalho, com ressalva que foi usado a cultivar Golden Polaris e a análise foi realizada apenas nas folhas.

FIGURA 17- TEORES DE N NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.



◆ $y = 36.4168 - 0.1411x$

■ $y = 32.5442 + 0.6792x - 0.0206x^2$

▲ $y = 29.3449 + 0.5269x - 0.0169x^2$

● $y = 31.7692 + 0.1889x$

coeficiente de variação = 5.0%

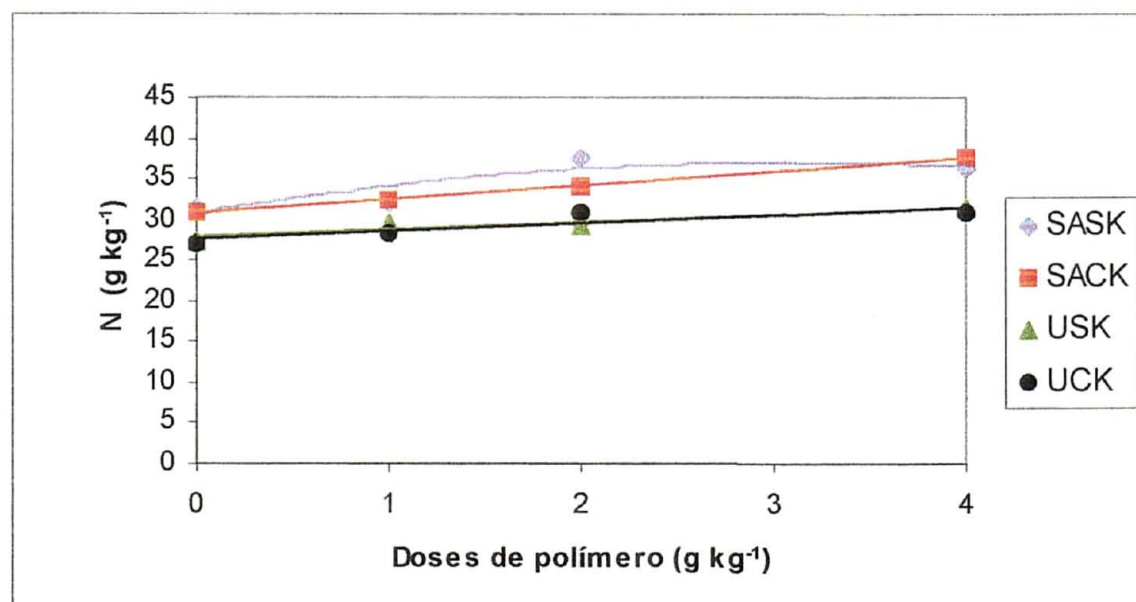
$r^2 = 0.56^{**}$

$r^2 = 0.59^{**}$

$r^2 = 0.65^{**}$

$r^2 = 0.61^{**}$

FIGURA 18- TEORES DE N NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.



$$y = 30.8112 + 0.5703x - 0.0130x^2$$

$$r^2 = 0.75^{**}$$

$$y = 30.8052 + 0.2400x$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$y = 27.8700 + 0.1274x$$

$$r^2 = 0.84^{**}$$

$$y = 27.5988 + 0.1374x$$

$$r^2 = 0.73^{**}$$

coeficiente de variação = 4.7%

4.3.2 Teores de Fósforo na Planta

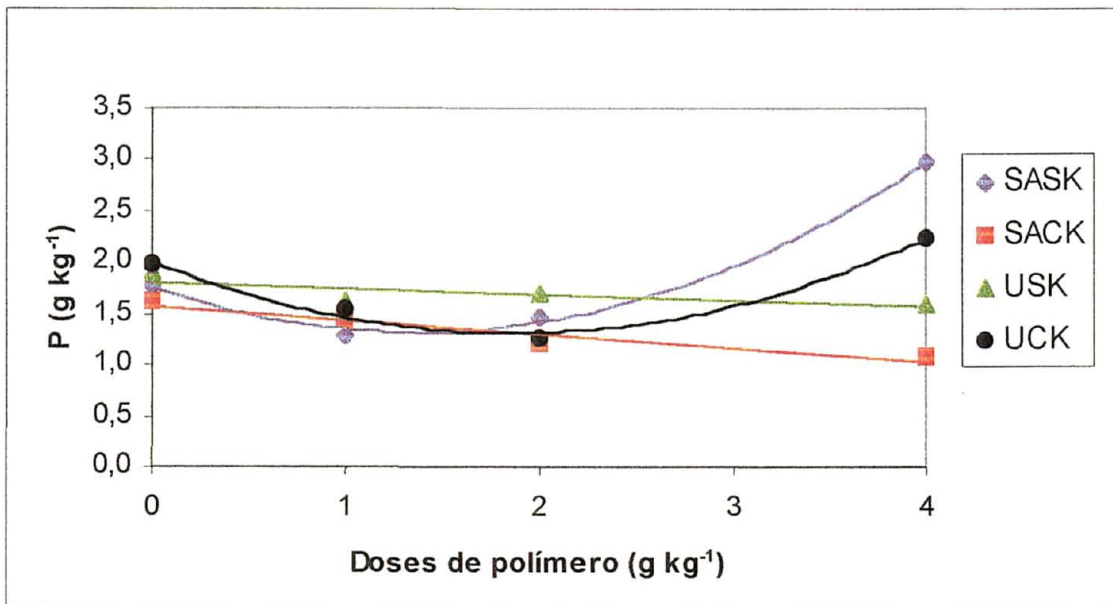
Nas Figuras 19 e 20 são mostrados os teores de fósforo na planta, para os substratos 1 e 2. Observa-se que os teores de P acumulado na planta variam de acordo com a combinação dos fertilizantes (tratamentos) e as doses de polímero aplicadas. No substrato 1, observa-se que ocorreu uma tendência decrescente nas curvas para os tratamentos SASK e UCK, até a dose de 2g kg^{-1} de polímero e positiva, a partir deste ponto até a dose maior. Entretanto, para os tratamentos SACK e USK as curvas de regressão ajustadas foram lineares decrescentes. No substrato 2, a análise de regressão mostra equações lineares decrescentes, para a maioria dos tratamentos (SASK, SACK e UCK), apenas para o tratamento USK a análise de regressão não foi significativa.

Ao analisar os teores de P nos substratos 1 e 2 (Figuras 9 e 10) e comparar com os teores de P na planta, observa-se que os resultados não foram compatíveis, pois os teores de P nos substratos não ficaram nítidos quanto as doses de polímeros

adicionadas e as fontes de fertilizantes. Diante deste fato, não é possível explicar qual o comportamento do polímero, em relação ao fósforo. Deste modo, exige-se mais estudos sobre do polímero na presença do P.

Segundo LIMA e HAAG (1987a), o nível de P nas folhas de crisântemo é 0,8-1,31g kg⁻¹, a maioria destes valores estão abaixo do encontrado neste trabalho, com exceção dos valores 1,22g kg⁻¹ e 1,08g kg⁻¹ do tratamento SACK nas doses de polímero 2 e 4g kg⁻¹, respectivamente, que ficaram entre os valores encontrado pelos autores. Na Figura 15 observou-se que aumentando as doses de polímero, diminuiu o teor de magnésio no substrato. De acordo com JORGE (1988), na falta de magnésio as plantas apresentam certas dificuldades para absorver fósforo, e MALAVOLTA (1980) afirma que a presença de magnésio aumenta a absorção de fósforo pela planta, exercendo um efeito sinérgico sobre o P. No entanto, os teores de Mg no solo, ainda assim, mantiveram-se altos de acordo com os níveis de classificação (TOMÉ, 1997) dificultando esta análise relacionada ao sinérgismo.

FIGURA 19- TEORES DE P NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.



$$\diamond y = 1.7571 - 0.0922x + 0.0048x^2$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$\square y = 1.5828 - 0.0194x$$

$$r^2 = 0.93^{**}$$

$$\blacktriangle y = 1.8128 - 0.0091x$$

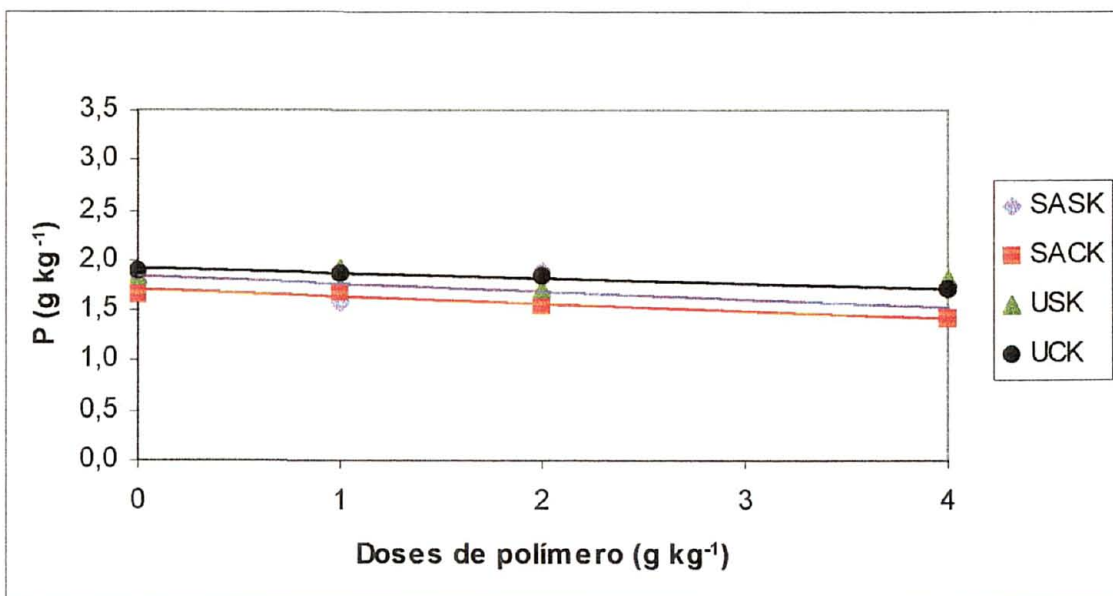
$$r^2 = 0.55^*$$

$$\bullet y = 2.0024 - 0.1070x + 0.0041x^2$$

$$r^2 = 0.97^{**}$$

coeficiente de variação = 12%

FIGURA 20- TEORES DE P NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.



$$\diamond y = 1.7836 - 0.0128x$$

$$r^2 = 0.79^{**}$$

$$\square y = 1.7008 - 0.0098x$$

$$r^2 = 0.91^{**}$$

$$\bullet y = 1.9032 - 0.0067x$$

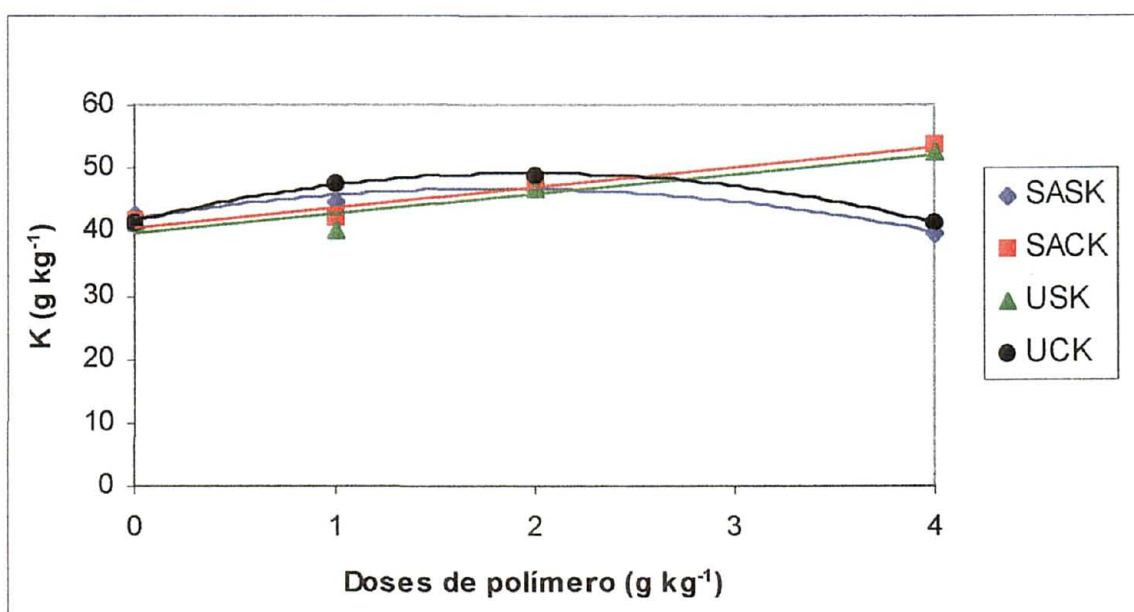
$$r^2 = 0.93^*$$

coeficiente de variação = 7.0%

4.3.3 Teores de Potássio na Planta

Os teores de potássio determinados na planta, para os substratos 1 e 2, são mostrados nas Figuras 21 e 22. Observa-se que as respostas ao polímero para ambos os substratos foi similar, de modo que aumentando as doses de polímero aumentou o teor de potássio na planta. No substrato 1, para os tratamentos SASK e UCK a análise de regressão acusou equações quadráticas crescentes até a dose de 2g kg^{-1} de polímero e decrescentes a partir dessa dose. Para os tratamentos SACK e USK a análise de regressão ajustou equações lineares crescentes compatíveis com as doses de polímero. Já, no substrato 2, aumentando as doses de polímero, aumentaram significativamente os teores de potássio na planta, e a regressão foi linear crescente para todos os tratamentos, correlacionando-se ao teor de potássio determinado no substrato. Pois as regressões das Figuras 11 e 12, mostraram um acúmulo de potássio nos substratos com o aumento nas doses de polímero, compatíveis aos teores encontrados na planta. De acordo com LIMA e HAAG (1987a) os níveis de K nas folhas do crisântemo cultivar Golden Polaris varam entre $27,9 - 28,7\text{g kg}^{-1}$. Comparando estes valores com os teores de K determinados neste trabalho, observa-se que os mesmos ficam acima do indicado pelos autores.

FIGURA 21- TEORES DE K NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.



$$\blacklozenge y = 42.109 + 0.7370x - 0.0290x^2$$

$$r^2 = 0.92^{**}$$

$$\blacksquare y = 40.664 + 0.4613x$$

$$r^2 = 0.94^{**}$$

$$\blacktriangle y = 39.726 + 0.4495x$$

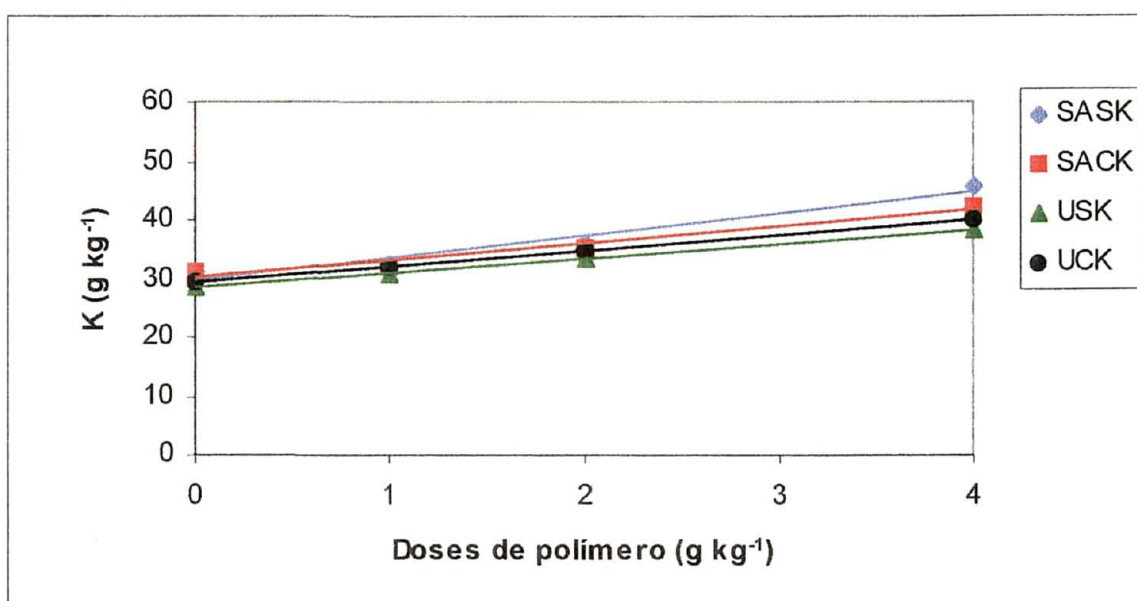
$$r^2 = 0.87^{**}$$

$$\bullet y = 41.660 + 1.0901x - 0.0393x^2$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

coeficiente de variação = 5.6%

FIGURA 22- TEORES DE K NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2



$$\blacklozenge y = 29.6100 + 0.5460x$$

$$r^2 = 0.96^{**}$$

$$\blacksquare y = 30.0679 + 0.4177x$$

$$r^2 = 0.96^{**}$$

$$\blacktriangle y = 28.4544 + 0.3512x$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$\bullet y = 29.1740 + 0.3869x$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

coeficiente de variação = 4.6%

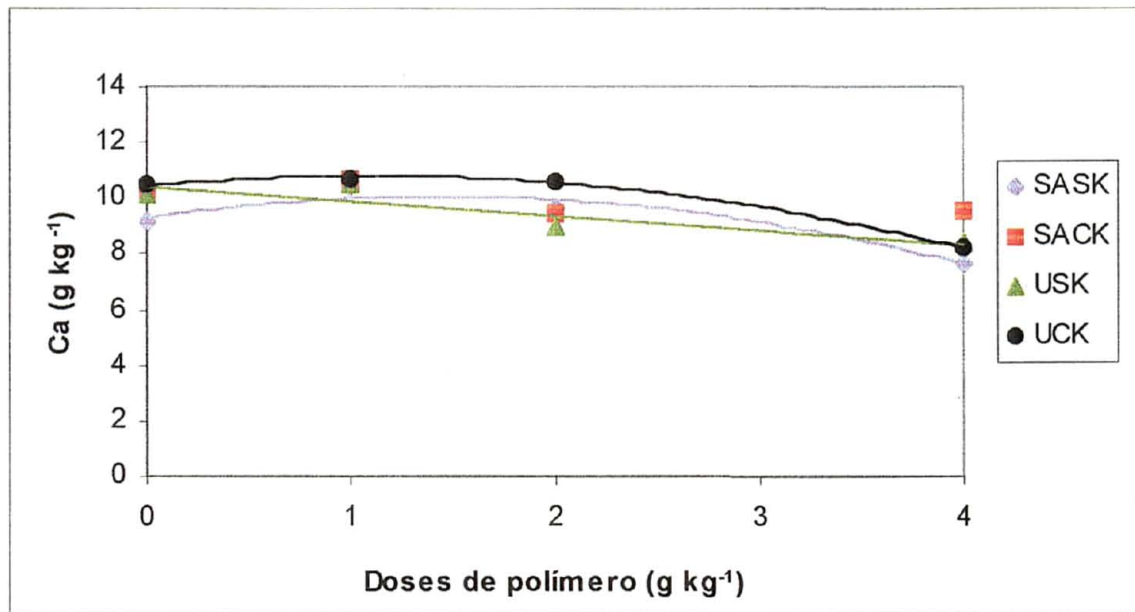
4.3.4 Teores de Cálcio na Planta

Nas Figuras 23 e 24 são mostrados os teores cálcio na planta cultivadas nos substratos 1 e 2, respectivamente. De uma maneira geral, observando as curvas de regressão ocorreu uma tendência negativa nos teores de cálcio, com acréscimo nas doses de polímero, para ambos os substratos. Os teores na planta para os tratamentos SASK e UCK, no substrato 1, ajustaram-se a equações quadráticas decrescentes. E o tratamento SACK apresentou um coeficiente de determinação muito baixo, os resultados não se ajustaram à curva de regressão. Entretanto, o tratamento USK ajustou-se a uma equação linear decrescente, com acréscimo das doses de polímero.

Analisando os teores de cálcio na planta cultivada no substrato 2, observa-se que ocorreu regressões lineares decrescentes para todos os tratamentos, mesmo comportamento verificado nos substratos (Figuras 13 e 14).

Os níveis de Ca na planta (caule + folhas) obtidos neste trabalho, para o substrato 1 ficaram abaixo dos níveis de Ca ($11,8-16,8\text{g kg}^{-1}$) obtido por LIMA e HAAG (1987a), nas folhas da cultivar Golden Polaris. Já para o substrato 2 a maioria dos níveis também ficaram abaixo dos valores indicado pelos autores, com exceção dos valores $11,94$ e $12,56\text{g kg}^{-1}$ de Ca, dos tratamentos USK e UCK respectivamente, ambos sem polímero, ficaram entre os níveis indicados pelos autores.

FIGURA 23 -TEORES DE Ca NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO-1



$$\diamond y = 9.6220 + 0.1083x - 0.0063x^2$$

$$r^2 = 0.96^{**}$$

$$\blacktriangle y = 10.4032 - 0.0753x$$

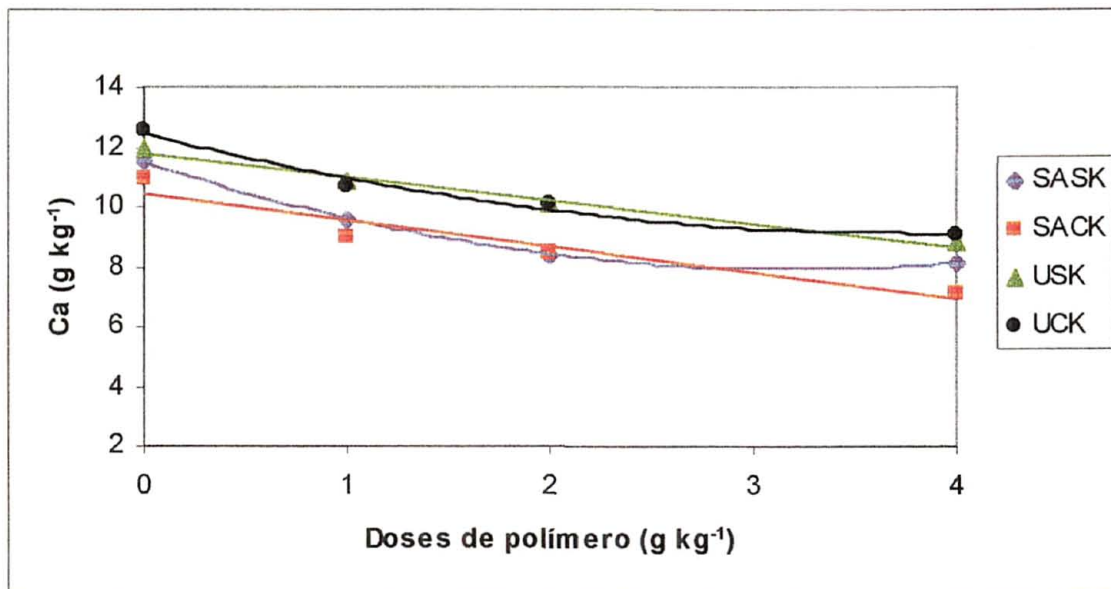
$$r^2 = 0.81^{**}$$

$$\bullet y = 10.4284 + 0.0971x - 0.0062x^2$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

coeficiente de variação = 5.6%

FIGURA 24 -TEORES DE Ca NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO-2



$$\diamond y = 11.5044 - 0.3207x + 0.0071x^2$$

$$r^2 = 1.00^{**}$$

$$\blacksquare y = 10.4300 - 0.1255x$$

$$r^2 = 0.91^{**}$$

$$\blacktriangle y = 11.7496 - 0.1097x$$

$$r^2 = 0.98^{**}$$

$$\bullet y = 12.4543 - 0.2476x + 0.0045x^2$$

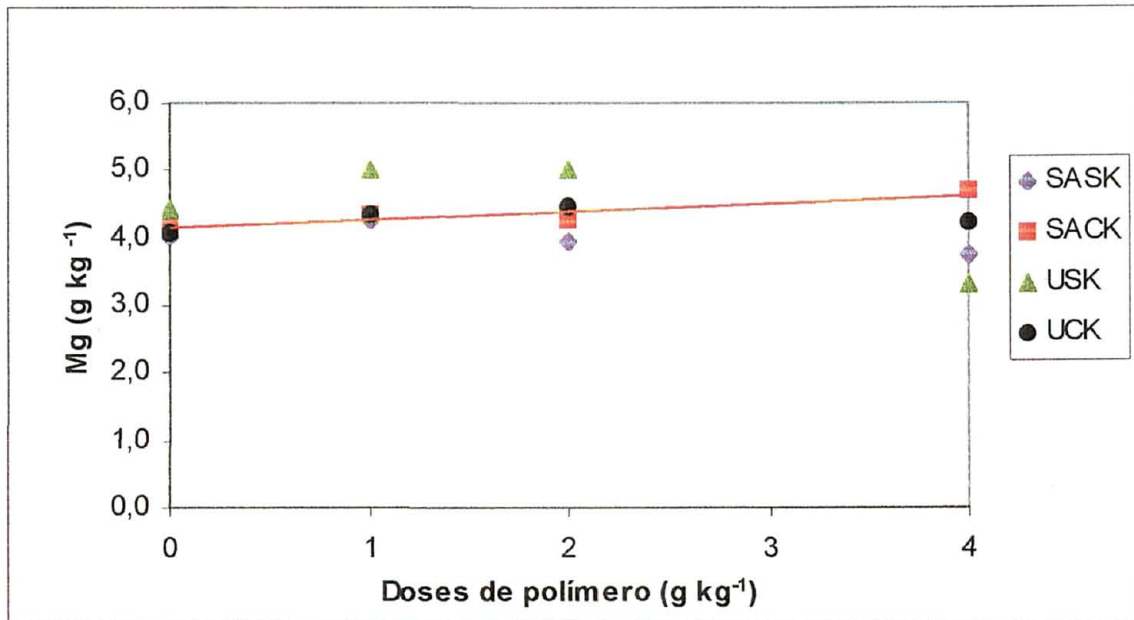
$$r^2 = 0.97^{**}$$

coeficiente de variação = 6.2%

4.3.5 Teores de Magnésio na Planta

Nas Figuras 25 e 26, são mostrados os resultados dos teores de magnésio na planta para os substratos 1 e 2, respectivamente. Analisando as curvas de regressão, observa-se que os substratos tiveram comportamentos diferentes com o aumento nas doses de polímero, em relação aos teores de Mg na planta. No substrato 1, apenas o tratamento SACK apresentou uma regressão linear crescente com o aumento nas doses de polímero. Os demais tratamentos não apresentaram variações com o aumento nas doses de polímero. Não houve correlação entre os teores de Mg na planta e o teor de Mg no substrato 1. Entretanto, para o substrato 2, ficou bastante nítido que aumentando as doses de polímero diminuíram os teores de magnésio na planta, como mostrado nas curvas de regressão lineares decrescentes, para todos os tratamentos. Já para o substrato 2, ocorreu diminuição no teor de Mg na planta, para todos os tratamentos, o que não ocorreu para o teor de Mg no substrato mostrado na Figura 16, no qual o comportamento das doses de polímero e combinações de fertilizantes não ficou nítido. Os níveis de Mg ($7,0-9,3\text{g kg}^{-1}$) determinados nas folhas do crisântemo por LIMA e HAAG (1987a) foram maiores que os níveis de Mg obtidos neste trabalho para a variedade "Virginal" para ambos os substratos, ressaltando que os autores trabalharam com a cultivar Golden Polaris.

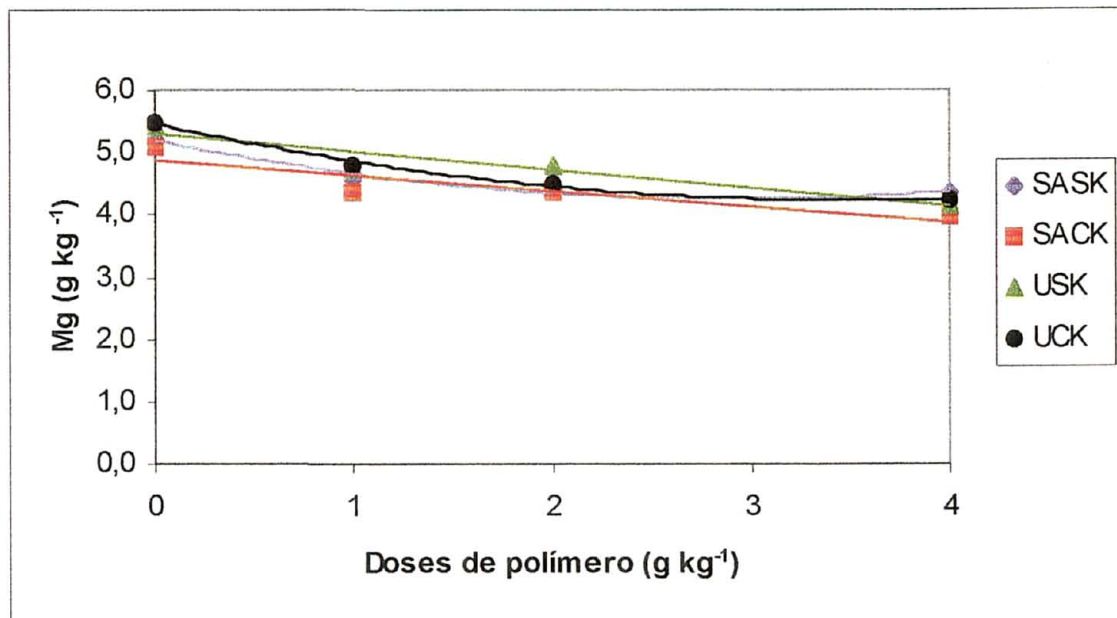
FIGURA 25 -TEORES DE Mg NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1



$y = 4.1392 + 0.0178x$
 coeficiente de variação = 9.1%

$r^2 = 0.83^*$

FIGURA 26 -TEORES DE Mg NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2



$y = 5.1989 - 0.0924x + 0.0022x^2$
 $y = 4.8920 - 0.0361x$
 $y = 5.2940 - 0.0413x$
 $y = 5.4623 - 0.0999x + 0.0020x^2$
 coeficiente de variação = 6.1%

$r^2 = 0.97^{**}$

$r^2 = 0.83^{**}$

$r^2 = 0.88^{**}$

$r^2 = 0.98^{**}$

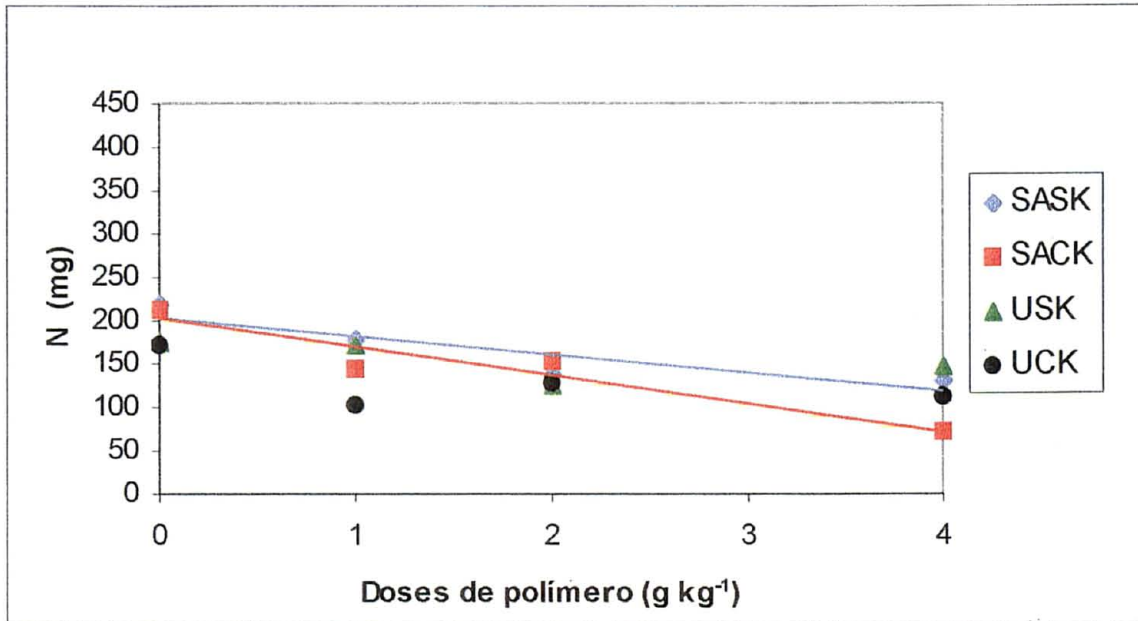
4.4 CONTEÚDO DE NUTRIENTES NAS PLANTAS CULTIVADAS NOS SUBSTRATOS 1 E 2

4.4.1 Conteúdo de Nitrogênio

O conteúdo de N-total determinado na planta, para os substratos 1 e 2, são apresentados nas Figuras 27 e 28. Observa-se que para ambos os substratos ocorreu uma tendência negativa nas curvas de regressão com aumento nas doses de polímero, independente da fonte de fertilizante aplicada. Com exceção dos tratamentos USK e UCK no substrato 1, no qual o coeficiente de determinação (r^2) foi baixo, verificando-se o não ajuste das curvas. Para os demais tratamentos (SASK e SACK) no mesmo substrato, a análise de regressão acusou equações lineares decrescente com o aumento nas doses de polímero. Efeito este também verificado no substrato 2, no qual foi nítido o efeito negativo com o aumento nas doses de polímero, para todos os tratamentos. Toda as regressões mostraram-se lineares decrescentes significativas.

A diminuição no conteúdo de N-total na planta, pode estar relacionado com o efeito de concentração deste nutriente, devido a menor massa seca da planta como observado nas figuras 1 e 2.

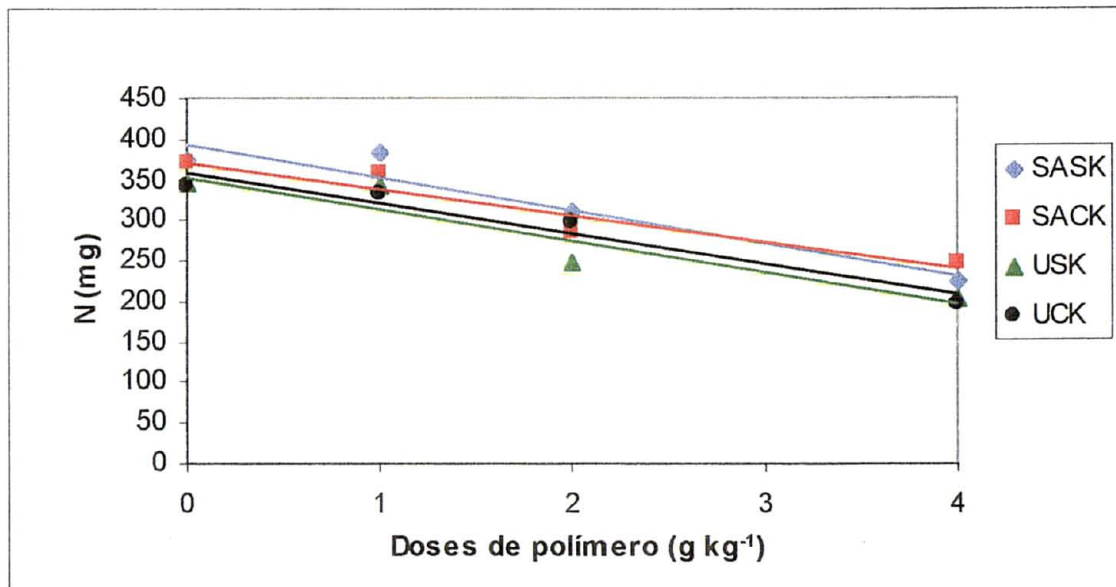
FIGURA 27 - CONTEÚDO DE N NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.



$\blacklozenge y = 204,1276 - 3,0256X$
 $\blacksquare y = 201,5679 - 4,5934x$
 coeficiente de variação = 17%

$r^2 = 0,789^{**}$
 $r^2 = 0,888^{**}$

FIGURA 28 - CONTEÚDO DE N NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.



$\blacklozenge y = 394,4267 - 5,7771x$
 $\blacksquare y = 372,0476 - 4,6578x$
 $\blacktriangle y = 352,1328 - 5,5886x$
 $\bullet y = 358,6716 - 5,3878x$
 coeficiente de variação = 8,7%

$r^2 = 0,90^{**}$
 $r^2 = 0,91^{**}$
 $r^2 = 0,89^{**}$
 $r^2 = 0,94^{**}$

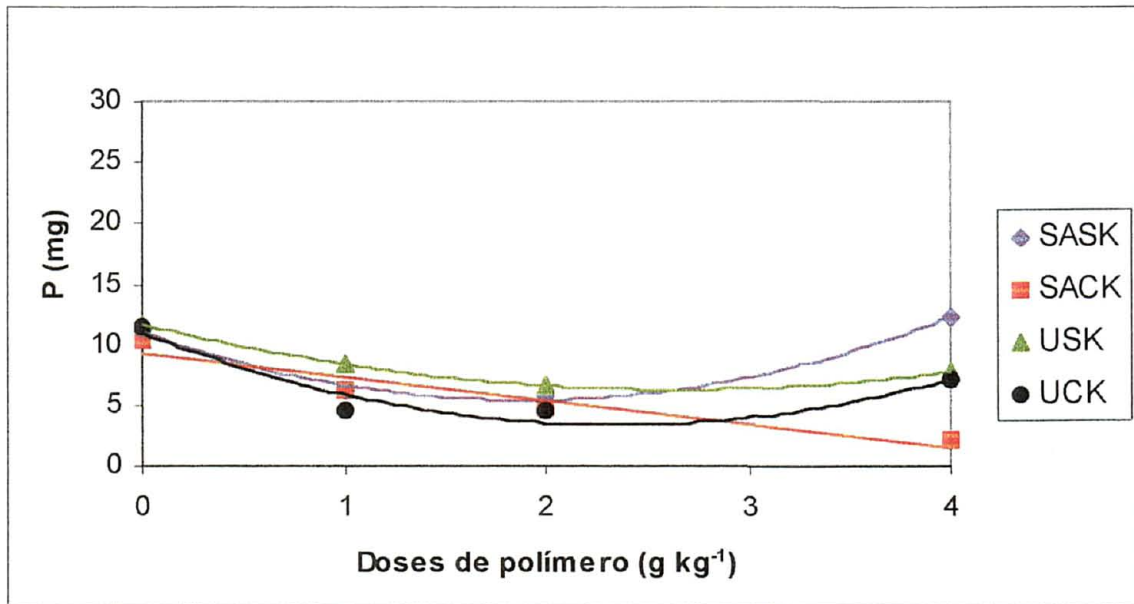
4.4.2 Conteúdo de Fósforo

Analisando as curvas mostradas na Figura 29, pode-se observar que o conteúdo de P determinado na planta não respondeu de maneira homogênea às doses de polímero e as fontes de fertilizantes aplicadas. Sendo que para os tratamentos SASK, USK e UCK, a regressão foi quadrática decrescente até a doses de 2g kg^{-1} de polímero e crescente até a dose maior (4g kg^{-1}). Entretanto, para o tratamento SACK, a curva ajustou-se regressão linear decrescente, com o aumento das doses de polímero, para o substrato 1. Foi constatado que a disponibilidade de P no solo não se correlaciona com o P absorvido pela planta.

No substrato 2, o conteúdo de P determinado na planta teve o mesmo comportamento para todos os tratamentos, com o aumento das doses de polímero, independente da fonte de fertilizante aplicada. A análise de regressão acusou equações lineares decrescentes com o aumento nas doses de polímero, como observado na Figura 30. A diminuição no conteúdo de P nos tratamentos SACK, USK e UCK pode estar relacionada com o peso seco de ramos e folhas dos mesmos tratamentos.

Aumentando as doses de polímero diminuiu o peso seco de ramos e folhas e conteúdo de P na planta. Entretanto, para o tratamento SASK ocorreu o contrário, aumentou o conteúdo de P e diminuiu o peso seco de ramos e folhas (Figuras 1 e 2). No substrato 2 ocorreu uma forte inibição da absorção do P pela planta com o aumento das doses de polímero.

FIGURA 29 - CONTEÚDO DE P NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.



$$\diamond y = 11.0036 - 0.8390x + 0.0316x^2$$

$$r^2 = 0.98^{**}$$

$$\square y = 9.1984 - 0.2709x$$

$$r^2 = 0.90^{**}$$

$$\triangle y = 11.702 - 0.5817x + 0.0157x^2$$

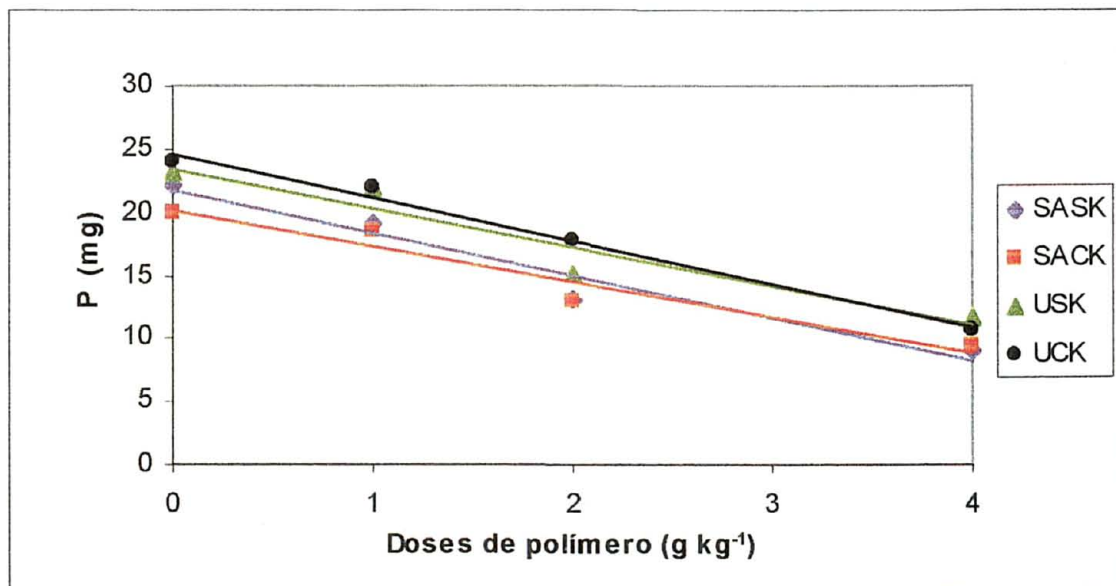
$$r^2 = 1.00^{**}$$

$$\bullet y = 10.975 - 0.9288x + 0.0283x^2$$

$$r^2 = 0.90^{**}$$

coeficiente de variação = 23%.

FIGURA 30 - CONTEÚDO DE P NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.



$$\diamond y = 21.6468 - 0.4747x$$

$$r^2 = 0.95^{**}$$

$$\square y = 20.0780 - 0.3984x$$

$$r^2 = 0.93^{**}$$

$$\triangle y = 23.3896 - 0.4410x$$

$$r^2 = 0.91^{**}$$

$$\bullet y = 24.4832 - 0.4835x$$

$$r^2 = 0.98^{**}$$

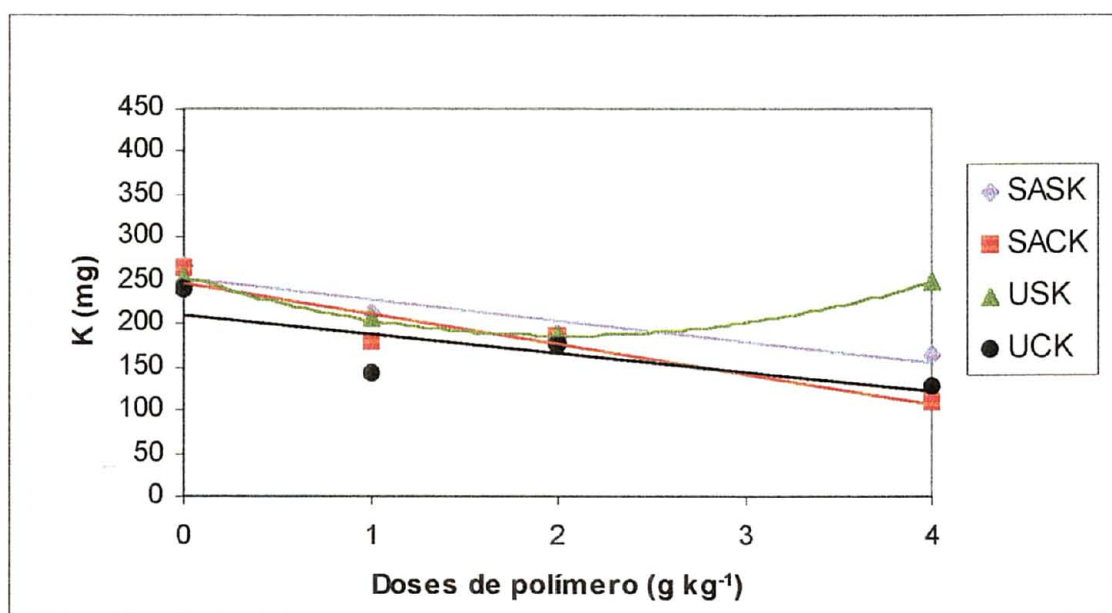
coeficiente de variação = 8.9%

4.4.3 Conteúdo de Potássio

O conteúdo de potássio na planta, para os substratos 1 e 2 são mostrados nas Figuras 31 e 32. O comportamento do polímero para ambos os substratos foi semelhante, aumentando as doses de polímero, diminuiu o conteúdo de potássio na planta, para a maioria dos tratamentos. Apenas para o tratamento USK, no substrato 1, a análise de regressão acusou uma equação quadrática decrescente até a dose 2g kg^{-1} de polímero, e crescente a partir deste ponto até a dose maior de polímero. Entretanto para os demais tratamentos, inclusive no substrato 2, a análise de regressão foi linear decrescente, com o acréscimo nas doses de polímero. Constatou-se que a disponibilidade de potássio nos substratos (Figuras 11 e 12) não correlacionou-se com o potássio absorvido pela planta.

Apesar da concentração de K na planta ter aumentado com as doses de polímero, a diminuição na biomassa (Figuras 1 e 2) foi superior e portanto fez reduzir o conteúdo de K na planta.

FIGURA 31 - CONTEÚDO DE K NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1.



$$\blacklozenge y = 251,2863 - 3.4697x$$

$$\blacksquare y = 246,1956 - 5.0316x$$

$$\blacktriangle y = 253.8739 - 9.4851x + 0.3334x^2$$

$$\bullet y = 210.8784 - 3.1935x$$

coeficiente de variação = 18%

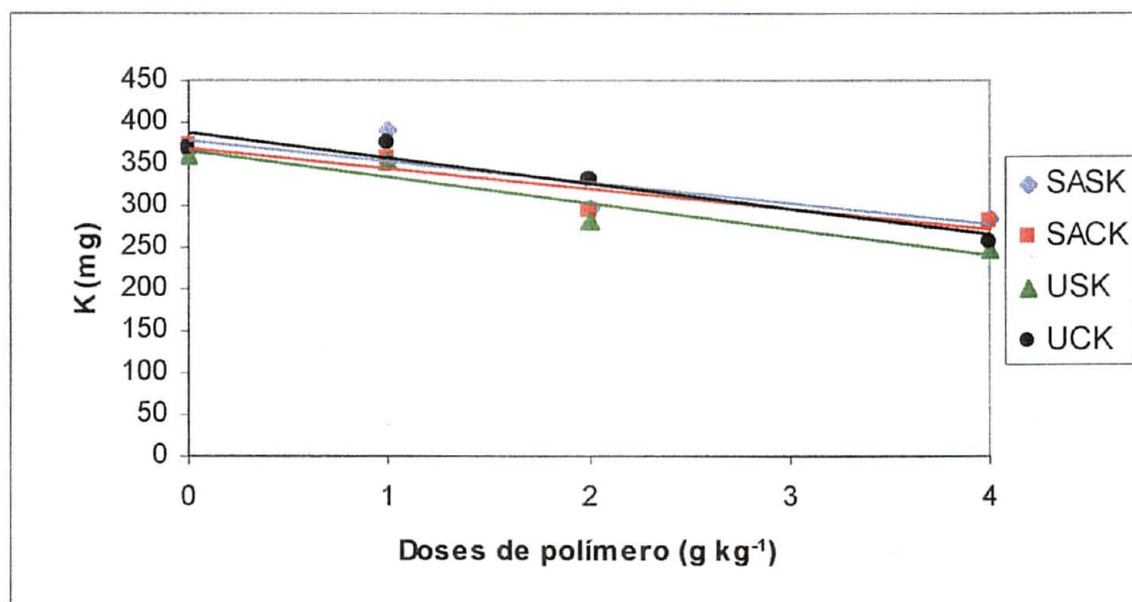
$$r^2 = 0.87^{**}$$

$$r^2 = 0.87^{**}$$

$$r^2 = 0.99^{**}$$

$$r^2 = 0.57^{**}$$

FIGURA 32 - CONTEÚDO DE K NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2.



◆ $y = 377.1619 - 3.4904x$
 ■ $y = 368.4092 - 3.4949x$
 ▲ $y = 364.1399 - 4.3783x$
 ● $y = 387.0004 - 4.3875x$
 coeficiente de variação = 10%

$r^2 = 0.66^{**}$
 $r^2 = 0.84^{**}$
 $r^2 = 0.90^{**}$
 $r^2 = 0.91^{**}$

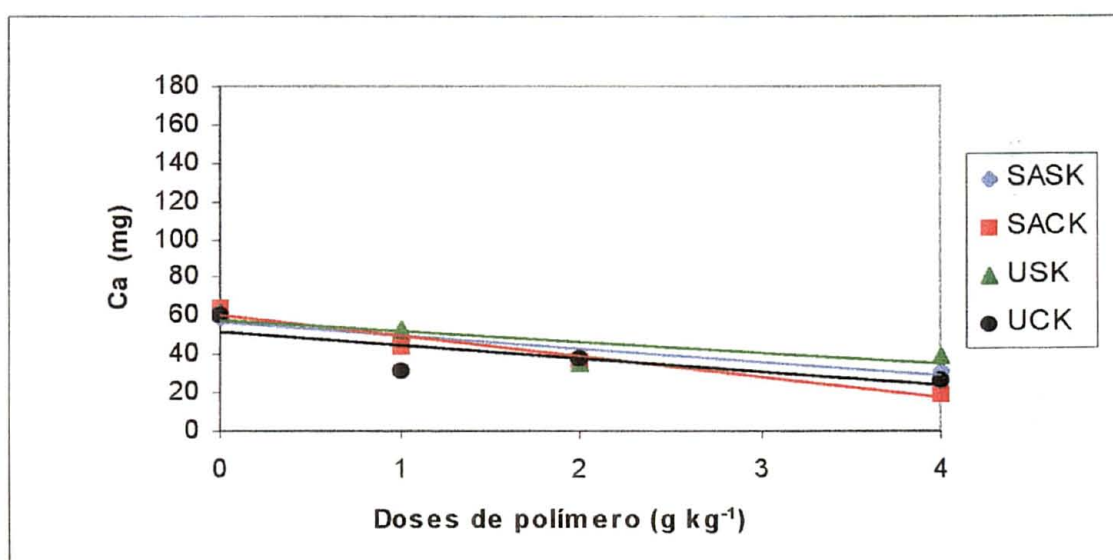
4.4.4 Conteúdo de Cálcio

O conteúdo de cálcio nas plantas cultivadas nos substratos 1 e 2 é mostrado nas Figuras 33 e 34. Observa-se uma grande semelhança nas tendências das curvas em ambas as figuras, de modo que, aumentando as doses de polímero diminui o conteúdo de cálcio na planta, independente das fontes de fertilizantes aplicadas. Entretanto, existe uma grande diferença nos valores de conteúdo de Ca na planta cultivada no substrato 1 e o conteúdo de Ca na planta cultivada no substrato 2. A análise de regressão acusou equações lineares decrescentes para todos os tratamentos, em ambos os substratos. Este efeito não ficou nítido para os teores de cálcio determinados nos substratos 1 e 2, como mostra as Figuras 13 e 14, desta forma a disponibilidade de cálcio no solo não correlaciona-se com o cálcio absorvido pela planta. No entanto, os teores de Ca na planta foi menor com aumento nas doses de polímero para ambos os

substratos e, como visto nas Figuras 1 e 2 ocorreu diminuição na biomassa, do mesmo modo, conseqüentemente reduziu o conteúdo de Ca na planta.

Outra hipótese para a diminuição do Ca seria pela falta de renovação do crescimento radicial, Segundo PREVEDELLO E REISSMANN (2002) a menor absorção de Ca pode estar associada as raízes menos desenvolvidas e flácidas, com possibilidade de murcha da parte aérea.

FIGURA 33 - CONTEÚDO DE Ca NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1



$$\blacklozenge y = 56.9232 - 0.9865x$$

$$r^2 = 0.91^{**}$$

$$\blacksquare y = 59.7996 - 1.5243x$$

$$r^2 = 0.95^{**}$$

$$\blacktriangle y = 57.3784 - 0.8089x$$

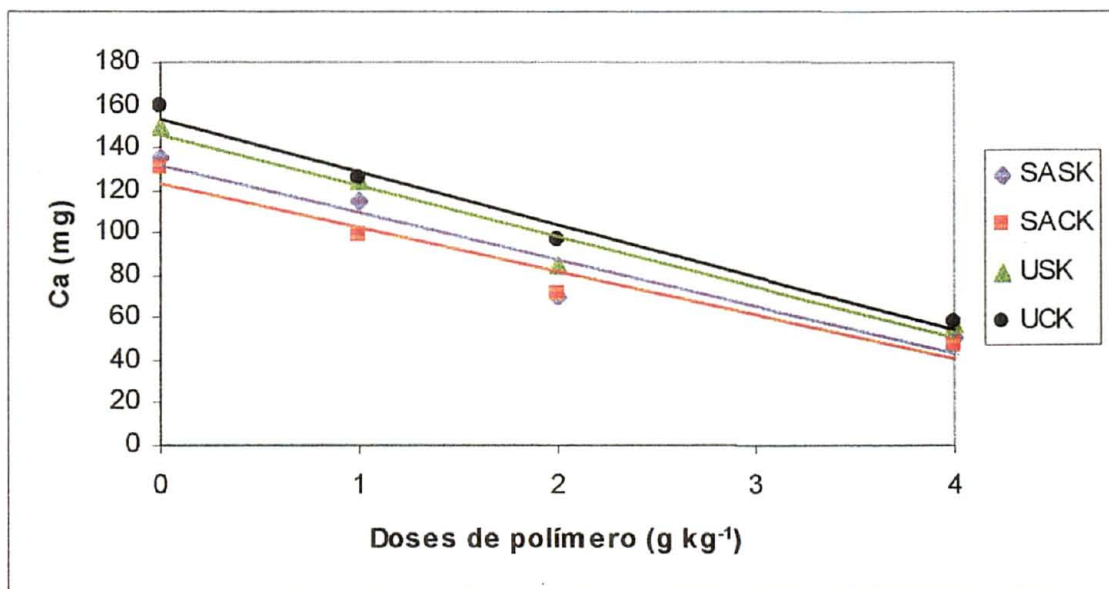
$$r^2 = 0.65^{**}$$

$$\bullet y = 51.4891 - 0.9991x$$

$$r^2 = 0.62^{**}$$

coeficiente de variação = 16%

FIGURA 34 - CONTEÚDO DE Ca NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2



$$\blacklozenge y = 131.1999x - 3.1334x^2$$

$$\blacksquare y = 122.6604x - 2.9257x^2$$

$$\blacktriangle y = 145.6544x - 3.3910x^2$$

$$\bullet y = 153.5520x - 3.5619x^2$$

coeficiente de variação = 9.2%

$$r^2 = 0.90^{**}$$

$$r^2 = 0.94^{**}$$

$$r^2 = 0.95^{**}$$

$$r^2 = 0.98^{**}$$

4.4.5 Conteúdo de Magnésio

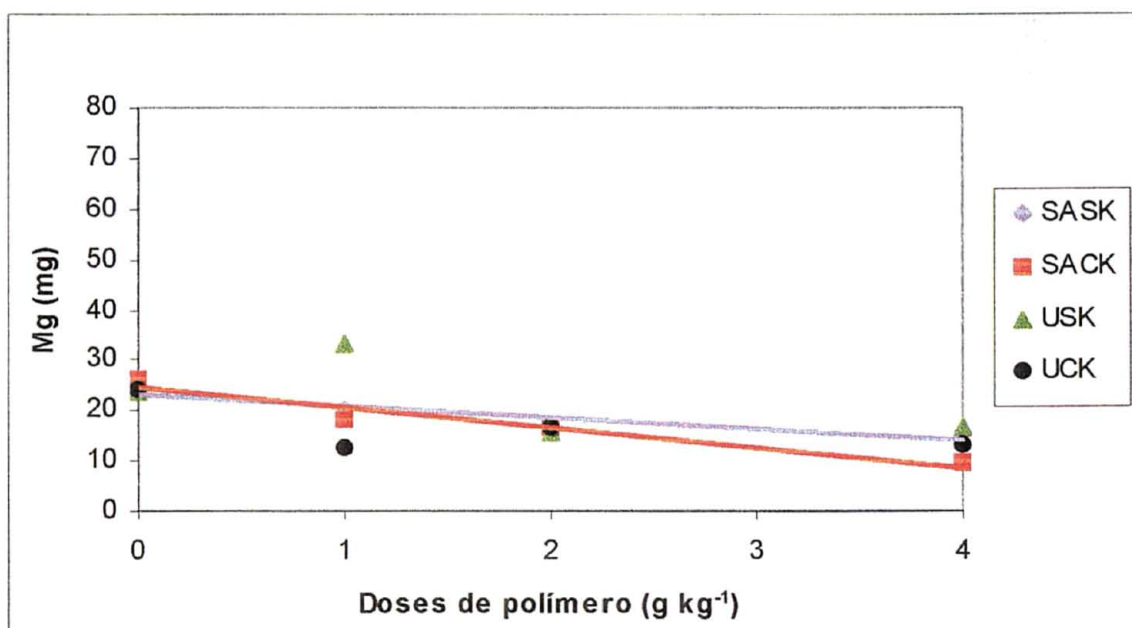
Nos substratos 1 e 2, observou-se que o conteúdo de Mg na planta foi similar apenas para os tratamentos SASK e SACK, para ambos os substratos. No entanto, para os tratamentos USK e UCK no substrato 1 não apresentaram variações com o aumento nas doses de polímero. Entretanto, para o substrato 2, foi nítido o comportamento do polímero em relação ao conteúdo de Mg, de modo que, aumentando as doses de polímero a análise de regressão acusou equações lineares decrescentes para todos os tratamentos, como pode ser observado nas Figuras 35 e 36.

Entre o conteúdo de magnésio na planta e o teor de magnésio no substrato 1, existe uma correlação apenas para o tratamento SASK, aumentando as doses de polímero diminuiu o teor e a conteúdo de magnésio no substrato e na planta, respectivamente. Já, para os demais tratamentos, incluindo os teores de magnésio na

planta não existe correlação. Analisando o substrato 2, existe uma correlação entre os teores e o conteúdo de magnésio na planta, de modo que, aumentando as doses de polímero diminui os teores e o conteúdo de magnésio. Para os teores de magnésio no substrato 2 não ficaram nítidas as tendência das curvas de regressão.

A redução no conteúdo de Mg na planta pode estar relacionado com a menor biomassa e a menor concentração de Mg na planta, com exceção do tratamento SACK, para o substrato 1, onde a concentração foi maior, com o aumento nas doses de polímero.

FIGURA 35 - CONTEÚDO DE Mg NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 1



$$\diamond y = 23.2848 - 0.3341x$$

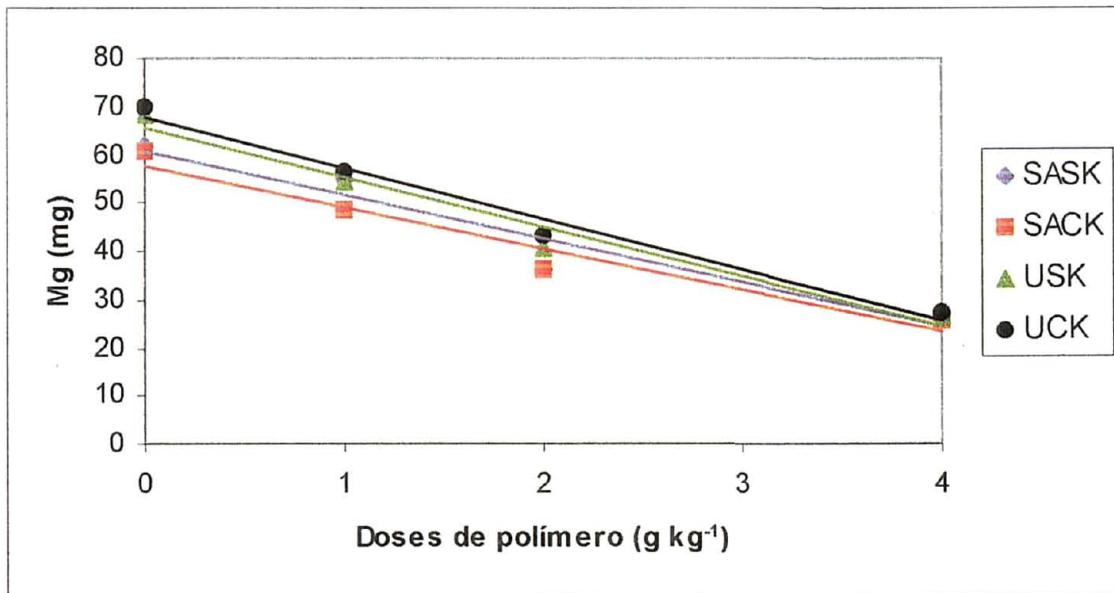
$$r^2 = 0.75^{**}$$

$$\blacksquare y = 24.5296 - 0.5641x$$

$$r^2 = 0.93^{**}$$

coeficiente de variação = 20%

FIGURA 36 - CONTEÚDO DE Mg NA PLANTA EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POLÍMERO, PARA O SUBSTRATO 2



◆ $y = 60.7968 - 1.2869x$

■ $y = 57.8496 - 1.2255x$

▲ $y = 65.6448 - 1.4750x$

● $y = 67.6490 - 1.5086x$

coeficiente de variação = 8.7%

$r^2 = 0.92^{**}$

$r^2 = 0.95^{**}$

$r^2 = 0.96^{**}$

$r^2 = 0.98^{**}$

4.4.6 Relação de Macronutrientes (K/Ca e K/Mg) Absorvidos pela Planta, Cultivadas nos Substratos 1 e 2.

Nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 são mostrados as dos macronutrientes K/Ca e K/Mg absorvido pelas plantas cultivadas nos substratos 1 e 2. Observa-se de maneira geral, que aumentando as doses de polímero aumentou a relação K/Ca e K/Mg, indicando que a planta absorveu mais K que Ca e Mg. Estes cátions bivalentes podem estar adsorvidos na molécula do polímero por ligações iônicas, diminuindo sua concentração na planta, provocando um desbalanço nutricional e consequentemente interferindo no crescimento das plantas.

TABELA 7 - RELAÇÃO K/Ca ABSORVIDOS PELA PLANTA, CULTIVADA NO SUBSTRATO 1.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	4,48	4,14	4,10	3,97
1	4,34	4,02	3,87	4,47
2	4,95	5,05	5,18	4,62
4	5,15	5,68	6,29	4,85

TABELA 8 - RELAÇÃO K/Mg ABSORVIDOS PELA PLANTA, CULTIVADA NO SUBSTRATO 1.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	10,6	10,1	10,6	10,0
1	10,5	9,78	6,20	11,5
2	12,1	11,2	11,7	10,6
4	10,5	11,6	14,9	9,69

TABELA 9 - RELAÇÃO K/Ca ABSORVIDOS PELA PLANTA, CULTIVADA NO SUBSTRATO 2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	2,68	2,86	2,39	2,32
1	3,39	3,58	2,84	2,98
2	4,26	4,13	3,32	3,42
4	5,61	5,99	4,36	4,43

TABELA 10 - RELAÇÃO K/Mg ABSORVIDOS PELA PLANTA, CULTIVADA NO SUBSTRATO 2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	5,91	6,15	5,24	5,30
1	7,13	7,36	6,49	6,64
2	8,14	8,03	6,97	7,65
4	10,5	10,9	9,21	9,44

5 CONCLUSÕES

Não foi observada interação entre o polímero e as fontes de fertilizantes nitrogenadas e potássicas aplicadas.

O pouco desenvolvimento das plantas, sobretudo no substrato 1, pode estar relacionado à elevada CE, resultante, em parte, dos elevados teores de nutrientes ou ainda pela presença de algum fator indeterminado no substrato.

O polímero interferiu na absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, no crescimento das plantas, isto pode ser explicado pela substituição do K da estrutura do polímero por Ca e Mg do substrato, diminuindo a disponibilidade destes no meio de crescimento e elevando a disponibilidade de K, provocando, assim, um desbalanço nutricional.

6 RECOMENDAÇÕES FINAIS

Em função da ocorrência de interações entre Ca e Mg e o polímero, estudos de otimização da interação destes nutrientes devem ser efetuados, com o intuito de minimizar possíveis desbalanços nutricionais;

É importante lembrar que os resultados obtidos com a variedade de crisântemo testada, não pode ser extrapolado de forma generalizada para outras culturas;

A natureza altamente diversificada dos substratos usados comercialmente requer um acompanhamento contínuo do comportamento de outras espécies, sendo que o monitoramento do teor de salinidade no substrato durante todo o desenvolvimento das plantas é recomendável;

Considerando que o presente trabalho foi apenas o início de inúmeros estudos sobre os efeitos do polímero em diferentes culturas e fontes de fertilizantes, sugere-se a continuidade de novas pesquisas, com o objetivo de gerar novas informações sobre o comportamento deste produto no cultivo das plantas.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, A. **Estudo do calcário da formação Irati-São mateus de Sul, PR como corretivo da acidez do solo.** Curitiba, 1991. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da influência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Tupi.** Maringá, 2000. 38 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Maringá.
- AZZAM, R. A. I. Polymeric conditioner gels for desert soils. **Commun. Soil. Sci. Plant**, v. 14, n. 8, p. 739-760, 1983.
- BAASIRI, M.; RYAN, J.; MUCKEIH, M.; HARIH, S. N. Soil application of a hydrophilic conditioner in relation to moisture, irrigation frequency and crop growth. **Soil Science**, Baltimore. v. 17, p. 573-589, 1986.
- BALENA, S. P. **Efeito de polímero hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos.** Curitiba, 1998. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- BARBOSA, J. G. Produção de crisântemo - *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvelev - para corte sob cultivo hidropônico em argila expandida. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 48-58, 1996.
- BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; KAMPF, A. N. Acúmulo de macronutrientes em plantas de crisântemo sob cultivo hidropônico em argila expandida para flor-de-corte. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 593-601, 1999.
- BOWMAN, D.; EVANS, R. Y. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partilly reversible by potassium. **HortScience**, California, v. 26, n. 8 p. 1063-1065, 1991.
- BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades dos Solos.** 6^a ed. Rio de Janeiro: Biblioteca Universitária Freitas Bastos S.A. 647 p, 1983.
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. **Nitrogen-total.** In: METHODS of soil analysis: part 2. Madison: SSSA/ASA, 1982. p. 595-624.
- BRES, W.; WESTON, L. Influence of gel additives on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soilless medium. **HortScience**, California, v. 28, n. 10, p. 1005-1007, 1993

CATANZARO, C. J.; WILLIAMS, K. A.; SAUVE, R. Slow release versus water soluble fertilization affects nutrient leaching and growth of potted chrysanthemum. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 21, n. 5, p. 1025-1036, 1998.

CHATZOUZDIS, G. K.; RIGAS, F. Macroreticular hydrogel effects on dissolution rate of controlled-release fertilizers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC. v. 46, p. 2830-2833, 1998.

COTTHEM, L. V. **O papel de TerraCotten como um adsorvente**. Ghent: Universidade de Ghent, 1998. Relatório de aplicação. 1 disquete 3½.

CUQUEL, F. L.; GRANJA, P.; MINAMI, K. Avaliação do enraizamento de estacas de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* L.) cv. White reagan 606 tratadas com ácido indóbutírico (IBA). **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v. 1, n. 49, p. 15-22, 1992.

DEHGAN, B.; YEAGER, T. H.; ALMIR, F. C. Photinia and podocarpus growth response to a hydrophilic polymer-amended medium. **Horticultural Science**, Alexandria, v. 29, n. 6, p. 641-644, 1994.

DELATORRE, J.; LANINO, M.; POBLETE, I.; MOLL, W. **Efecto de la aplicación de poliácridamidas en suelo desérticos sobre los requerimientos hidricodel algodón (*Gossypium hirsutum*)**. [S.l.: s.n.], [19--?].

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e correção de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. 1979. 271 p.

FASSBENDER, H. W.; BORNRMISZA, E. **Química de suelos**. San José: IICA, (Série de libros y materiales educativos, n.24) 1987. 422 p.

FERNADES, P. D.; OLIVEIRA, G. D.; HAAG, H. P., VIII - Nutrição mineral de plantas ornamentais: VIII - absorção e deficiência de nutrientes pelo *Chrysanthemum morifolium* L., cv. 'Suzuki'. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 32, p. 471-492, 1975.

FLANNERY, R. L.; BUSSCHER, W. J. Use of a synthetic in potting soil to improve water holding capacity. **Commun, in Soil Science and Plant analysis**, New York, v. 13, n. 2, p. 103 -111, 1982.

FONTENO, W. C.; BILDERBACK, T. E. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, n. .2, p. 217-222, 1993.

FURLAN, R. A.; BOTREL, T. A.; PAZ, V. P. S. Consumo de água pela cultura do crisântemo envasado sob condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 52-55, 1998.

FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A. Caracterização química de substratos e o desenvolvimento de plântulas de tomateiro. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 1., 1999, Porto Alegre. **Programas e resumos**. Porto Alegre: UFRGS/SEBRAE/AFLORI, 1999. p 63-64.

HENSLEY, D. **Fertilizer effects**. 2001. Disponível em: <<http://www2.ctahr.hawaii.edu/depart/tpss/digest/>> Acesso em: 22 abr.2002.

HÜTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; REISE, K. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, p. 295-304, 1999.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. New York: Prentice Hall, 1958. p 498.

JAMES, E. A.; RICHARDS, D. The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 28, n. 3, p. 201-208, 1986.

JOHNSON, M. S. Effects of soluble on water absorption by gel-forming soil conditioners. **Sci. Food Agric.**, v. 35, p. 1063-1066, 1984a.

JOHNSON, M. S. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture in sandy soils. **Sci. Food Agric.**, v. 35, p. 1196-1200, 1984b.

JORGE, J. A. **Solo manejo e adubação: compêndio de edafologia**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1988. 309 p.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Livraria e editora Agropecuária, 2000. p.254.

KIEHL, J. C. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de uréia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Piracicaba, v. 13, p. 75-80, 1989.

LAMONT, G. P.; O'CONNELL, M. A. Shelf-life of bedding plants as influence by potting media and hydrogels. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 31, p. 141-149, 1987.

LIMA, A. M. L. P.; HAAG, H. P. Nutrição mineral de plantas ornamentais XII. Deficiências de N, P, Ca, Mg, S, e B em crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* cv Golden Polaris). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 44, n. 2, p. 1001-1024, 1987a.

LIMA, A. M. L. P.; HAAG, H. P. Nutrição mineral de plantas ornamentais XIII. Absorção de macronutrientes pelo crisântemo, cultivar Golden Polaris. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 44, n. 2, p. 1283-1329, 1987b.

- MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípio e aplicação**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípio e aplicação**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.
- MARQUES, D. A.; SHEPHERD, S. L. K.; CROCOMO, O. J. Influência de fontes de nitrogênio sobre o desenvolvimento das gemas axilares de explantes caulinares de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. cultivado *in vitro*. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 2, não paginado, 1998.
- MINAMI, K.; BUENO, S. C. S.; BLAT, S. F.; CUQUEL, F. L. Efficiency of the conditioner on the strawberry plantlet transplants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM "ON TIMING OF FIELD PRODUCTION IN VEGETABLE CROPS", 9. 2001, Piracicaba. **Abstracts/Program**. Piracicaba. ISAS, 2001. p. 39-40.
- MIKKELSEN, R. L. Using hydrophilic polymers to improve uptake of manganese fertilizers by soybeans. **Fertilizer Research**, The Hague. v. 41, p. 87-92, 1995.
- MIKKELSEN, R. L.; BEHEL, A. D.; WILLIAMS, H. M. Addition of gel-forming hydrophilic polymers to nitrogen fertilizer solutions. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 36, p. 55-61, 1993.
- NISSEN, J. Uso de hidrogeles en la producción de frambuesas (*Rubus idaeus*) del sur de Chile. **Agro Sur**, Valdivia, v. 22, n. 2 p. 160-164, 1994.
- NISSEN, J.; TAPIA, J. Efecto de la aplicación de una poliacrilamida sobre la nutrición de ballica (*Lolium multiflorum*) en un suelo volcánico. **Agro Sur**, Valdivia, v. 24, n. 2, p. 206-212, 1996.
- NOVAIS, F. R.; JOT SMYTH, T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de solos, 1999. 399 p.
- OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa de Fertilidade do Solo**. Brasília: EMBRAPA/SEA, 1991. 196-197 p.
- OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001.

PERKIN e ELMER. Analytical methods for atomic. **Absorption spectrophotometry: analysis of feeds.** Norwalk, 1973. AY-11.

PETRY, C.; BELEDELI, L.; ARAUJO, E. M. Resposta de cultivares de crisântemo ao manejo de iluminação e ao número de plantas por vaso. **Revista brasileira Horticultura ornamental**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 121-132, 1999.

PILL, W. G.; STUBBOLO, M. R. Tomato seedling growth in peat and peat-lite blocks amended with hydrophilic polymer. **Communications in soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 17, n. 1, p. 45-61, 1986.

PREVEDELLO, B. M. S.; REISSMANN, C. B. Nutrição mineral de plantas. In: WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. (Org.) **Fisiologia Vegetal: produção e pós-colheita**. Curitiba: Champagnat, 2002. p 115-134.

RECOMENDAÇÕES... de adubações e calagem para o Estado de São Paulo. 2^a ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC. 1996. (Boletim Técnico, no. 100).

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

RIGAS, F.; SACHINI, E.; CHATZOUZIS, G.; KANELLOPOULOS, N. Effects of a polymeric soil conditioner on the early growth of sunflowers. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa. v. 79, n. 1, p. 225-231, 1999.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133 p.

SANTOS, J. Q. **Fertilizantes: fundamentos e aspectos práticos da sua aplicação**. [S.l.]: Europa-América, 1983. 245 p. (Coleção Euroagro).

SAYED, H.; KIRKWOOD, R. C.; GRAHAM, N. B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v. 42, n. 240, p. 891-899, 1991.

SILVEIRA, R. B. A.; MINAMI, K. Qualidade de crisântemos (*Dendranthema grandiflora* TZVELEV) produzidos em diferentes regiões do Estado de São Paulo: Grupo Polaris. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, não paginado, 1999.

STRINGHETA, A.C. O.; FONTES, L. E. F.; LOPES, L. C.; CARDOSO, A. A. Crescimento de crisântemo em substrato contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 11, p. 795-802, 1996.

TEEM, D. H. **Procedures used for soil and plant analysis by the Auburn University soil testing laboratory**. Alabama: Auburn University, 1986. (Departmental series, n. 106).

THOMAS, G. W.; PEASLEE, D. E. Testing soil for phosphorus. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1973. p. 115-132.

TISDALE, S.; NELSON, W.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. **Soil fertility and fertilizers**. 5. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1993. 303 p.

TOMÉ, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

VILJOEN, D. J. Superabsorbent polymers in the forestry industry. In: COMMONWEALTH FORESTRY CONFERENCE, 15., 1997, Victoria Falls. **Anais...** Victoria Fall, 1997. p. 1-12.

WALLACE, A.; WALLACE, G. A.; ABOUZAMZAM, A. M.; CHA, J. W. Soil tests to determine application rates for polymeric soil conditioners. **Soil Science**, Baltimore. v. 141, n. 5, p. 390-394, 1986.

WALLACE, A.; WALLACE, G. A.; ABOUZAMZAM, A. M. Effects of excess levels of a polymer as a soil conditioner on yields and mineral of plants. **Soil Science**, Baltimore. v. 141, n. 5, p. 377-380, 1986.

WANG, Y. T. Medium and hydrogel affect production and wilting of tropical ornamental plants. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 6, p. 941-944, 1989.

WILLINGHAM, J. E.; COFFEY, D. L. Influence of Hydrophilic Polymer Amended Soil on Growth of Tomato Transplants. **HortScience**, Alexandria, v. 16, n. 3, p. 289, 1981.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A.; SILVEIRA JUNIOR; P. Sistema de análise estatística (SANEST) para microcomputadores. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1985, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1985. p.74-99.

ANEXOS - 1

TABELA 11- MÉDIAS DO PESO SECO DE RAMOS E FOLHAS, PARA O SUBSTRATO 1.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g			
0	6,29	6,36	6,08	5,80
1	4,80	4,23	5,13	2,97
2	3,98	3,88	3,97	3,59
4	4,13	2,02	4,76	3,14

NOTA: (1) Sulfato de amônio/Sulfato de potássio; (2) Sulfato de amônio/ Cloreto de potássio; (3) Uréia/Sulfato de potássio; (4) Uréia/ Cloreto de potássio. Esta simbologia é adotada para todas as demais tabelas.

TABELA 12- MÉDIAS DO PESO SECO DE RAMOS E FOLHAS, PARA O SUBSTRATO 2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g			
0	11,80	11,96	12,60	12,71
1	11,97	11,06	11,47	11,80
2	8,25	8,34	8,44	9,61
4	6,25	6,60	6,45	6,41

TABELA 13- MÉDIA DO PESO SECO DAS RAÍZES, PARA O SUBSTRATO- 1.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g			
0	1,05	1,03	1,21	1,13
1	0,82	0,80	0,86	0,83
2	0,79	0,87	0,61	0,86
4	0,91	0,59	1,16	0,67

TABELA 14- MÉDIAS DO PESO SECO DAS RAÍZES, PARA O SUBSTRATO-2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g			
0	1,76	2,40	1,98	1,66
1	1,75	1,74	2,22	2,37
2	1,87	1,79	1,93	2,30
4	1,69	1,67	1,47	1,63

TABELA 15- MÉDIA DE PRODUÇÃO DO NÚMERO DE FLORES, PARA O SUBSTRATO -1.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	27,60	29,6	25,0	32,0
1	22,00	28,0	31,6	14,8
2	21,60	18,2	22,2	16,2
4	23,60	7,20	26,6	21,6

TABELA 16- MÉDIA DE PRODUÇÃO DO NÚMERO DE FLORES, PARA O SUBSTRATO -2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g			
0	63,6	63,0	66,4	66,2
1	50,2	50,0	48,8	59,8
2	38,6	44,0	38,2	48,0
4	29,2	33,6	34,4	32,6

TABELA 17- TEOR DE N-TOTAL DETERMINADO NO SUBSTRATO -1

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g kg ⁻¹			
0	1,89	1,71	1,52	1,89
1	2,38	2,11	2,15	2,68
2	2,25	2,16	1,65	2,41
4	2,19	2,04	2,04	1,95

TABELA-18 TEOR DE N-TOTAL DETERMIADO NO SUBSTRATO - 2

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g kg ⁻¹			
0	0,57	0,30	0,33	1,07
1	0,33	1,36	1,37	1,30
2	1,53	1,41	1,46	1,37
4	1,72	1,69	1,44	1,74

TABELA 19- TEOR DE FÓSFORO DISPONÍVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO-1

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg dm ⁻³			
0	66,46	47,10	52,76	50,22
1	50,86	42,56	47,92	63,86
2	46,60	46,18	42,78	46,88
4	51,18	58,18	42,32	44,62

TABELA 20- TEOR DE FÓSFORO DISPONÍVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO-2

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg dm ⁻³			
0	10,72	10,72	10,26	10,52
1	9,47	10,30	9,63	10,45
2	10,2	10,36	10,04	10,15
4	10,78	9,78	9,86	10,53

TABELA 21- TEOR DE POTÁSSIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO -1.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	cmol _c dm ⁻³			
0	4,28	4,26	4,13	4,40
1	4,48	4,42	4,48	5,44
2	5,25	5,31	5,25	5,39
4	5,82	6,97	6,40	5,98

TABELA 22- TEOR DE POTÁSSIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO -2.

Polímero g kg ⁻¹	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	cmol _c dm ⁻³			
0	0,31	0,32	0,32	0,32
1	0,70	0,69	0,73	0,69
2	1,27	1,00	1,02	1,03
4	1,70	1,76	1,84	1,01

TABELA 23- TEOR DE CÁLCIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO-1

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	cmol _c dm ⁻³			
0	7,50	7,20	7,35	7,40
1	8,03	7,02	7,00	8,50
2	7,50	8,18	7,78	8,79
4	7,24	8,76	7,36	7,45

TABELA 24- TEOR DE CÁLCIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO -2

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	cmol _c dm ⁻³			
0	4,14	3,94	3,65	3,76
1	3,76	3,54	3,52	3,43
2	3,43	3,38	3,50	3,29
4	3,12	3,28	3,03	3,55

TABELA 25- TEOR DE MAGNÉSIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO-1

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	cmol _c dm ⁻³			
0	3,95	3,78	3,75	4,18
1	3,82	3,68	3,74	4,50
2	3,88	3,48	3,52	3,68
4	3,08	3,64	3,18	3,08

TABELA 26- TEORES DE MAGNÉSIO TROCÁVEL DETERMINADO NO SUBSTRATO -2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	2,45	2,88	2,42	2,10
1	2,80	2,90	2,77	2,80
2	2,90	2,73	2,53	2,87
4	2,64	2,12	2,28	2,12

TABELA 27- TEORES DE N-TOTAL DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -1).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	34,92	33,49	28,72	29,85
1	37,45	33,78	33,88	34,67
2	34,41	39,89	32,14	35,88
4	31,98	35,09	31,02	35,93

TABELA 28- TEORES DE N-TOTAL DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -2).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	31,56	30,91	27,36	27,06
1	32,17	32,32	29,71	28,32
2	37,73	34,20	29,25	30,96
4	36,28	37,55	31,40	30,79

TABELA 29- TEORES DE FÓSFORO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO - 1).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	1,76	1,63	1,91	2,00
1	1,35	1,45	1,62	1,45
2	1,42	1,22	1,68	1,31
4	2,98	1,08	1,59	2,24

TABELA 30- TEORES DE FÓSFORO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -2).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
0	1,87	1,67	1,84	1,89
1	1,59	1,68	1,91	1,86
2	1,89	1,55	1,70	1,84
4	1,46	1,42	1,82	1,70

TABELA 31- TEORES DE POTÁSSIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -1).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g kg ⁻¹			
0	42,11	41,81	41,53	41,54
1	44,68	42,03	40,04	47,68
2	47,59	47,63	46,66	48,97
4	39,79	53,79	52,70	41,36

TABELA 32- TEORES DE POTÁSSIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -2)

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g kg ⁻¹			
0	30,90	31,08	28,48	29,28
1	32,60	32,17	30,84	31,80
2	35,90	35,12	33,44	34,51
4	45,80	42,37	38,27	40,07

TABELA 33- TEORES DE CÁLCIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO-1).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g kg ⁻¹			
0	9,15	10,09	10,11	10,47
1	10,36	10,67	10,49	10,70
2	9,67	9,42	9,02	10,63
4	7,70	9,58	8,39	8,20

TABELA 34- TEORES DE CÁLCIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO-2).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g kg ⁻¹			
0	11,5	10,92	11,94	12,56
1	9,61	9,01	10,82	10,65
2	8,42	8,49	10,07	10,10
4	8,14	7,14	8,79	9,07

TABELA 35- TEORES DE MAGNÉSIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -1).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g kg ⁻¹			
0	4,02	4,14	4,44	4,05
1	4,27	4,35	5,02	4,35
2	3,94	4,26	5,02	4,47
4	3,74	4,68	3,32	4,22

TABELA 36- TEORES DE MAGNÉSIO DETERMINADO NA PLANTA (SUBSTRATO -2).

Polímero	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	g kg ⁻¹			
0	5,23	5,09	5,44	5,49
1	4,58	4,38	4,75	4,79
2	4,41	4,38	4,79	4,51
4	4,37	3,95	4,16	4,24

TABELA 37- CONTEÚDO DE N-TOTAL NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO-1.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	220	213	176	173
1	179	143	173	103
2	137	154	126	129
4	133	71	148	112

TABELA 38- CONTEÚDO DE N-TOTAL NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO -2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	372	370	345	343
1	385	357	341	333
2	311	285	247	298
4	226	248	202	198

TABELA 39- CONTEÚDO DE FÓSFORO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO-1

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	11,20	10,30	11,70	11,46
1	6,24	6,20	8,40	4,56
2	5,79	4,79	6,64	4,50
4	12,27	2,19	7,77	7,03

TABELA 40- CONTEÚDO DE FÓSFORO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO 2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	22	20	23	24
1	19	19	22	22
2	13	13	15	18
4	9,0	9,0	12	11

TABELA 41- CONTEÚDO DE POTÁSSIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO-1.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	268	266	253	241
1	214	179	205	142
2	189	185	185	176
4	164	109	249	128

TABELA 42- CONTEÚDO DE POTÁSSIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO 2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	365	373	359	370
1	391	356	354	375
2	296	293	283	332
4	286	281	246	256

TABELA 43- CONTEÚDO DE CÁLCIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO-1

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	59,79	64,18	61,61	60,75
1	49,33	44,52	52,95	31,73
2	38,14	36,61	35,73	38,12
4	31,82	19,19	39,57	26,39

TABELA 44- CONTEÚDO DE CÁLCIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO 2.

Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	136	130	150	159
1	115	99	125	126
2	70	71	85	97
4	51	47	57	58

TABELA 45- CONTEÚDO DE MAGNÉSIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO-1

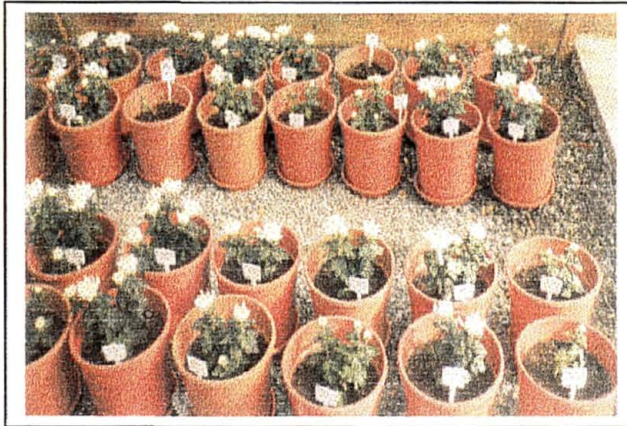
Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	25,24	26,33	23,89	23,97
1	20,31	18,30	33,08	12,36
2	15,65	16,44	15,75	16,53
4	15,57	9,39	16,66	13,20

TABELA 46- CONTEÚDO DE MAGNÉSIO NA PLANTA CULTIVADA NO SUBSTRATO 2.

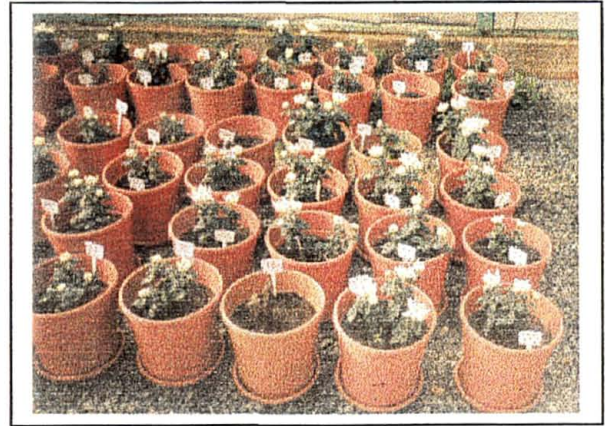
Polímero (g kg ⁻¹)	SASK ₍₁₎	SACK ₍₂₎	USK ₍₃₎	UCK ₍₄₎
	mg			
0	62	61	68	70
1	55	48	55	56
2	36	36	41	43
4	27	26	27	27

ANEXO -2

FIGURA 37- VISÃO GERAL DAS PLANTAS CULTIVADAS NO SUBSTRATO-1, (A) E (B) APÓS 12 SEMANAS DO PLANTIO.



(A) Plantas com 12 semanas do plantio
Blocos 1 e 2.



(B) Plantas com 12 semanas do plantio
Blocos 3, 4 e 5.

FIGURA 38 - VISÃO GERAL DAS PLANTAS CULTIVADAS NO SUBSTRATO-2, (C) APÓS 11 SEMANAS DO PLANTIO E (D) APÓS 12 SEMANAS DO PLANTIO.



(C) Plantas com 11 semanas do plantio.
Blocos 1 e 2.



(D) Plantas com 12 semanas do plantio
Blocos 3, 4 e 5.