ANDRÉ MALLER

FERTIRRIGAÇÃO EM ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.) CONDUZIDA EM AMBIENTE PROTEGIDO

MARINGÁ – PARANÁ – BRASIL

OUTUBRO – 2012

ANDRÉ MALLER

FERTIRRIGAÇÃO EM ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.) CONDUZIDA EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia para obtenção do título de Mestre.

MARINGÁ – PARANÁ – BRASIL

OUTUBRO – 2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M252f

Maller, André
Fertirrigação em abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) conduzida em ambiente protegido / André Maller. -- Maringá, 2012.
xiv, 60 f. : il. figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende.
Coorientador: Prof. Dr. Paulo S. L. de Freitas.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012.

1. Microirrigação por gotejamento. 2. Abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) - Fertirrigação nitrogenada. 3. Fertirrigação nitrogenada. 4. Ambiente protegido. I. Rezende, Roberto, orient. II. Freitas, Paulo S. L., coorientador. III. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 21.ed. 631.587
AMMA-00637

ANDRÉ MALLER

FERTIRRIGAÇÃO EM ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.) CONDUZIDA EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de outubro de 2012

Prof. Dr. José Antônio Frizzone	Prof. Dr. Christopher M. U. Neale
Prof. Dr. Paulo S. L. de Freitas (Coorientador)	Prof. Dr. Roberto Rezende (Orientador)

A Deus, por ter entregado a Criação aos seres humanos para que desenvolvessem todo seu potencial e criatividade.

Aos meus pais Armando e Marlene, pois se hoje eu luto para que o mundo seja um lugar melhor, eles lutaram em dobro antes para que eu tivesse uma vida melhor.

A Fabiane, por sempre se alegrar com as minhas conquistas, por sempre chorar comigo nos meus momentos difíceis, por me apoiar e amar em tudo, sempre mais do que eu mesmo.

Dedico

“A essência da genialidade consiste em saber o que pode ser deixado de lado”

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Agronomia - PGA pela oportunidade de realização deste curso.

Aos Professores do curso de Pós-graduação, pela oportunidade oferecida e pelos ensinamentos por meio das disciplinas ministradas.

Ao professor Roberto Rezende, por ser sempre tão solícito e me ensinar que devemos desenvolver nossa habilidade de se relacionar, pois a falta desta habilidade é um dos grandes problemas da humanidade.

Ao doutorando Andre R. Costa, que soube acatar, refutar e discutir respeitosamente sobre a melhor forma de conduzir o trabalho e pelo enorme apoio.

Ao mestrando Anderson Takashi, pela inestimável colaboração intelectual na minha formação e principalmente por me ensinar a buscar a essência das coisas.

Ao professor Paulo Sérgio, pelo tempo, paciência e incrível presteza ao sanar tantas dúvidas desse e de outros trabalhos.

Aos professores Antônio Carlos e Elias Nunes, pelas pérolas de sabedoria e surpreendentes pontos de vista sobre o experimento e sobre a vida.

Aos graduandos Rodolfo e Eduardo, pela impressionante disciplina e disposição ao prestar auxílio nos experimentos.

Ao funcionário Eduardo, pelos valiosos conselhos e poupar grande esforço para realizar as simples tarefas que eram muito trabalhosas.

Aos colegas Renan e Rafael, que sempre se dispuseram a ter uma boa convivência.

A família, pelo apoio constante e sólida base para construção dos meus valores.

A todos que direta ou indiretamente participaram na execução deste trabalho. Sinto-me muito satisfeito por estar perto de tantas pessoas capazes e dispostas a colaborar. Espero ter a oportunidade de repassar essa diligência que me foi dada quando mais precisei.

BIOGRAFIA

ANDRÉ MALLER, filho de Armando Maller Filho e Marlene Mezzon Maller, nascido em Nova Aurora, Estado do Paraná, no dia 05 de fevereiro de 1988.

Em fevereiro de 2006, ingressou no curso de Agronomia, pela Universidade Estadual de Maringá, no Estado do Paraná.

Em março de 2011, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, na Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

RESUMO GERAL X
GENERAL ABSTRACT XI
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM ABOBRINHA ITALIANA (*CUCURBITA PEPO* L.*)* CONDUZIDA EM AMBIENTE PROTEGIDO XIII
RESUMO XIII
ABSTRACT XIV
INTRODUÇÃO 1
REVISÃO DE LITERATURA 3
1. Cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* l.) 3
2. Cultivo protegido no contexto da olericultura 4
3. Irrigação de hortaliças 5
4. Fertirrigação 6
MATERIAL E MÉTODOS 11
1. Caracterização da área experimental 11
2. Descrição do sistema de microirrigação 11
3. Teste de uniformidade das vazões 11
4. Tratamentos e delineamento estatístico 13
5. Preparo do solo 13
6. Manejo e cálculo e da adubação potássica 14
7. Cálculo e manejo da adubação nitrogenada 16
8. Condução da cultura 18
9. Manejo da irrigação 18
10. Colheita 19
11. Variáveis analisadas da planta 19
RESULTADOS E DISCUSSÃO 20
1. Cultivares 20
2. Desdobramento das doses aplicadas via fertirrigação 20
3. Desdobramento das doses nas formas de aplicação 22
CONCLUSÕES 25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 26

ESTIMATIVA DA FITOMASSA FRESCA DE FRUTOS DA ABOBRINHA ITALIANA (*CUCURBITA PEPO* L.) 32
RESUMO 32
ABSTRACT 32
INTRODUÇÃO 34
REVISÃO DE LITERATURA 35
1. Regressão linear múltipla 35
2. Método dos mínimos quadrados 36
3. Análise de variância (ANAVA) 37
4. Coeficiente de determinação 39
5. Seleção das variáveis 39
5.1 Eliminação para trás ou backward elimination 40
5.2 Eliminação para frente ou forward elimination 41
5.3 Eliminação passo a passo ou stepwise 42
5.4 Seleção dos parâmetros pelo teste t 42
6. Análise de resíduos 43
6.1 Homogeneidade dos resíduos 43
6.2 Normalidade dos resíduos 44
7. Coeficiente de correlação de Pearson 44
8. Índice de concordância 46
9. Índice de desempenho 47
MATERIAL E MÉTODOS 49
RESULTADOS E DISCUSSÃO 51
1. Modelos validados pelo teste t 51
2. Análise de resíduos 53
3. Índice de desempenho 55
CONCLUSÕES 58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 . Interpretação dos coeficientes de uniformidade obtidos. 12

Tabela 2. Resultados da análise de solo da área antes da implantação do experimento. 13

Tabela 3. Comparação das médias SFFF, NF e FMF entre as cultivares 20

Tabela 4. Soma de quadrados sequenciais das regressões da produção de frutos nos tratamentos fertirrigados nas cultivares Anita F1 e Novita Plus. 21

Tabela 5. Soma de quadrados sequenciais das regressões de SFFF, NF e FMF em resposta às doses aplicadas nas duas formas de aplicação. 24

Tabela 6. Interpretação do coeficiente r. 45

Tabela 7. Interpretação do coeficiente c. 47

Tabela 8. Conjunto de variáveis testadas pelo teste t. 49

Tabela 9. Modelos validados para a cultivar Novita Plus 51

Tabela 10. Modelos validados para a cultivar Anita F1. 52

Tabela 11. Resultados do teste de homocedasticidade e normalidade dos resíduos para os modelos de frutos da cultivar Novita Plus. 55

Tabela 12. Índice de desempenho dos modelos M 5, M 8 e M 23 para a cultivar Novita Plus. 57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Produção de frutos de abobrinha italiana nos tratamentos fertirrigados nas cultivares Anita F1 (AF) e Novita Plus (NP). 21
Figura 2 Valores de SFFF, NF e FMF em resposta às doses aplicadas via fertirrigação e na forma sólida. 23
Figura 3 Dispersão dos dados em torno da média de dois modelos hipotéticos 45
Figura 4 Aproximação da reta 1:1 dos valores estimados de dois modelos hipotéticos. 47
Figura 5 Incremento da variância com o aumento dos valores estimados pelos modelos M 1 e M 6. 54
Figura 6 Comportamento aleatório dos resíduos dos modelos M 5, M 8 e M 23. 55
Figura 7 Dispersão dos dados em torno da média dos modelos M 5, M 8 e M 23 para a cultivar Novita Plus. 56
Figura 8 Deslocamento dos dados em relação a reta 1:1 dos modelos M 5, M 8 e M 23 para a cultivar Novita Plus 56

RESUMO GERAL

MALLER, A. M.S., Universidade Estadual de Maringá, outubro de 2012. **Fertirrigação em abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) conduzida em ambiente protegido. Professor Orientador:** Roberto Rezende.

A abobrinha italiana é a décima primeira hortaliça de maior produção no Brasil, principalmente no sudeste e sul do país. Os maiores Estados produtores são Minas Gerais, São Paulo e Paraná. O cultivo de abobrinha italiana em ambiente protegido apresenta vantagens como produção constante o ano inteiro e incremento de produtividade. O cultivo em ambiente protegido geralmente está associado com irrigação por gotejo e com a técnica da fertirrigação. A técnica possibilita dosagem racional de fertilizantes, economia de água, nutrição otimizada da cultura, automatização da fertilização, aumento no rendimento e na qualidade dos frutos. Por outro lado, a fertirrigação conduzida inadequadamente propicia vários problemas, como salinização do solo e desperdício de fertilizantes, que podem reduzir a produtividade e diminuir a viabilidade do sistema de produção. Há a necessidade de informação sobre a fertirrigação para que seja possível ajustar o manejo de acordo com a cultura e o tipo de solo para aumentar a rentabilidade. Este estudo tem como objetivo avaliar o padrão de crescimento de frutos da abobrinha italiana, fornecer subsídios para a melhor aplicação das técnicas da fertirrigação em abobrinha italiana e ajustar um modelo que permita predizer o peso de frutos em uma análise não destrutiva.

Palavras chave: nitrogênio, abobrinha italiana, gotejamento

GENERAL ABSTRACT

The zucchini is the eleventh largest vegetable crop production in Brazil, mainly in the southeast and south. The major producing states are Minas Gerais, São Paulo and Paraná. Growing zucchini in greenhouse production has advantages as constant year round and increase productivity. The protected cultivation is generally associated with drip irrigation and fertigation. The technique enables rational dosage of fertilizers, water savings, optimized crop nutrition, fertilization automation, increase yield and fruit quality. Moreover, the irrigation conducted inappropriately provides various problems such as soil salination and wastage of fertilizer, which may reduce productivity and decrease the viability of the production system. There is a need for information on fertigation so that you can adjust according to the management culture and the type of soil to increase profitability. This study aims to evaluate the growth pattern of the fruits of zucchini, provide tools for better enforcement of fertigation techniques in zucchini and set a model that allows predicting the weight of fruit in a nondestructive analysis.

Key-words: nitrogen, zucchini, drip irrigation

CAPÍTULO 1

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.*)* CONDUZIDA EM AMBIENTE PROTEGIDO

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.*)* CONDUZIDA EM AMBIENTE PROTEGIDO

RESUMO. A olericultura é uma atividade que demanda grande investimento com grande potencial de retorno. Assim, é recomendável a adoção de técnicas que mitiguem o risco da atividade, como a construção de ambientes protegidos, e diminuam o custo, como a utilização da fertirrigação. Atualmente, são escassas as informações sobre a cultura da abobrinha italiana conduzida em cultivo protegido visando à avaliação de seu crescimento e produção com auxílio da técnica da fertirrigação e sobre o padrão de crescimento de frutos de cultivares de abobrinha italiana. Este trabalho tem por objetivo avaliar a produção de duas cultivares de abobrinha italiana (Anita F1 e Novita Plus) mediante a aplicação de diferentes doses de nitrogênio (80, 110, 140 e 170 kg ha^{-1}) na forma sólida e via fertirrigação e caracterizar o padrão de crescimento dos frutos dessas cultivares. O presente experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Treinamento em Irrigação (CTI), órgão vinculado ao Departamento de Agronomia (DAG) da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, no esquema de distribuição de tratamentos fatorial 4 x 2 x 2, com 8 repetições, totalizando 128 unidades experimentais compostas por uma planta. Foi utlizado o sistema de irrigação por gotejamento, com sete linhas espaçadas 0,8 m e 19 gotejadores espaçados 0,75 m entre si. Cada gotejador irrigou uma planta. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor, com 72 células, no dia 17 de março de 2012 e o transplantio foi realizado aos 19 dias após semeadura (DAS). Iniciou-se a colheita aos 52 DAS, estendendo-se até os 84 DAS. Foram colhidos diariamente os frutos que apresentavam comprimento entre 15 e 20 cm. Foram avaliados o número de frutos por planta (NF), soma da fitomassa fresca de frutos por planta (SFFF), a fitomassa média de frutos por planta (FMF) e a relação entre a massa e comprimento do fruto (M/C). As doses de N propiciaram o incremento na taxa de crescimento dos frutos, NF e SFFF.

Palavras chave: nitrogênio, abobrinha italiana, gotejamento

ABSTRACT . Olericulture is an activity that requires great investment with great potential profits considering its success. Thus, it is recommended the adoption of techniques that mitigate the risk of the activity, such as construction of greenhouses, and reduce the cost, such as fertigation. In addition, the grower can produce differentially packaged vegetables and minimally processed vegetables, which are more valuable than raw vegetables. Currently, there is little information about the growth and production of fertigated zucchini crop cultivated inside a greenhouse or its growth pattern of fruits. This study aims to evaluate the production of two cultivars of zucchini (Anita F1 and Novita Plus) by applying different levels of nitrogen (80, 110, 140 and 170 kg ha^{-1}) in solid form and via fertigation and characterize the growth pattern of the fruits. This experiment was conducted in a greenhouse at the Training Center for Irrigation (CTI), an agency of the Department of Agronomy (DAG) in the University of Maringá (UEM). We used a 4 x 2 x 2 factorial design with 8 reps, totaling 128 experimental units, each one consisting of a plant. We used a drip irrigation system with seven lines spaced 0.8 m apart each other and 19 drippers spaced 0.75 m apart each other. Each dripper watered a plant. The seeds were sown in trays with 72 cells, on March 17, 2012 and the transplant was done 19 days after seeding (DAS). We began the harvest at 52 DAS, extending up to 84 DAS. The fruits were harvested daily between 15 and 20 cm. We evaluated the number of fruits per plant (NF), the sum of the fresh weight of fruits per plant (SFFF), the average dry weight of fruits per plant (FMF) and the ratio between mass and fruit length (m/c ratio). The N levels increased the rate of fruit growth, NF and SFFF.

Key-words: nitrogen, zucchini, drip irrigation

INTRODUÇÃO

A água constitui mais de 90% da fitomassa fresca da parte comercial da maioria das hortaliças, indiscutivelmente é um dos mais importantes fatores de produção. As hortaliças herbáceas é o grupo mais exigente em água, seguido pelas hortaliças fruto, que é o caso da abobrinha italiana. A importância do correto suprimento hídrico às olerícolas torna extremamente recomendável a inclusão da irrigação no sistema de produção do olericultor.

A abobrinha italiana é a décima primeira hortaliça de maior produção no Brasil, principalmente no sudeste e sul do país. Apresenta-se como uma opção de diversificação da produção e demanda por parte de grandes centros consumidores.

A irrigação pode ser entendida como técnica de fornecer água à cultura no momento certo e em quantidade adequada. Desta forma, a irrigação deve ser praticada com critério técnico, considerando as características do solo, do clima e da cultura. Excesso de água para olerícolas pode favorecer a ocorrência de doenças enquanto déficit hídrico em certos estádios fenológicos pode afetar seriamente a produção. De qualquer forma, a irrigação não criteriosa incorre em diminuição da viabilidade econômica.

A fertirrigação consiste na técnica de aplicar a adubação solubilizada na lâmina de irrigação. A técnica ocasiona aumento da eficiência e parcelamento da adubação de acordo com a marcha de absorção da cultura, além de redução da necessidade de mão de obra, resultando em expressiva redução de custos do sistema de produção. Por outro lado, não raro observa-se operações de fertirrigação realizadas sem nenhum critério técnico ou sem assistência de mão de obra qualificada. A prática mal conduzida incorre, entre outros problemas, em desperdício de insumos, entupimento de gotejadores e salinidade do solo.

Observa-se na literatura carência de informações a respeito da padronização de frutos e sobre fertirrigação na cultura da abobrinha italiana, o que pode ocasionar a condução inadequada da técnica. Assim, o objetivo deste

trabalho foi avaliar os efeitos da fertirrigação nitrogenada na produção de frutos na cultura conduzida em ambiente protegido e caracterizar o padrão de crescimento de frutos das cultivares Anita F1 e Novita Plus.

REVISÃO DE LITERATURA

1. CULTURA DA ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.)

A família Curcurbitaceae compreende 118 gêneros e cerca de 825 espécies, muitas de valor comercial e culinário, principalmente algumas espécies do gênero Cucurbita (abóboras e morangas), Cucumis (melão), Sechium (chuchu) e Citrullus (melancias) (PARIS, 1996).

A abobrinha italiana corresponde a 3,11% de todos os produtos olerícolas produzidos no Brasil, situando-se como décima primeira olerícola mais produzida nacionalmente e corresponde a 2,37% do valor de produção. Os maiores Estados produtores são São Paulo, Minas Gerais e Paraná, respondendo por 27, 26 e 15% da produção nacional respectivamente (IBGE, 2012).

A planta apresenta internódios curtos, característica que lhe confere outros nomes como abóbora de moita, de tronco ou de árvore. Devido a arquitetura mais compacta, adapta-se facilmente ao cultivo em ambiente protegido e espaçamentos menores em comparação a outras cucurbitáceas de ramas longas (FILGUEIRA, 2003).

O sistema radicular é do tipo fasciculado, concentrado na porção superficial, apresentando, entretanto, grande crescimento lateral (FONTES E LIMA, 1993). Caracteriza-se por possuir folhas bem recortadas, de coloração verde e manchas prateadas. Suas flores são de coloração amarela, sendo as femininas menos numerosas. Abrem-se apenas pela manhã, quando são receptivas à polinização. O fruto é cilíndrico, apresentando no ponto de colheita aproximadamente 20 cm de comprimento, diâmetro de 4-6 cm (CARPES, 2008) e peso de 250-350 gramas. Sua coloração é verde clara, podendo haver a presença de finas estrias longitudinais, de cor verde escura (FILGUEIRA, 2003). A colheita se inicia entre 45 a 60 dias após o plantio, podendo-se estender por mais 60 dias (CARPES, 2008).

Os frutos são de fácil digestão, ricos em niacina, além de ser fonte de vitaminas do complexo B e apresentam poucas calorias (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2012).

2. CULTIVO PROTEGIDO NO CONTEXTO DA OLERICULTURA

A produção de olerícolas é uma atividade agrícola muito vantajosa quando praticada em épocas adequadas, locais de boas condições climáticas e de mercado favorável para sua comercialização. Entretanto, tais condições dificilmente estão todas presentes em determinado sistema de produção. Torna-se imprescindível a busca de novas alternativas de cultivo e tecnologia para aumento da produtividade e maior estabilidade de produção, tornando o setor agrícola competitivo e auto sustentável (ARAÚJO et al, 2009). Silva et al (1999) aponta a necessidade de tecnificação para manter a competitividade do olericultor em resposta à crescente demanda por alimentos, problemas com escassez de terras cultiváveis próximas a grandes centros consumidores, água de boa qualidade, salinidade do solo, poluição ambiental, problemas fitossanitários e a globalização de mercados.

O cultivo protegido é uma tecnologia que viabiliza a produção de olerícolas em áreas desfavoráveis ao cultivo em céu aberto. Possibilita controlar diversas condições adversas de solo, clima e incidência de doenças e pragas. Em consequência disto, o cultivo em ambiente protegido propicia aumento de produtividade (STRECK et al., 2003), melhoria na qualidade dos produtos obtidos, possibilidade de oferta de produtos em todas as épocas do ano (LORENTZ et al., 2004), eficiente aproveitamento de fertilizantes, defensivos e água, fixação do homem ao campo e aumento da rentabilidade do empreendimento agrícola (FILGUEIRA, 2003).

Por outro lado, o cultivo protegido dificulta o acesso de agentes polinizadores à cultura. Assim, a quantidade de pólen utilizada em cada polinização natural da flor feminina pode ser menor que em condições a campo. O incremento da quantidade de pólen aumenta o tamanho dos frutos, a quantidade de sementes por fruto (SCHLICHTING et al, 1990) e o índice de pegamento (STEPHENSON et al, 1988).

A utilização de plástico na construção de ambientes protegidos é justificada devido a sua versatilidade, disponibilidade, leveza e principalmente

pelo seu baixo custo. Filgueira (2003) afirma que os fatores limitantes a implantação de casas de vegetação no Brasil tem sido o custo elevado de implantação, instabilidade do mercado, desorganização na comercialização, ausência de política governamental voltada ao setor de hortaliças, elevado custo de produção de muitas hortaliças e a falta de agrotecnologia melhor adaptada as diferentes regiões produtoras no país.

3. IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS

A irrigação de plantas olerícolas pode ser encara como técnica que incrementa a competividade do produtor, pois apresenta várias vantagens no sistema produtivo, destacando-se maior produção (mais de um plantio por ano), produtividade (melhores condições de desenvolvimento da cultura) e maior estabilidade na produção (FILGUEIRA, 2003).

A irrigação é a técnica de aplicar água no momento certo e na quantidade requerida. Portanto, é de extrema importância o conhecimento das características do solo, do clima e das necessidades hídricas da cultura em cada estádio fenológico. Assim, é possível definir-se qual a lâmina de irrigação mais adequada a ser aplicada em determinado estádio da cultura. Coccucci et al. (1976) sugerem que o crescimento do fruto é controlado diretamente pela disponibilidade de água.

Há vários métodos para se estimar a lâmina necessária em cada irrigação. Utiliza-se métodos de monitoramento no solo, como a utilização de tensiômetros, ou métodos de monitoramento climáticos, como a estimativa da ETo pelo tanque Classe A ou pelo atmômetro de Piché (BLANCO e FOLEGATTI, 2004) multiplicando-se o valor obtido pelo Kc de cada cultura (ALLEN et al, 1988) para se obter a ETc. Neste ultimo, opta-se por aplicar lâmina correspondente a uma parte ou a totalidade da ETc calculada.

A forma de aplicação ou o incremento da lâmina favorece a incidência de doenças. Isto acontece porque a água pode diminuir a temperatura média do ar e do solo e aumentar a umidade relativa do ar (PIRES et al., 2000). A ocorrência de doenças de solo é favorecida em presença de umidade. Assim, é necessária a quantificação criteriosa da lâmina a ser

aplicada, para que o potencial produtivo seja o maior possível, sem ser limitado pela ocorrência de doenças.

O custo da aplicação de água é um fator que diminui a viabilidade da irrigação. Portanto, lâminas aplicadas além da necessidade da cultura representa desperdício de recursos. Blanco e Folegatti (2002) observaram que a aplicação de lâmina suficiente para elevar o potencial mátrico próximo à capacidade de campo não resultou em aumento de produtividade em pimentão. Imtiyaz et al. (2000) concluíram que os maiores rendimentos comerciais do repolho foram obtidos com lâmina de irrigação correspondente a 80% da evaporação do Tanque Classe A.

A microirrigação por gotejamento ocasiona redução na emergência de plantas daninhas em relação aos métodos de irrigação por aspersão devido à diferença na proporção da área molhada. Enquanto que na aspersão a irrigação é realizada em área total, no gotejamento a área molhada é restrita ao bulbo molhado e consequentemente as sementes de plantas daninhas tem acesso a condições de umidade em uma proporção menor da área.

A irrigação por gotejo possibilita menor estresse salino à cultura. Neste sistema de irrigação, a umidade do solo no bulbo molhado é próxima à capacidade de campo e a tensão de água no solo é relativamente pequena. Isto ameniza o aumento da tensão da água no solo devido ao teor de sais dissolvidos. Assim, para uma mesma tensão total tolerável pela planta, a cultura suportará uma maior concentração de sais dissolvidos no solo. (BLANCO, 1999). Fontes (2005) aponta que, mesmo com o incremento das doses de nitrogênio, há redução na produção de pimentão com o aumento do potencial osmótico da solução do solo. Por outro lado, no sistema de gotejo ainda podem ocorrer sintomas de toxicidade pela absorção excessiva de sódio e de cloretos.

4. FERTIRRIGAÇÃO

A irrigação e a adubação são consideradas importantes fatores a influenciar a produtividade e, quando aplicadas juntas, influenciam positivamente o desenvolvimento das plantas, a produção e a qualidade dos

frutos (BAR-YOSEF, 1999). Denomina-se fertirrigação, a prática pela qual os fertilizantes são aplicados, simultaneamente, à água de irrigação (ELOI et al. 2004). A fertirrigação tomou papel de destaque com a introdução de sistemas de microirrigação por gotejamento na horticultura, sendo um dos fatores relacionados com o aumento da produtividade (CARRIJO et al., 2004).

Segundo Lopez (2001), a fertirrigação possibilita dosagem racional de fertilizantes, economia de água, utilização de águas de irrigação de baixa qualidade, nutrição otimizada da cultura, automatização da fertilização, aumento no rendimento e qualidade dos frutos, maior eficácia e rentabilidade dos nutrientes. A eficiência da absorção de nutrientes é aumentada porque os nutrientes são prontamente disponibilizados na solução do solo, facilmente absorvíveis (MARCUSSI, 2005) e, no caso do gotejamento, a região de maior concentração de raízes tende a se localizar na região do bulbo molhado (COELHO et al, 2010). Como desvantagens, cita-se o custo inicial da infraestrutura, obstrução dos gotejadores e exigência de mão de obra especializada.

O sucesso da fertirrigação depende da uniformidade de aplicação da água, pois refletirá diretamente na uniformidade de distribuição dos nutrientes. Por este motivo, a fertirrigação aliada ao sistema de microirrigacão por gotejamento apresenta maior eficiência em relação à outros métodos de irrigação, pois a utilização de gotejadores autocompensantes garante vazão constante ao longo da linha porque ameniza a variação de pressão (COELHO et al, 2010).

A distribuição de nutrientes no solo tendo água como veículo pode ser feito por convecção, difusão e dispersão. A convecção é a movimentação de massas líquidas devido ao gradiente de potencial. A difusão é o movimento que tende a equalizar a concentração do nutriente no meio poroso. A dispersão ocorre devido à diferença na velocidade da água em capilares e poros de diferentes tamanhos e formas, ocasionando a mistura da solução residente com a solução fornecida pela fertirrigação (COELHO et al, 2010).

Os nutrientes mais aplicados via água de irrigação são aqueles de alta mobilidade no solo como o potássio (K) e o nitrogênio (N), mas, a fertirrigação com fósforo (P) e cálcio (Ca) em gotejamento e em solos com médios ou baixos teores deles, propicia um melhor rendimento das culturas. Entretanto, o

P pode formar precipitados com íons de Ca e Mg no interior da tubulação, provocando entupimento dos gotejadores. A fertirrigação com Ca a partir do florescimento é uma prática usada na irrigação por gotejamento do tomate de mesa, pimentão e cucurbitáceas para diminuir a ocorrência de podridão apical (CARRIJO et al., 2004).

A adoção da fertirrigação tem, como consequência, a dificuldade em determinar as dosagens adequadas de nutrientes a serem aplicadas às culturas para que elas atinjam a máxima eficiência da absorção (HOLANDA FILHO et al., 2006). A marcha de absorção de nutrientes é uma ferramenta útil para realizar o melhor manejo do parcelamento da adubação (CARRIJO et al, 2004). Blanco e Folegatti (2002) apontam que é necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicada durante cada fase do ciclo da cultura e que a concentração de nutrientes na água de irrigação deve ser suficiente para proporcionar a absorção dos nutrientes nas quantidades requeridas pelas plantas. A importância do balanceamento entre nutrientes é ressaltada por Kanwar e Sekhon (1998).

A aplicação em excesso de fertilizantes diluído na água de irrigação pode ocasionar o desperdício e a lixiviação de nutrientes. Na região do bulbo molhado, os nutrientes podem saturar os sítios de adsorção, permitindo o maior avanço em profundidade ou em distância do emissor, dependendo da vazão e das características do solo (BAR-YOSSEF, 1999). Gärdenäs et al. (2005) sugerem que no gotejamento a distribuição do nitrogênio é mais uniforme no perfil do solo. O risco de lixiviação é mais acentuado no caso de aplicações excessivas de N e K_2O em função da mobilidade nos diferentes tipos de solo (COELHO, 1994). Na condução da cultura da abobrinha italiana são utilizados grandes quantidades de nitrogênio e lâminas de irrigação relativamente excessivas, o que pode ocasionar lixiviação e consequentemente contaminação do lençol freático principalmente em solos arenosos (ZOTARELLI et al, 2008). Mohammad (2004) afirma que a fertirrigação em solos argilosos está associada ao aumento da produtividade, eficiência da utilização do nitrogênio e da água em comparação com a aplicação de fertilizantes na forma sólida seguido de irrigação. Zotarelli et al. (2008) observaram maior concentração de raízes de tomateiro nos primeiros 15 cm de profundidade em experimento em solo arenoso utilizando fertirrigação por

gotejamento em faixas com aplicação de lâmina controlada e monitoramento da umidade do solo. Nestas condições, perdas de N por lixiviação são reduzidas.

A utilização de água salina aliada à aplicações em excesso de fertilizantes propiciam o acúmulo de sais na superfície e periferia do bulbo molhado, resultando em perdas no potencial da produtividade. Em cultivo protegido, que apresenta caraterísticas mais intensivas de utilização do solo, torna-se primordial o correto manejo da irrigação e adubação para evitar o acúmulo prejudicial de sais (CARRIJO et al, 1999). Blanco e Folegatti (2008) observaram que os efeitos da salinidade em tomateiro são potencializados pela aplicação de elevadas doses de N. Uma medida para a redução do nível de salinidade no solo é aplicar uma lâmina que possibilite lixiviar os sais abaixo da região radicular da cultura (PETERSEN, 1996).

A manifestação dos sintomas decorrentes do estresse salino depende da interação da salinidade do solo e da demanda evapotranspirativa da atmosfera. Em épocas de elevada radiação solar, temperatura e déficit de pressão de vapor, o potencial osmótico do solo em condições de salinidade pode limitar a taxa de absorção de água. A planta estressada apresenta sintomas como redução do crescimento das raízes, área foliar, eficiência fotossintética e, consequentemente, produção de massa seca na cultura da abobrinha italiana (STRASSBURGER et al, 2011).

A técnica da fertirrigação é bem difundida entre os olericulores que utilizam microirrigação por gotejamento. Porém, não raro são utilizadas formulas e procedimentos desenvolvidos por consultores e firmas de produtos agrícolas, que muitas vezes não atendem às necessidades das culturas (SILVA et al, 1999). Isto reforça a necessidade de mais informações a respeito da adubação nitrogenada em ambiente protegido, de forma a subsidiar o correto manejo e obter o máximo potencial produtivo da cultura (ARAÚJO, 2009). Alguns trabalhos já realizados ilustram a importância da fertirrigação na nutrição mineral de hortaliças, mas ainda são escassos resultados de pesquisa referentes à cultura da abobrinha italiana. Desta forma, sugere-se incentivar a pesquisa com objetivo de atender esta carência de informações e auxiliar os olericultores envolvidos com esta cultura a tomarem decisões mais adequadas

com relação à condução do plantio, o que pode aumentar suas margens de lucro.

MATERIAL E MÉTODOS

1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no Centro Técnico de Irrigação (CTI) do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá, PR, 23º25'S e 51º57'O e 542 m de altitude média. A estrutura de cultivo protegido apresenta cobertura tipo arco, 30 m de comprimento, 6,9 m de largura e 3,5 m de pé direito. O solo onde foi instalado o experimento é da classe NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico com horizonte A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia (EMBRAPA, 2006).

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MICROIRRIGAÇÃO

O sistema de microirrigação foi composto por reservatório de 500L, onde foram realizadas as solubilizações dos fertilizantes e uma válvula que permitia entrada de água no conjunto motobomba SC-30SM instalado de maneira afogado. Utilizou-se 14 m.c.a de pressão de operação, apresentando vazão média de 0,9 L h^{-1} por gotejador nestas condições. Na saída da bomba foi instalado um registro de gaveta e adaptação para manômetro, possibilitanto o controle da pressão. A linha principal foi constituída por tubos de diâmetro 32 mm. No início da mesma foi instalado um registro de gaveta que permite o abastecimento das linhas de irrigação e um registro de gaveta na tubulação de retorno ao reservatório, possibilitando a limpeza da linha principal após cada fertirrigação. Foram instaladas sete linhas de irrigação, compostas por tubos de polietileno de alta densidade de 16 mm de diâmetro e 19 gotejadores IRRITEC e 0,24 m de microtubo na saída.

3. TESTE DE UNIFORMIDADE DAS VAZÕES

A coleta dos dados foi realizada com auxilio de recipientes plásticos, identificados e com tara definida. A massa de água foi recolhida durante 28

min. Considerando a densidade da água igual a um, extrapolou-se os valores obtidos para g L^{-1}. Coletou-se a vazão de todos os gotejadores da área experimental para os cálculos dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), proposto por Keller e Karmeli (1974) (equação 4) e uniformidade estatística (EU), proposto por Wilcox e Swailes (1947) (equação 5). O coeficiente de uniformidade estatística foi concebido originalmente para avaliar equipamentos de irrigação por aspersão. Segundo Bralts (1975), citado por Faveta e Botrel (2001), a mesma abordagem estatística é válida para avaliação de uniformidade de sistemas de microirrigação por gotejamento. A interpretação dos coeficientes consta na Tabela 1.

$$CUD = \frac{q_n}{\bar{q}} \quad (1)$$

Em que:

CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição (expresso em %);

q_n – Vazão média dos 25% dos emissores com menor vazão (L h^{-1});

$\bar{q}$ – Vazão média dos emissores (L h^{-1}).

$$CUE = 1 - CV_q = 1 - \frac{S_q}{\bar{q}} \quad (2)$$

Em que:

CUE – Coeficiente de uniformidade estatística (expresso em %);

CV_q – Coeficiente de variação da vazão dos emissores;

S_q – Desvio padrão da vazão dos emissores (L h^{-1});

$\bar{q}$ – Vazão média dos emissores (L h^{-1}).

Tabela 1 . Interpretação dos coeficientes de uniformidade obtidos.

Coeficiente	**Valor obtido**	**Interpretação***
CUD	91,3%	Excelente
CUE	89,7%	Muito bom

*Segundo Faveta e Botrel (2001)

.

4. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado desbalanceado no esquema de arranjo de tratamentos fatorial 4 x 2 x 2. Os tratamentos foram resultado da combinação de doses de nitrogênio (80, 110, 140 e 170 kg ha^{-1}), formas de aplicação do fertilizante nitrogenado (sólido ou diluído) e duas cultivares de abobrinha de moita (Anita F1 e Novita Plus), totalizando 16 tratamentos. Utilizou-se 8 repetições por tratamento, totalizando 128 parcelas, cada uma composta por uma planta.

5. PREPARO DO SOLO

Procedeu-se o revolvimento com enxada rotativa na área total na camada 0 - 0,15 m. O preparo das covas foi realizado de forma manual, na profundidade de 0,2 m.

Tabela 2. Resultados da análise de solo da área antes da implantação do experimento.

Elementos	Unidade	Resultado
pH em $CaCl_2$	-	6,10
Matéria orgânica	mg dm^{-3}	26,08
Fósforo	mg dm^{-3}	4,27
Potássio	$cmol_c$ dm^{-3}	0,27
Ca	$cmol_c$ dm^{-3}	5,07
Mg	$cmol_c$ dm^{-3}	1,45
CTC	$cmol_c$ dm^{-3}	9,53
Saturação de bases	-	71,25%

A análise de solo foi realizada no Laboratório Rural de Maringá. Os valores apontados pela análise constam na Tabela 2. A interpretação dos resultados da análise segundo Trani e Raij (1996) recomenda elevar a saturação de bases a 80% e fornecer 400 kg ha^{-1} de P. Utilizou-se calcário dolomítico com PRNT 84% e adubo fosfatado solúvel incorporados na cova.

Em cada cova foi incorporado 2,1 g de Uréia, dose equivalente a 19,5% do menor tratamento, para que a solução do solo apresentasse concentração de nutrientes adequada ao desenvolvimento inicial da cultura (CARRIJO et al, 2004).

6. MANEJO E CÁLCULO E DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

O potássio foi aplicado via fertirrigação em todos os tratamentos testados. Segundo Carrijo et al. (2004), a exigência de potássio pela cultura durante o ciclo é dada pela equação:

$$EK = TK \cdot PE - K_{SOLO} \quad (3)$$

Em que:

EK – Exigência de potássio pela cultura no ciclo (kg ha^{-1});

TK – Teor de potássio na fitomassa fresca dos frutos (g g^{-1}), segundo Furlani (1978);

PE – Produtividade esperada (kg ha^{-1}). Assumiu-se valor equivalente a 816 g por planta;

K_{solo} – Teor de potássio disponível no solo (kg ha^{-1}).

A produtividade de 816 g por planta é a mesma produtividade que corresponde à extração de N correspondente ao valor médio dos tratamentos (média dos valores 80, 110, 140 e 170 kg ha^{-1} de N).

O teor de potássio disponível no solo foi calculado pela equação:

$$K_{SOLO} = \frac{Pt \cdot Am}{Ap} \quad (4)$$

Em que:

K_{solo} – Teor de potássio disponível no solo (kg ha^{-1});

Pt – K_2O trocável calculado a partir da análise de solo (kg ha^{-1});

Am – Área superficial do bulbo molhado (m^2);

Ap – Área ocupada por planta (m^2).

A adubação potássica de plantio (QP) foi calculada pela equação (CARRIJO et al, 2004):

$$QP = \frac{EN \cdot PR}{P \cdot TKF} \quad (5)$$

Em que:

QP – Quantidade do fertilizante potássico aplicado no plantio (kg por planta);

EN – Exigência do nutriente pela cultura (kg ha^{-1});

PR – Proporção recomendada de adubação do nutriente no plantio (g g^{-1}). Assume valor de 0,2 (CARRIJO et al, 2004);

P – População (plantas por hectare);

TKF – Teor de K_2O no fertilizante. Assume valor de 0,6.

Para a fertirrigação de K, utilizou-se KCl totalmente diluído. A concentração do tanque foi ajustada para que a quantidade de K necessária às plantas da área experimental fosse aplicada em 200 L de solução. Parcelou-se a quantidade total de K adicionada no ciclo em 5 aplicações, aos 32, 39, 46, 53, 60, 66 e 73 DAS.

A concentração de KCl no tanque (CKT) foi calculada pela equação:

$$CKT = \frac{EKC \cdot Np}{P \cdot Apl \cdot Tk \cdot Va} \quad (6)$$

Em que:

CKT – Concentração da solução de KCl no tanque (kg L^{-1});

EKC – Exigência de potássio pela cultura em seu ciclo (kg ha^{-1});

Np – Número de plantas que serão fertirrigadas;

P – População (plantas por hectare);

Apl – Aplicações de KCl por ciclo;

TK – Teor de K_2O no KCl. Assume valor de 0,6;

Va – Volume aplicado (L).

A quantidade de KCl a ser adicionada no tanque (QKT) foi calculada pela seguinte equação:

$$QKT = Ctk \cdot Va + Ctk \cdot Ve + Ctk \cdot Vm \quad (7)$$

Em que:

QKT – Quantidade de KCl adicionada no tanque em cada operação de fertirrigação (kg);

Ct – Concentração da solução de KCl no tanque (kg L^{-1});

Va – Volume aplicado (L);

Ve – Volume utilizado na estabilização do sistema (L);

Vm – Volume morto (L).

Calculou-se o volume das tubulações do sistema e foi obtido o valor de aproximadamente 26 L. Com margem de segurança, utilizou-se 50 L de solução para estabilizar o sistema. Define-se volume morto como o volume abaixo da flange de sucção com uma margem de segurança, no qual totalizou-se 50 L.

7. CÁLCULO E MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

A quantidade de uréia utilizada na forma sólida em cobertura (QUC) foi calculada pela equação:

$$QUC = \frac{D}{TNU \cdot P \cdot Apl} \quad (8)$$

Em que:

QUC – Quantidade de uréia em cobertura (kg de uréia por planta em cada aplicação);

D – Dose de N conforme tratamento (kg ha^{-1});

TNU – Teor de N na Uréia. Assume valor de 0,45;

P – População (plantas por hectare);

Apl – Aplicações de uréia por ciclo.

Para a fertirrigação de N, utilizou-se uréia totalmente diluída previamente como fonte de N. A concentração do tanque foi ajustada para que

a quantidade de N necessária às plantas de um tratamento fosse aplicada em 50 L de solução. Parcelou-se a quantidade total de N adicionada no ciclo em 5 aplicações semanais, aos 27, 34, 41, 48 e 55 DAS (dias após semeadura).

A concentração de uréia no tanque (Ctu) foi calculada pela equação:

$$Ctu = \frac{D \cdot Np}{P \cdot Apl \cdot TNU \cdot Va} \quad (9)$$

Em que:

Ctu – Concentração da solução de uréia no tanque (kg L^{-1});

D – Dose de N conforme tratamento (kg ha^{-1});

Np – Número de plantas que receberam o tratamento;

P – População (plantas por hectare);

Apl – Aplicações de uréia por ciclo;

TNU – Teor de N na uréia. Assume valor de 0,45;

Va – Volume aplicado (L).

Abasteceu-se o reservatório até a marcação interna de 150 L de água e preparou-se a calda. Calculou-se o volume das tubulações do sistema e foi obtido o valor de aproximadamente 26 L. Com margem de segurança, utilizou-se 50 L de solução para estabilizar o sistema. Durante a estabilização, toda a lâmina aplicada era recolhida em recipientes sob os gotejadores. Após estabilização, o conjunto motobomba era desligado, os recipientes abaixo dos gotejadores do tratamento eram retirados e acionava-se novamente o conjunto motobomba, procedendo a aplicação de 50L. O volume restante da solução no reservatório era descartado com auxilio de um sifão.

A quantidade de uréia a ser adicionada no tanque (QUT) foi calculada pela seguinte equação:

$$QUT = Ctu \cdot Va + Ctu \cdot Ve + Ctu \cdot Vm \quad (10)$$

Em que:

QUT – Quantidade de uréia adicionada no tanque em cada operação de fertirrigação (kg);

Ctu – Concentração da solução de uréia no tanque (kg L^{-1});

Va – Volume aplicado (L);

Ve – Volume utilizado na estabilização do sistema (L);

Vm – Volume abaixo da flange de sucção da bomba (L).

8. CONDUÇÃO DA CULTURA

A semeadura foi realizada em 17/03 em bandejas de isopor de 72 células. Procedeu-se o transplantio aos 19 dias após semeadura (DAS). Realizou-se pulverizações de Acephate aos 14 e 19 DAS, Metamidophós aos 32 DAS, Tiofanato Metílico e Clorotalonil aos 35 DAS e Mancozeb aos 35 e 47 DAS. Utilizou-se pulverizador costal GUARANI SP-20 com capacidade para 20L. Em cada pulverização foi utilizada em média 10L de calda. As flores femininas foram diariamente polinizadas pela manhã de forma manual.

9. MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A evapotranspiração de referencia foi estimada com auxílio de evaporímetro de Piché (BLANCO e FOLEGATTI, 2004), cuja superfície evaporativa foi localizada a 1,6 m da superfície do solo no centro do ambiente protegido. A lâmina reposta ao solo correspondeu a 100% da ETc, calculada por:

$$ETc = ETo \cdot Kc \qquad (11)$$

Em que:

ETc – Evapotranspiração da cultura (mm);

ETo – Evapotranspiração de referência (mm);

Kc – Coeficiente da cultura (ALLEN, 1998).

Objetivou-se repor 100% da ETc semanalmente, em quatro operações, através das fertirrigações potássicas e nitrogenadas realizadas no segundo e quarto dias da semana respectivamente (Tópicos 6 e 7), e das irrigações realizadas no sexto e sétimo dias da semana.

10. COLHEITA

A colheita foi iniciada aos 52 DAS, estendendo-se até 84 DAS. Colheu-se diariamente pela manhã os frutos que apresentavam mais que 15 cm de comprimento. Imediatamente após colheita, os frutos foram levados para o laboratório para análise.

11. VARIÁVEIS ANALISADAS DA PLANTA

Utilizaram-se as variáveis: número de frutos por planta (NF), soma da fitomassa fresca de frutos por planta (SFFF) e a fitomassa média de frutos por planta (FMF). As medidas de fitomassa fresca do fruto foram obtidas com auxilio de balança digital GEHAKA BG8000, com precisão de 0,1g, o comprimento foi obtido com régua graduada em mm e o maior diâmetro com auxílio de paquímetro graduado em mm. Calculou-se FMF dividindo a soma da fitomassa fresca dos frutos por planta que apresentaram padrão comercial pelo NF. Os dados das SFFF e FMC foram transformados em logaritmo na base 10 para apresentarem normalidade dos erros e homocedasticidade. Posteriormente, foram submetidos à analise de variância e as variáveis quantitativas foram submetidas à analise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. CULTIVARES

Os valores médios de SFFF, NF e FMF das cultivares (Tabela 3) apresentaram diferenças significativas pelo teste F. É possível observar que a cultivar Novita Plus apresentou maiores valores de SFFF e NF que a cultivar Anita F1, enquanto que não foram observadas diferenças significativas de FMF.

Tabela 3. Comparação das médias SFFF, NF e FMF entre as cultivares

Cultivar	SFFF (g)	NF	FMF (g)
Novita Plus	679,35	3,68	206,23
Anita F1	546,57	2,94	208,25
p-valor	0,0026*	0,0068*	$0,7630^{NS}$
C.V.	4,19%	29,89%	2,41%

Segundo Faville et al., (1999), a capacidade produtiva da planta está diretamente relacionada com os níveis totais de fotoassimilados produzidos e/ou com habilidade de direcionar uma proporção desses fotoassimilados para a parte comerciável da planta. A cultivar Novita Plus apresenta internódios curtos (SAKATA, 2012), enquanto que a cultivar Anita F1 apresenta crescimento vigoroso (AGRISTAR, 2012). Como consequência, na cultivar Novita Plus houve maior mobilização de nutrientes e de fotoassimilados para os frutos em detrimento do crescimento vegetativo em relação à cultivar Anita F1.

2. DESDOBRAMENTO DAS DOSES APLICADAS VIA FERTIRRIGAÇÃO

Os dados de SFFF da cultivar Anita F1 nos tratamentos fertirrigados se ajustaram em uma regressão linear (Tabela 4). A máxima produção de SFFF

por planta estimada pela regressão (Figura 1) correspondeu a 700,6 g por planta, obtidos com a dose 170,0 kg ha^{-1} de N.

Tabela 4. Soma de quadrados sequenciais das regressões da produção de frutos nos tratamentos fertirrigados nas cultivares Anita F1 e Novita Plus.

Cultivar	C. da V.[+]	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	p-valor
Anita F1	b1	1	0,103	0,103	7,520	0,009*
	b2	1	0,018	0,018	1,304	0,259^{ns}
	Desvio	1	<0,001	<0,001	0,016	0,900^{ns}
	Erro	47	0,642	0,014		
Novita Plus	b1	1	0,222	0,222	16,257	<0,001*
	b2	1	0,132	0,132	9,655	0,003*
	Desvio	1	0,038	0,038	2,816	0,100*
	Erro	47	0,642	0,014		

[+]Causas de variação * Significativo a 5% [ns] Não significativo

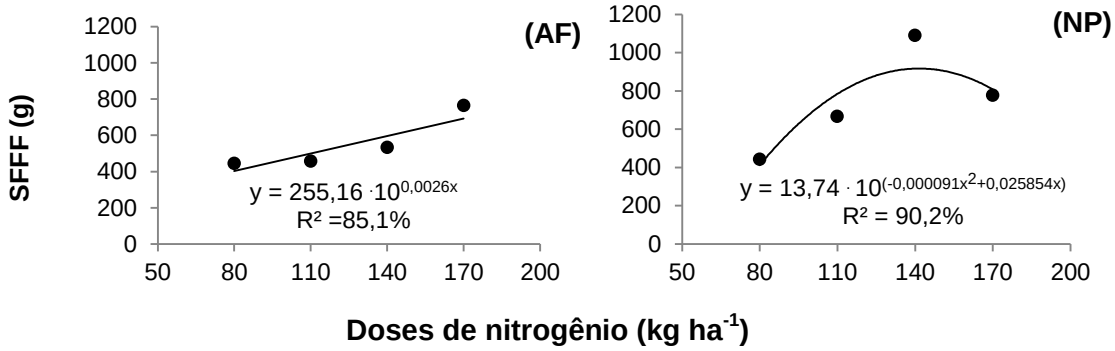

Figura 1 . Produção de frutos de abobrinha italiana nas cultivares Anita F1 (AF) e Novita Plus (NP).

O incremento das doses promoveu o incremento linear da produção, sugerindo que a dose correspondente á máxima produção apresenta valor maior que 170,0 kg ha^{-1}. Vidigal (2007) aponta que, de modo geral, a absorção de nutrientes em hortaliças segue o padrão da curva de crescimento (acúmulo de matéria seca) e Agristar (2012) caracteriza o crescimento de plantas da cultivar Anita F1 como muito vigoroso. Assim, supõe-se que a dose 170,0 kg ha^{-1} de N seja insuficiente para que a cultivar supra a demanda do crescimento vegetativo vigoroso e expresse o máximo potencial produtivo

Para a cultivar Novita Plus, os dados se ajustaram ao modelo de regressão polinomial quadrática. O maior valor de SFFF por planta (Figura 1)

correspondeu a 942,4 g por planta obtidos com a dose 142,0 kg ha^{-1} de N. O incremento da produção verificado entre as doses 80,0 e 142,0 kg ha^{-1} de N é justificado pelo favorecimento da formação do dossel vegetativo e extração de N para formação de frutos (CARRIJO et al, 2004). Esse resultado concorda com Zotarelli et al. (2008), que observou que a produtividade de *C. pepo* cultivar Wildcat na dose 145 kg ha^{-1} de N foi maior em relação à dose 82 kg ha^{-1}, mas não apresentou diferença estatística em relação à dose 217 kg ha^{-1}.

Os dados das variáveis NF e FMF obtidos em reposta às doses aplicadas via fertirrigação não originaram regressão significativa (dados não apresentados).

3. DESDOBRAMENTO DAS DOSES NAS FORMAS DE APLICAÇÃO

Os valores de produção das variáveis SFFF e FMF apresentaram incremento linear em resposta ao aumento das doses aplicadas via fertirrigação, enquanto que os dados de NF se ajustaram em uma regressão polinomial do segundo grau (Tabela 5). Os valores máximos estimados pelas regressões foram 851,8 g por planta e 228,5 g por fruto na dose 170,0 kg ha^{-1} para as variáveis SFFF e FMF respectivamente, enquanto que o maior valor estimado de NF foi 4,0 frutos por planta na dose 138,1 kg ha^{-1} (Figura 2).

Os frutos de abobrinha italiana são colhidos ainda verdes, quando apresentam expressiva taxa de crescimento. Por conta disso, os frutos passam do ponto de colheita em períodos relativamente curtos. Assim, quanto menor o intervalo entre colheitas, maior a padronização dos frutos. Durante a condução do experimento, o intervalo entre colheitas foi mantido em 24 h. Assim, é provável que o aumento das doses de N propiciou o incremento da taxa de crescimento de frutos na média das cultivares, o que refletiu no incremento da FMF.

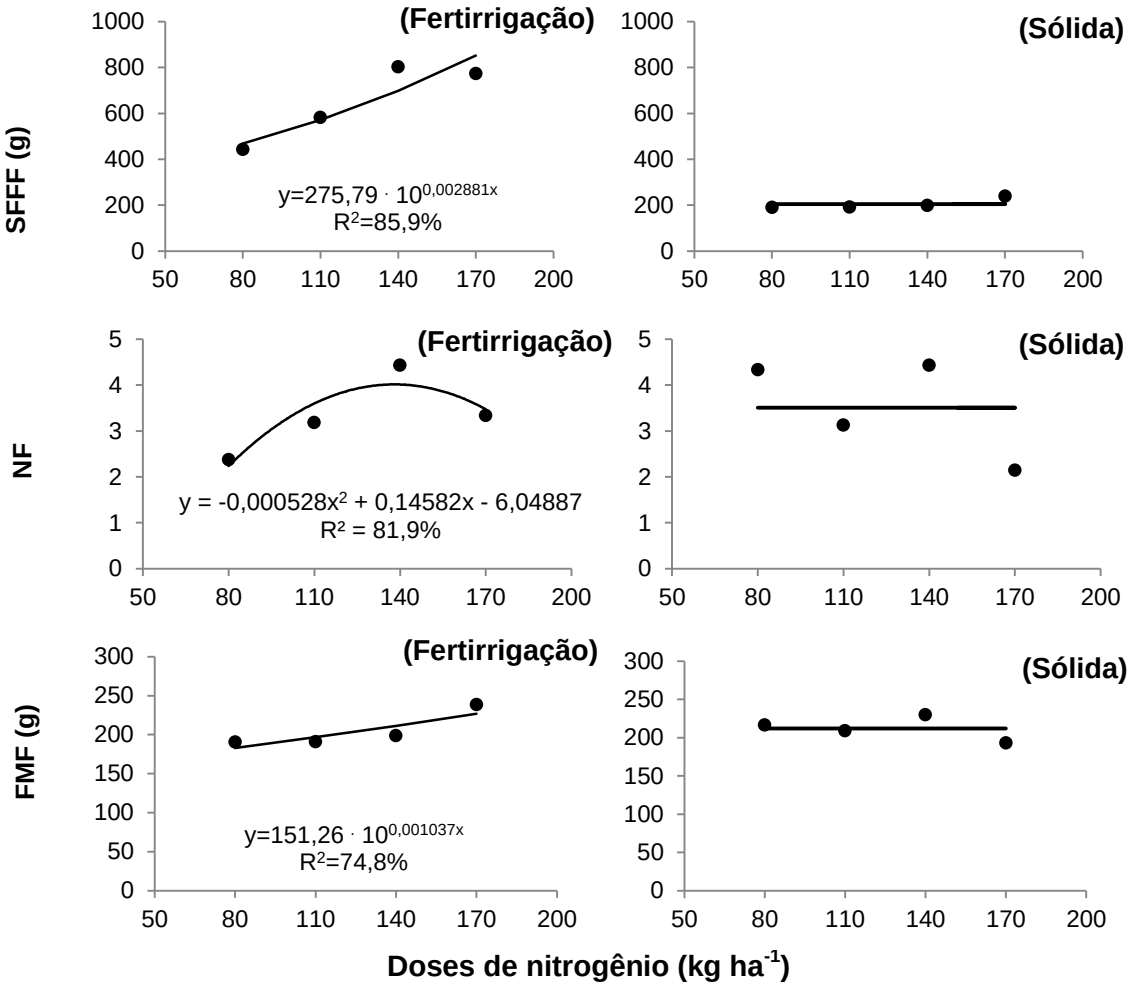

Figura 2 . Valores de SFFF, NF e FMF em resposta às doses aplicadas via fertirrigação e na forma sólida.

Os dados das variáveis SFFF, NF e FMF em resposta às doses aplicadas na forma sólida não originaram regressão significativa (Tabela 5), pois os desvios da regressão foram significativos nas variáveis SFFF e NF, enquanto que na variável FMF os coeficientes não foram significativos.

Tabela 5. Soma de quadrados sequenciais das regressões de SFFF, NF e FMF em resposta às doses aplicadas nas duas formas de aplicação.

Variável	F. A.[+]	C. da V.[++]	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	p-valor
SFFF	Fertirrigação	b1	1	0,318	0,318	2,327	<0,001*
		b2	1	0,039	0,039	2,830	0,099[ns]
		Desvio	1	0,013	0,013	0,984	0,326[ns]
		Erro	47	0,642			
	Sólida	b1	1	0,262	0,262	1,917	<0,000*
		b2	1	0,075	0,075	5,521	0,023*
		Desvio	1	0,425	0,425	3,111	<0,000*
		Erro	47	0,642	0,014		
NF	Fertirrigação	b1	1	7,231	7,231	7,148	0,010*
		b2	1	7,699	7,699	7,611	0,008*
		Desvio	1	3,294	3,294	3,256	0,078[ns]
		Erro	47	4,755	1,012		
	Sólida	b1	1	9,612	9,612	9,502	0,003*
		b2	1	2,010	2,010	1,987	0,165[ns]
		Desvio	1	1,289	1,289	1,275	0,001*
		Erro	47	47,545	1,011		
FMF	Fertirrigação	b1	1	0,041	0,041	1,326	0,001*
		b2	1	0,013	0,013	4,203	0,046*
		Desvio	1	0,001	0,001	0,275	0,602[ns]
		Erro	47	0,146	0,003		
	Sólida	b1	1	0,004	0,004	1,264	0,267[ns]
		b2	1	0,006	0,006	2,056	0,158[ns]
		Desvio	1	0,010	0,010	3,361	0,073[ns]
		Erro	47	0,146	0,003		

[+]Forma de aplicação [++]Causas da variação *Significativo a 5% [ns]Não significativo

CONCLUSÕES

A cultura da abobrinha italiana é responsiva à adubação de N aplicada via fertirrigação conduzida em ambiente protegido.

Na média das doses e das formas de adubação testadas, a cultivar Novita Plus produz maior quantidade de frutos e apresenta maior produtividade em relação a cultivar Anita F1 conduzidas em ambiente protegido.

O aumento das doses de N via fertirrigação propiciou o incremento da fitomassa média de fruto.

A dose 170 kg ha^{-1} de N aplicada via fertirrigação propiciou o maior valor de SFFF na cultivar Anita F1, enquanto que na cultivar Novita Plus, as doses 110,0 e 142,0 kg ha^{-1} propiciaram os maiores valores de NF e SFFF respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRISTAR. Descrição técnica da abobrinha híbrida ANITA F1. Disponível em: <http://www.agristar.com.br/descrtp/abobri-anitaf1.htm>. Acesso em 09 de agosto de 2012.

ALLEN R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. Rome: FAO, 1998. 297p.

ARAÚJO, J. S., ANDRADE, A. P. de, RAMALHO, C. I., AZEVEDO, C. A. V. de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.13, n.2, p.152–157, 2009

ARAÚJO, W. F. Aplicação de água carbonatada em abobrinha cultivada em solo com e sem cobertura plástica. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, 2002, 98 p

BAR-YOSSEF, B. Advances in fertigation. In: SPARKS, D. L. Advances in Agronomy, New York: Academic Press, v. 65, 1999, p 1-75

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6. ed. Viçosa: UFV, 1995. 656 p.

BLANCO, F. F. Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999, 122p.

BLANCO, F. F., FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, 2008, p.122–127

BLANCO, F. F. e FOLEGATTI, M. V. Evaluation of evaporation-measuring equipments for estimating evapotranspiration within a greenhouse. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.2/3, p184-188, 2004

BLANCO, F. F., FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.2, p.251-255, 2002

CARDOSO, A. I. I., SILVA, N., ZANOTTO, M. D., DELLA VECCHIA, P. T. Herança de formato e produção de frutos imaturos em abobrinha (*Cucurbita* moschata). *Scientia agricola*. v.52, n. 3, 1995, p. 543-547.

CARPES, R. H. Variabilidade da fitomassa de frutos de abobrinha italiana e de tomate e o planejamento experimental. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006, 92 p.

CARPES, R. H., LÚCIO, A.D., STORCK, L., ZANARDO, B., PALUDO, A. L. Ausência de frutos colhidos e suas interferências na variabilidade da fitomassa de frutos de abobrinha italiana cultivada em diferentes sistemas de irrigação. *Revista Ceres*. v.55, n. 6, 2008, p 590-595.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R.B.; MAROUELLI, W.A.; ANDRADE, R.J. Fertirrigação de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular técnica, n. 32. 2004. 12p.

CARRIJO, O.A.; SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999, p.155-169

COCUCCI, S.; COCUCCI, M.; POMA TRECCONI, C. Effect of water deficit on the growth of squash fruit. *Plant physiology*, v.36, p.379- 382, 1976

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Eds.). Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994

COELHO, E. F., COSTA, E. L da, BORGES, A, L., NETO, T. M. de A., PINTO, J, M. Fertirrigação. In: INFORME AGROPECUÁRIO. Belo Horizonte: Epamig, v. 31, n. 259, 2010. p 58-70.

COLLA, G., ROUPHAEL, Y., CARDARELLI, M., TULLIO, M., RIVERA, C. M., REA, E. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. *Biology and Fertility of Soils*, v. 44, 2008, p. 501-509.

COUTO, M. R. M., LÚCIO, A. D., LOPES, S. J., CARPES, R. H. Transformações de dados em experimentos com abobrinha italiana em ambiente protegido. *Ciência Rural*. v. 39, n. 6, 2009, p. 1701-1707.

CHRISTIANSEN, E.J. Irrigation by sprinkling. Berkeley: University of California, 1942. 142p.(Bulletttin,670).

EMBRAPA HORTALIÇAS. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/abobrinha.htm>. Acesso em: 02 de agosto de 2012

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p

FAVETA, G. M., BOTREL, T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de modelos. *Scientia Agricola*, v.58, n.2, p.427-430, 2001

FAVILLE, M. J., SILVESTER, W. B., ALLAN GREEN, T. G., JERMYN, W. A. Photossyntetic characteristics of three asparagus cultivars differing in yield. *Crop Science*. v. 39, 1999, p. 1070-1077

FEIJÓ, S., OLIVEIRA, S. J. R. de, STORCK, L., LÚCIO, A. D., DAMO, H. P., MARTINI, L. F. D. Repetibilidade da produção de frutos de abobrinha italiana. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.11, n. 1, p. 39-43, 2005

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003,412p.

FONTES, P. C. R; DIAS, E. N.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. *Horticultura Brasileira*, v.23, n.2, p.275-280, 2005

FONTES, R. R.; LIMA, J. A. Nutrição mineral e adubação do pepino e da abóbora, In: FERREIRA,M.E.; CASTELLANE,P.D.; CRUZ, M.C.P. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 281- 300

GÄRDENÄS, A. I.; HOPMANS, J. W.; HANSON, B. R.; SIMUNEK, J. Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. *Agricultural Water Management*, v.74, p.219–242. 2005

HOLANDA FILHO, R. S. F.; SOUSA, V. F.; AZEVEDO, B. M.; ALCANTARA, R. M. C. M.; RIBEIRO, V. Q.; ELOI, W. M. Efeitos da fertirrigação de N e K_2O na absorção de macronutrientes pela gravioleira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, 2006, p.43-49,

IBGE. Censo agropecuário – 2006: abril/2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>. Acesso em: 27 jul. 2012.

IMTIYAZ, M,; MGADLA, P.N; MANASE, S.K; CHENDO, K.; MOTHOBI, E.O. 2000. Yield and economic return of vegetable crops under variable irrigation.

Irrig. Sci 19: 87-93. Disponível em < http://www.springerlink.com/content/gpl4jnqx3mpj8kbk/>. Acesso em 27/07/2012.

INSTITUTO BASIELIRO DE GOEGRAFIA E ESTATÍSTICA, Censo agropecuário. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtm>. Acesso em: 04 de agosto de 2012.

KELLER, J., KARMELI, D. Trickle Irrigation Design Parameters. *Transactions of the ASAE*, v. 17, n. 4, p 678-684, 1974

LOPES, C. C. Aplicações na horticultura. In: FOLEGATTI, M. V., CASARINI, E., BLANCO, F. F., BRASIL, R. P. C. do, RESENDE, R.S. Fertirrigação: Flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, v. 2, 2001, p. 269-288

LORENTZ, L.H. et al. Variação temporal do tamanho de amostra para experimentos em estufa plástica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.4, p.1043-1049, 2004.

LUCIO A.D; CARPES R.H; STORCK L.; LOPES S.J; LORENTZ L.H; PALUDO A.L. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. *Horticultura Brasileira* 26: 335-341.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.642-650, 2005

PARIS, H. S. Summer squash: history, diversity and distribution. *Hort Techonology*, v.6, n.1,p.6- 13, 1996

PETERSEN, F.H. Water testing and interpretation. In: REED, D.W. (Ed.) Water, media, and nutrition for greenhouse crops. Batavia: Ball, 1996. cap.2, p.31-49

PIRES R.C de M., SAKAI, E., ARRUDA, F.B, CALHEIROS, R. de O. 2000. Manejo da irrigação em hortaliças. *Horticultura Brasileira*,18: 147-157

SAKATA SEED SUDAMÉRICA LTDA. Catálogo de produtos. Disponível em: <http://200.245.57.132/index.php?action=catalogo&cultura=4&produto=45&language=pt>. Acesso em: 09 de agosto de 2012.

SCHLICHTING, C.D.; STEPHENSON, A.G.; SMALL, L.E. Pollen load and progeny vigor in *Cucurbita pepo*: the next generation. *Evolution*, v.44, n.5, p.1358-1372, 1990

SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A. Fertirrigação na EMBRAPA Hortaliças. In: FOLEGATTI, M. V. (coord.) Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. cap.5, p.433-440

STEPHENSON, A.G.; DEVLIN, B.; HORTON, J.B. The effects of seed number and prior fruit dominance on the pattern of fruit production in *Cucurbita pepo* (zucchini squash). *Annals of Botany*, v.62, n.6, p.653-661, 1988.

STRASSBURGER, A. S., PEIL, R. M. N., FONSECA, L .A. da, AUMENODE, T. Z. Crescimento e produtividade da abobrinha italiana: efeito da concentração iônica da solução nutritiva Semina: *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 553-564, 2011.

STRECK, L. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da abóbora italiana em estufa plástica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.11, n.1, p.43-52, 2003

TRANI, P.E.; RAIJ, B. Hortaliças. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto agronômico/Fundação IAC, 1996. p.164. (Boletim técnico, 100)

VIDIGAL, S. M., PACHECO, D. D., FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida tipo Tetsukabuto. *Horticultura Brasileira*, v. 25, 2007, p 375-380.

WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers. *Scientific Agricultural*, v.27, p.565-583, 1947

ZOTARELLI, L., DUKES,M. D., SCHOLBERG, J. M. HANSELMAN, J., LE FEMMINELLA, K., MUñOZ-CARPENA R. Nitrogen and water use efficiency of zucchini squash for a plastic mulch bed system on a sandy soil. *Scientia Horticulturae*. v.116, 2008, p 8–16.

CAPÍTULO 2

ESTIMATIVA DA FITOMASSA FRESCA DE FRUTOS DE ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.)

ESTIMATIVA DA FITOMASSA FRESCA DE FRUTOS DA ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.)

RESUMO . Os frutos de abobrinha italiana são colhidos ainda verdes, enquanto apresentam expressiva taxa de crescimento. O ponto de colheita da abobrinha italiana é definido com base no comprimento do fruto, critério satisfatório para o olericultor padronizar a produção. Por outro lado, há a necessidade de se estabelecer um ponto de colheita com base na fitomassa fresca do fruto, o que viabilizaria a realização de trabalhos que acompanham o incremento de fitomassa do fruto. Os objetivos deste trabalho foram propor um modelo linear que estime a fitomassa fresca de frutos (FFF) utilizando variáveis como comprimento (C), maior diâmetro de fruto (D) e combinação destas, possibilitando a obtenção de FFF através de uma análise não destrutiva, e validar o modelo utilizando-se uma amostra dos dados coletados. Utilizou-se 118 e 52 medidas de frutos da cultivar Novita Plus para ajustar e validar o modelo respectivamente. Os coeficientes dos modelos foram validados pelo teste t a 25% de significância. Nos modelos originados procedeu-se a análise de resíduos, sendo este composto pelo teste de Shapiro-Wilk para a normalidade dos erros e teste de Breusch-Pagan para a homogeneidade das variâncias. Utilizou-se o índice de desempenho de Camargo e Sentelhas (1997) como critério final para a seleção dos modelos. Três modelos estimadores da FFF foram obtidos para a cultivar Novita Plus, enquanto que nenhum modelo para a cultivar Anita F1 apresentou homocedasticidade.

Palavras chave: coeficiente estatístico, modelo preditor, abobrinha italiana.

ABSTRACT . The fruits of zucchini are harvested unripe, while presenting substantial rate of growth. The point of harvest of zucchini is defined based on the fruit length. It is enough to the grower standardize his production. Moreover, there is a need to establish a harvest point based on the fresh weight of fruit, which would allow studies accompanying the increase of biomass of fruits. The objective of this work is to propose a model to estimate the fruit fresh

biomass (FFF) using variables such as fruit length (C), fruit greater diameter (D) and combination of them, making possible to obtain FFF through a nondestructive analysis. We collected measures of C and D of 162 Anita F1 fruits and 169 Novita Plus fruits. The coefficients of the models were validated by the test t at 25% significance level. We proceeded the residual analysis, which is composed of the Breusch-Pagan test for homogeneity of variances and the Shapiro-Wilk test for normality of errors. We used the performance index as a criterion for selecting the final models. Three estimator models of the FFF were obtained for the Novita Plus variety, while no model for Anita F1 variety presented homoscedasticity

Keywords: statistical coefficient, predictor model, zucchini

INTRODUÇÃO

A abobrinha italiana é uma hortaliça de grande importância econômica principalmente na região sul do país, onde apresenta grande aceitação pelo consumidor e como uma opção de diversificação da produção. Vários pratos culinários podem ser feitos com abobrinha, como refogados, empanados e frituras. Os frutos são de fácil digestão, com poucas calorias e rico em vitaminas do complexo B.

A abobrinha é tradicionalmente comercializada em caixas confeccionadas em madeira com capacidade para 24 quilos. Esse tipo de embalagem ocasiona danos nos frutos, diminuição da qualidade do produto e da aceitação pelo consumidor. Assim, existe um nicho de mercado para as embalagens diferenciadas, feitas em isopor, cobertas com filme plástico e geralmente pesando menos de um quilo. Os frutos têm melhor apresentação e maior aceitação pelo consumidor, o que resulta em agregação de valor. Por outro lado, demandam-se frutos com massa bem mais uniforme em relação à venda por atacado, para que a massa de frutos embalados se aproxime da massa nominal do conjunto.

O ponto de colheita da abobrinha italiana é definido tendo por base o comprimento do fruto. Apesar de ser suficiente para o produtor, esse critério pode ser insuficiente para a elaboração de trabalhos científicos que visem o acompanhamento do crescimento do fruto. É necessário que haja um ponto de colheita que tenha por base a fitomassa do fruto.

Para subsidiar a elaboração de tal ponto de colheita, esse trabalho objetivou ajustar um modelo linear que prediga a fitomassa fresca de frutos de abobrinha italiana utilizando como variáveis o comprimento e o maior diâmetro do fruto.

REVISÃO DE LITERATURA

1. REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

A análise de Regressão Múltipla é uma técnica que objetiva estudar a relação entre variáveis dependentes e independentes. O modelo clássico foi elaborado por Gauss no período de 1809 a 1921, em trabalhos na área de astronomia (SOUZA, 2011). A metodologia visa obter um modelo estimador da variável dependente através de duas ou mais variáveis independentes (KASZNAR, 2012). Assim, para uma unidade de aumento em X_k, supondo ortogonalidade entre as variáveis independentes, haverá uma variação de Y.

Segundo Hoffman e Viera (1977), o formato geral da Regressão Múltipla pode ser escrito como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ... + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

Em que:

Y – Variável dependente;

β_0 – Coeficiente linear;

β_k – Coeficientes das variáveis;

X_k – Variáveis independentes.

ε – Resíduo

Como se pode observar na equação 1, o modelo geral da Regressão Múltipla admite a existência de um erro. Para que o modelo apresente confiabilidade razoável na estimativa da variável dependente, é necessário que o erro apresente média nula, não correlação entre si e variância constante. Essas condições são verificadas *a posteriori*, na análise de resíduos (MATOS, 1995).

É adequado ajustar uma regressão linear para dados cuja relação entre os valores medidos e preditos seja linear. Essa relação pode ser observada em um gráfico dos valores preditos em função dos valores medidos. Caso não se observe a linearidade dos dados, sugere-se que seja ajustado um modelo não linear (MATOS, 1995).

2. MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS

Segundo Zimmermann (2004), utiliza-se a seguinte equação para estimar os coeficientes da regressão:

$$Y = X\beta + \varepsilon \qquad (2)$$

Em que:

Y – Vetor das observações;

X – Matriz dos coeficientes das variáveis;

β – Vetor dos coeficientes da regressão;

ε – Vetor dos resíduos.

A primeira coluna da matriz dos coeficientes das variáveis se refere ao efeito da média, enquanto que a segunda coluna é composta pelos valores da variável independente. Assim, a matriz assume a seguinte forma:

$$\begin{matrix} 1 & i_1 \\ 1 & i_2 \\ \ldots & \ldots \\ 1 & i_n \end{matrix}$$

Em que:

i_n – valor da enésima variável independente.

A soma de quadrados dos erros é dada por ε'ε. Substituindo na equação 2, temos:

$$\varepsilon'\varepsilon = (Y - X\beta)'(Y - X\beta) = (Y' - X'\beta')(Y - X\beta)$$

$$\varepsilon'\varepsilon = Y'Y - Y'X\beta - \beta'X'Y + \beta'X'X\beta \qquad (3)$$

Dentre os métodos de estimativa dos coeficientes β da regressão linear múltipla, cita-se o método dos mínimos quadrados (equação 4), que objetiva encontrar o melhor ajuste de um conjunto de dados minimizando a soma de quadrados das diferenças entre valores obtidos e estimados ou resíduos ε

(ZIMMERMANN, 2004). A obtenção do vetor dos coeficientes é obtido pela equação:

$$\beta = (X'X) - X'Y \quad (4)$$

Em que:

β – Vetor dos coeficientes;

X' – Matriz transposta dos coeficientes das variáveis;

X – Matriz dos coeficientes das variáveis;

Y – Vetor das observações.

3. ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANAVA)

A ANAVA consiste na decomposição dos graus de liberdade e da variação total em partes conhecidas e independentes e uma porção residual, de causa desconhecida e natureza aleatória (BANZATO e KRONKA, 1989). No caso do delineamento inteiramente casualizado, uma parte será causada pelo efeito dos tratamentos e outra será de natureza aleatória, que compreende todas as variações não explicadas (MATOS, 1995). A precisão em separar o erro experimental e a variância natural entre parcelas é incrementada pelo aumento do número de repetições (SNEDECOR, 1934).

Há dois pressupostos que precisam ser atendidos para que a ANAVA seja confiável, os resíduos apresentam distribuição normal com variância homogênea e os efeitos são aditivos (ZIMMERMANN, 2004). Assim, podemos decompor a variância em:

$$Y_n = m + X_n + \varepsilon_n \quad (5)$$

Em que:

Y_n – Valor da n-ésima observação;

m – Efeito da média;

t_n – Efeito da variável X_i na n-ésima observação;

ε_n – Efeito do n-ésimo erro na n-ésima observação.

A soma de quadrados totais (ST) é dada pela equação 6. Esse valor é composto por duas partes: a soma de quadrados da regressão (SR) e a soma de quadrados do erro (SE). A SR é calculada pela equação 7, enquanto que a SE é dada pela diferença entre a ST e SR.

$$ST = Y'Y - \frac{G^2}{n} \quad (6)$$

Em que:

ST – Soma de quadrados totais;

Y´ – Transposta do vetor das observações;

G – Soma das observações;

n – Número de observações.

$$SR = \hat{\beta}X'Y - \frac{G^2}{n} \quad (7)$$

Em que:

SR – Soma de quadrados da regressão;

$\hat{\beta}$ – Vetor dos coeficientes das variáveis;

X' – Matriz transposta das variáveis;

Y – Vetor das observações;

G – Soma das observações;

n – Número de observações.

A decisão de considerar a regressão significativa é realizada com o teste F. Para a rejeição ou não da hipótese nula, que pode ser entendida como regressão não significativa, é comparada o valor da probabilidade na função densidade de probabilidade correspondente ao valor F obtido na analise de variância com o nível de significância estipulado pelo pesquisador. Segundo Zimmermann (2004), o valor de F é calculado através de:

$$F = \frac{SR}{p} \cdot \left(\frac{SE}{n-p-1} \right)^{-1} \quad (8)$$

Em que:

F – Valor F;

SR – Soma de quadrados da regressão;

p – Número de variáveis regressoras do modelo;

SE – Soma de quadrados do erro;

n – Número de observações.

4. COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO

O coeficiente de determinação (equação 9) pode ser entendido como a proporção da variação da variável dependente que é explicada pela regressão. A qualidade do ajuste da regressão será tanto maior quanto o coeficiente de determinação (R^2) se aproximar da unidade (MATOS, 1995).

$$R^2 = \frac{SR}{ST} \qquad (9)$$

Em que:

R^2 – Coeficiente de determinação;

SR – Soma de quadrados da regressão;

ST – Soma de quadrados total.

5. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS

A inclusão das variáveis no modelo pode ser de forma arbitrária. Variáveis compostas a partir das variáveis simples podem ser admitidas e ocasionalmente permanecer no modelo. Por exemplo: inclui-se as variáveis X_1 e $1/X_1$ e o método de seleção de variáveis (*backward*, *forward* ou *stepwise*) pode sugerir a permanência de quaisquer variáveis (MATOS, 1995).

5.1 Eliminação para trás ou backward elimination

A eliminação para trás ou *backward elimination* é um método de seleção dos coeficientes que parte do modelo proposto com todas as variáveis. Em cada estágio é eliminada a variável cuja ausência origina um modelo reduzido com menor soma de quadrados do resíduo (MATOS,1995).

A partir do modelo original completo com p variáveis, são originados p-1 modelos reduzidos. Cada modelo reduzido apresentará p-1 variáveis e uma estatística F, conforme a equação:

$$F_{p-1} = \frac{SE_{p-1} - SE_p}{QME_o} \qquad (10)$$

Em que:

F_{p-1} – Valor de F do modelo reduzido com p-1 variáveis;

SE_{p-1} – Soma de quadrados do resíduo do modelo reduzido com p-1 variáveis;

SE_p – Soma de quadrados do resíduo do modelo com p variáveis;

QME_o – Quadrado médio do resíduo do modelo original completo.

A variável cuja ausência originou um modelo com menor valor de F é eliminada do modelo proposto, verificando-se a condição:

$$F_{p-1} \leq F_{\alpha}(1, n-p-1) \qquad (11)$$

Em que:

F_{p-1} – Valor de F do modelo reduzido com p-1 variáveis;

α – Nível de significância adotado;

n – Número de observações;

p – Número de variáveis.

Caso a variável seja eliminada, repete-se o processo. O modelo proposto sem a variável eliminada passa a ser o novo modelo completo. No segundo passo, o cálculo do F passa a ser:

$$F_{p-2} = \frac{SE_{p-2} - SE_{p-1}}{QME_o} \qquad (12)$$

Em que:

F_{p-2} – Coeficiente F do modelo com p-2 variáveis;

SE_{p-2} – Soma de quadrados do resíduo do modelo com p-2 variáveis;

SE_p – Soma de quadrados do resíduo do modelo com p-1 variáveis;

QME_o – Quadrado médio do resíduo do modelo original completo.

5.2 Eliminação para frente ou forward elimination

O primeiro passo é originar um modelo com a variável independente que apresenta maior correlação com a variável dependente. A partir deste modelo reduzido, é adicionada uma variável. Assim, são originados p-1 modelos. A variável cuja adição originou a regressão de menor SQE é mantida e o modelo resultante é o novo modelo reduzido. Assim, os novos modelos reduzidos apresentarão menor soma de quadrados do resíduo sucessivamente (MATOS, 1995). Para verificar se a redução na soma de quadrados do resíduo em cada etapa é significativa, utiliza-se o teste F:

$$F_{p+1} = \left(SE_p - SE_{p+1}\right) \cdot \left(\frac{SE_{p+1}}{n - p - 2}\right)^{-1} \qquad (13)$$

Em que:

F_{p+1} – Coeficiente F do modelo com p+1 variáveis;

SE_p – Soma de quadrados do resíduo do modelo com p variáveis;

SE_{p+1} – Soma de quadrados do resíduo do modelo com p+1 variáveis;

n – Número de observações;

p – Número de variáveis.

O processo de adição de variáveis continua até que todas as variáveis sejam adicionadas ou que a condição expressa na equação 14 seja satisfeita:

$$F_{p+1} \geq F_{\alpha}(1, n-p-1) \quad (14)$$

Em que:

F_{p+1} – Coeficiente F do modelo com p+1 variáveis;

α – Nível de significância adotado;

n – Número de observações;

p – Número de variáveis.

5.3 Eliminação passo a passo ou stepwise

Esse procedimento resulta da combinação dos procedimentos *backward* e *forward*, mas conduz a melhores resultados (MATOS, 1995). O procedimento é iniciado igual ao *forward*, mas no final de cada etapa é realizada uma eliminação de variável igual ao *backward*.

5.4 Seleção dos parâmetros pelo teste t

Segundo Zimmermann (2004), o cálculo do coeficiente t se inicia com o a obtenção da matriz das covariâncias, conforme a equação:

$$MCov = (X'X)^{-1} \cdot s^2 \quad (15)$$

Em que:

MCov – Matriz das covariâncias ;

X – Matriz das variáveis;

s^2 – Quadrado médio do resíduo ou falta de ajustamento.

Só é possível utilizar o quadrado médio do resíduo quando se trata de regressão com repetição. Para regressão sem repetição, utiliza-se erro estimando pela falta de ajustamento. A diagonal principal da matriz das covariâncias apresenta os valores de variância do coeficiente b_i, da seguinte forma:

$$\begin{matrix} V(\beta_1) & - & - & - & - \\ - & V(\beta_2) & - & - & - \\ - & - & V(\beta_3) & - & - \\ - & - & - & ... & - \\ - & - & - & - & V(\beta_i) \end{matrix}$$

Em que:

V (β_i) – Variância do coeficiente $\beta_{i;}$

– – Valor hipotético.

O coeficiente t de Student é dado por:

$$t = \frac{\beta_i}{V(\beta_i)} \qquad (16)$$

Em que:

t – Coeficiente t de Student;

β_i – Coeficiente da variável X_i do modelo;

V(β_i) – Variância do coeficiente β_i.

Habitualmente conservam-se as variáveis que apresentarem valores de t maior ou igual a 3 (MATOS, 1995).

6. ANÁLISE DE RESÍDUOS

6.1 Homogeneidade dos resíduos

A homocedasticidade é um dos pressupostos do modelo estimado pelo método dos mínimos quadrados. Na regressão com repetição, a perda de eficiência na utilização deste método devido á heterocedasticidade pode ser substancial e, mais importante, o viés na estimativa do erro padrão pode levar a inferências inválidas (BREUSCH e PAGAN, 1979).

A verificação da homogeneidade das variâncias pode ser realizada em um gráfico com os resíduos em função dos valores preditos. Caso os pontos apresentarem um aspecto de mancha de largura uniforme ao longo do eixo y, não há motivo para desconfiar da existência de heterocedasticidade (MATOS,

1995). O teste de Breusch-Pagan pode ser utilizado para testar a hipótese nula da homogeneidade dos resíduos (BREUSCH e PAGAN, 1979).

6.2 Normalidade dos resíduos

A curva de distribuição normal apresenta curtose igual a zero e assimetria nula. Caso a distribuição de probabilidade dos resíduos se aproxime destas características, aumenta-se a possibilidade de não rejeitar-se a homogeneidade de variâncias. Conagin et al. (1993) observou em seis mil simulações que à medida que cresceu a assimetria e a curtose da distribuição, aumentou a rejeição da hipótese de variâncias iguais.

A verificação da normalidade dos resíduos pode ser realizada de forma gráfica, traçando-se os resíduos no gráfico de probabilidade normal. O teste de Shapiro-Wilk pode ser utilizado para testar hipótese nula de normalidade dos resíduos (SHAPIRO e WILK, 1965).

7. COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

O coeficiente de correlação de Pearson (r) permite quantificar o grau de dispersão dos dados em torno da média, ou seja, o erro aleatório (CAMARGO e CAMARGO, 2000). Logo, pode ser tomado como uma medida de precisão do modelo. O coeficiente é dado por:

$$r = \frac{\sum (x_1 - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum (x_i - \bar{x})^2\right] \cdot \left[\sum (y_i - \bar{y})^2\right]}} \qquad (17)$$

Em que:

r – Coeficiente de correlação de Pearson;

x_i – Valor da i-ésima observação;

$\bar{x}$ – Valor da média das observações;

y_i – Valor da i-ésima estimativa;

$\bar{y}$ – Valor da média das estimativas.

O coeficiente deve ser interpretado apenas quando correlação entre as variáveis for linear. Caso os dados apresentem correlação de outra natureza, como logarítmica, exponencial ou potencial, a interpretação do r de Pearson é pouco confiável. Assim, o coeficiente é adequado para calcular a correlação entre valores observados e valores estimados por um modelo linear (FILHO e JÚNIOR, 2009).

O coeficiente r apresenta valor no intervalo entre -1 e 1. Valores próximos a 1 indicam alta correlação positiva, valores próximos a -1 indicam alta correlação negativa e valores próximos a 0 não indicam correlação linear entre as variáveis. Neste caso, a provável correlação não linear deve ser verificada por outros métodos (FILHO e JÚNIOR, 2009). O valor de r pode ser interpretado conforme a Tabela 6.

Tabela 6. Interpretação do coeficiente r.

Valor de r	Intensidade da correlação
0,1 - 0,3	Fraca
0,4 - 0,6	Moderada
0,7 - 1,0	Forte

Fonte: Dancey e Reidy (2005)

O erro aleatório pode ser visualizado na Figura 3. O modelo 1 apresenta r = 0,91 com os valores medidos enquanto que o modelo 2 apresenta r = 0,76. Consequentemente, os dados estimados pelo modelo 2 apresentam um grau de dispersão bem maior em relação à media.

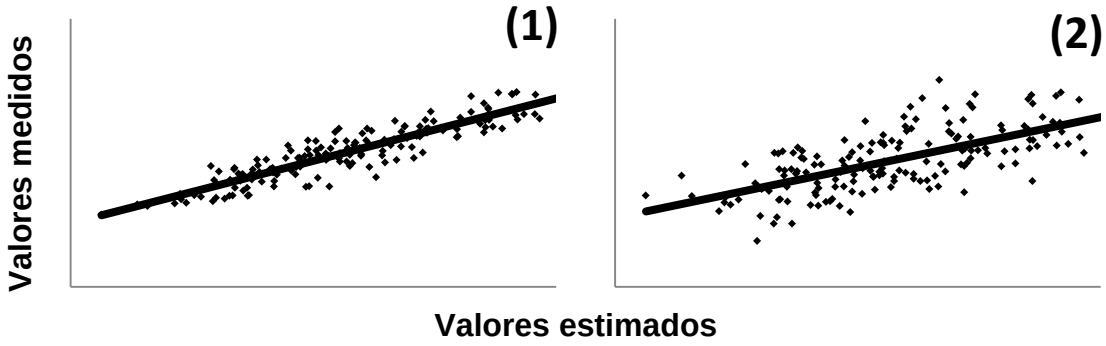

Figura 3 . Dispersão dos dados em torno da média de dois modelos hipotéticos

8. ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA

A análise gráfica dos valores estimados e observados em relação à reta 1:1 permite observar a aproximação destes entre si. Essa aproximação esta relacionada com a exatidão do modelo e com a presença de erro sistemático (CAMARGO e CAMARGO, 2000).

O índice de concordância d (WILLMOTT, 1981) expressa matematicamente a aproximação dos valores da reta 1:1, o que permite quantificar a exatidão do modelo. O índice de concordância d é calculado por:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum \left(E_i - M_i \right)^2}{\sum \left(\left| E_i - \overline{M} \right| + \left| M_i - \overline{M} \right| \right)^2} \right] \qquad (18)$$

Em que:

E_i – i-ésimo valor estimado;

M_i – i-ésimo valor medido;

$\overline{M}$ - Média dos valores medidos.

O índice d apresenta valores entre 0, para nenhuma concordância, e 1, para concordância perfeita. Isso significa que se a média dos valores estimados se aproximarem da média dos valores observados, o índice de concordância se aproximará de 1.

Na Figura 3 são apresentados dois modelos que apresentam a mesma precisão com os valores observados (r = 0,91), enquanto que o modelo 1 apresenta d = 0,95 e o modelo 2 apresenta d = 0,58. Desta forma, os valores estimados pelo modelo 2 podem ser considerados precisos, mas inexatos.

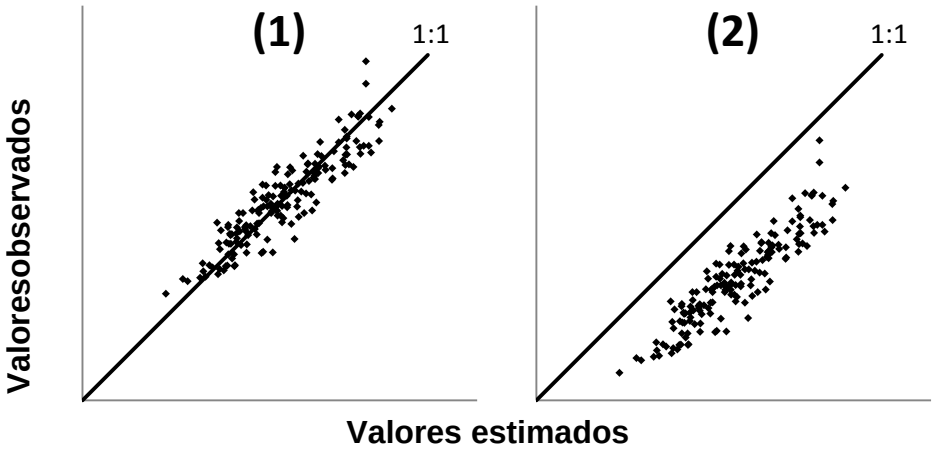

Figura 4 . Aproximação da reta 1:1 dos valores estimados de dois modelos hipotéticos.

9. ÍNDICE DE DESEMPENHO

O índice de desempenho (c) proposto por Camargo e Camargo (2000) mede a confiabilidade do modelo proposto, reunindo as características de precisão e exatidão do modelo. O valor do c varia de 0 a 1, sendo que o valor máximo representa confiança perfeita e o valor mínimo, confiança nula. Camargo e Sentelhas (1997) sugerem uma interpretação do valor do índice, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Interpretação do coeficiente c.

Valor de c	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,85 – 0,76	Muito bom
0,75 – 0,66	Bom
0,65 – 0,61	Mediano
0,60 – 0,51	Ruim
0,50 – 0,41	Mau
< 0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997)

O índice é calculado da seguinte forma:

$$c = r \cdot d \qquad (19)$$

Em que:

c – Índice de desempenho;

r – Coeficiente de correlação de Pearson;

d – Índice de concordância.

MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados foi composto por 169 e 162 medidas de frutos das cultivares Anita F1 e Novita Plus respectivamente, de padrão comercial. Os frutos foram produzidos em ambiente protegido, de acordo com metodologia descrita no capítulo 1.

O comprimento dos frutos (C) foi obtido com régua graduada em mm, variando entre 12,2 – 21,1 e 12,2 – 20,3 cm para as cultivares Anita F1 e Novita Plus respectivamente. O diâmetro de fruto (D) correspondeu a maior medida de diâmetro do fruto, obtido com auxílio de paquímetro graduado em mm, variando entre 3,1 – 7,0 e 3,1 – 7,4 para as cultivares Anita F1 e Novita Plus respectivamente.

Os coeficientes da regressão foram obtidos pelo método dos mínimos quadrados (equação 4). A validação dos modelos foi realizado com o auxílio do teste t a 25% de significância, utilizando-se variáveis C, D, C·D, C^2, D^2 e $C^2 \cdot D^2$ combinadas conforme Tabela 8. Procedeu-se a análise de resíduos, na qual se utilizaram o teste de Breusch-Pagan para testar a homogeneidade das variâncias e o teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos resíduos. O índice de desempenho (equação 22) foi utilizado como último critério de seleção dos modelos. A análise dos dados foi realizada com o auxilio dos softwares SISVAR e ACTION 2.4.

Tabela 8. Conjunto de variáveis testadas pelo teste t.

Nome da equação	Variáveis da equação
M 1	$C + D$
M 2	$C^2 + D$
M 3	$C + D^2$
M 4	$C^2 + D^2$
M 5	$C + D + C^2$
M 6	$C + D + D^2$
M 7	$C + D + CD$
M 8	$C + C^2 + D^2$
M 9	$C + D^2 + CD^2$

Tabela 8, Cont.

Nome da equação	Variáveis da equação
M 10	$D + C^2 + D^2$
M 11	$D + C^2 + C^2 \cdot D$
M 12	$C + C^2 + D^2 + C \cdot D^2$
M 13	$C + C^2 + D^2 + C^2 \cdot D^2$
M 14	$C + D + C^2 + C^2 \cdot D$
M 15	$C + D + C^2 + D^2$
M 16	$C + D + D^2 + C^2 \cdot D$
M 17	$C + D + C \cdot D + C^2$
M 18	$C + D + C \cdot D + D^2$
M 19	$D + C^2 + D^2 + C^2 \times D$
M 20	$D + C^2 + D^2 + C^2 \times D^2$
M 21	$C + D + C^2 + D^2 + C^2 \times D^2$
M 22	$C + D + C^2 + D^2 + C \times D$
M 23	$C + D + C \cdot D + C^2 + D^2 + C^2 \cdot D^2$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. MODELOS VALIDADOS PELO TESTE T

O coeficiente t é uma relação entre o valor do coeficiente β_i da variável X_i pela variância do mesmo (equação 16). Quanto menor o valor do coeficiente t, maior o p-valor obtido a partir da distribuição de probabilidade t de Student. Assim, aumenta-se a probabilidade do p-valor ser maior que o nível de significância adotado e de rejeição da hipótese de permanência do coeficiente no modelo.

Tabela 9. Modelos validados para a cultivar Novita Plus

Modelo	Variáveis	β estimado	p-valor do teste t
M 1	b_0	-287,5734	<0,0001
	C	13,5668	<0,0001
	D	54,6246	<0,0001
M 2	b_0	-172,9625	<0,0001
	C^2	0,3979	<0,0001
	D	54,5810	<0,0001
M 3	b_0	-156,5654	<0,0001
	C	13,5078	<0,0001
	D^2	5,6400	<0,0001
M 4	b_0	-42,6409	<0,0001
	C^2	0,3963	<0,0001
	D^2	5,6368	<0,0001
M 5	b_0	-452,4949	0,0001
	C	33,2456	0,014
	D	54,7774	<0,0001
	C^2	-0,5834	0,1424
M 8	b_0	-306,2273	0,0076
	C	31,4100	0,0208
	C^2	-0,5307	0,1845
	D^2	5,6524	<0,0001
M 23	b_0	1755,9998	0,0356
	C	-137,0705	0,0383
	D	-551,4668	0,0152
	$C \cdot D$	35,0095	0,0088
	C^2	1,8495	0,0734
	D^2	30,7596	0,0085
	$C^2 \cdot D^2$	-0,1010	0,0096

Observa-se nas Tabelas 9 e 10 que vários modelos foram validados pelo teste t. Em parte, isto ocorreu porque o nível de significância utilizado foi 25%. Matos (1995) sugere que, caso se pretenda manter variáveis no modelo, é possível utilizar significância de 25%. A validação de maior número de modelos pelo teste t é benéfica, pois outros métodos de exclusão de modelos poderão ser aplicados.

Tabela 10. Modelos validados para a cultivar Anita F1.

Modelo	Variáveis	β estimado	p-valor do teste t
M 1	b_0	-326,0505	< 0,0001
	C	15,2854	< 0,0001
	D	55,9855	< 0,0001
M 2	b_0	-198,6886	< 0,0001
	C^2	0,4551	< 0,0001
	D	55,8403	< 0,0001
M 3	b_0	-185,9299	< 0,0001
	C	15,5908	< 0,0001
	D^2	5,3124	< 0,0001
M 4	b_0	-56,4469	< 0,0001
	C^2	0,4643	< 0,0001
	D^2	5,2985	< 0,0001
M 6	b_0	-439,4138	< 0,0001
	C	15,0043	< 0,0001
	D	102,1424	0,0004
	D^2	-4,4414	0,1027
M 10	b_0	-314,0114	< 0,0001
	D	101,8604	0,0005
	C^2	0,4466	< 0,0001
	D^2	-4,4281	0,1077
M 13	b_0	-173,2004	0,0996
	C	24,6696	0,0433
	C^2	-0,6239	0,1089
	D^2	2,0908	0,0753
	$C^2 \cdot D^2$	0,0131	0,0054

Tabela 10, Cont.

Modelo	Variáveis	β estimado	p-valor do teste t
M 14	b_0	-272,4267	0,0173
	C	25,6927	0,0315
	D	29,1139	0,0154
	C^2	-0,8676	0,0502
	$C^2 \cdot D$	0,1076	0,0219
M 21	b_0	-421,3624	0,0021
	C	24,8790	0,0374
	D	84,9116	0,0052
	C^2	-0,5175	0,1758
	D^2	-4,8474	0,0747
	$C^2 \cdot D^2$	0,0083	0,0863
M 23	b_0	1311,6595	0,1544
	C	-118,8354	0,1205
	D	-378,0734	0,1234
	$C \cdot D$	29,2240	0,0578
	C^2	1,6390	0,1703
	D^2	17,3098	0,1478
	$C^2 \cdot D^2$	-0,0796	0,0873

2. ANÁLISE DE RESÍDUOS

Para a cultivar Anita F1, a interpretação do p-valor do teste de Shapiro-Wilk para cada modelo aponta a não rejeição da hipótese de normalidade dos resíduos. Por outro lado, o teste de Breusch-Pagan sugere a rejeição da hipótese de homocedasticidade para todos os modelos. Assim, os modelos validados pelo teste t (Tabela 10) não apresentam estimativa confiável da FFF para esta cultivar. A importância da homocedasticidade do modelo é ressaltada por Breusch e Pagan (1979), que apontam que o viés da estimativa do erro padrão pode levar a inferências inválidas. A Figura 5 mostra graficamente a heterocedasticidade em dois modelos.

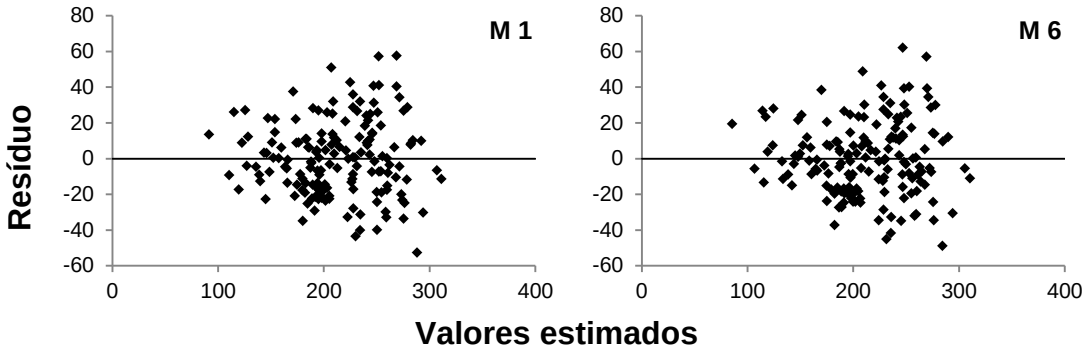

Figura 5 . Incremento da variância com o aumento dos valores estimados pelos modelos M 1 e M 6.

Observa-se na Figura 5 um efeito de aumento da variância em formato de cone nos modelos M 1 e M 6. Isso quer dizer que as estimativas de menores valores de FFF apresentaram maior precisão, enquanto maiores valores estimados de FFF apresentaram menor correlação com os valores medidos. Portanto, sugere-se que o modelo estimador da FFF da cultivar Anita F1 não seja linear ou que possa ser ajustado por um método de ajuste de modelos lineares generalizados.

Em frutos jovens de Anita F1, observa-se um padrão de crescimento mais regular e cilíndrico. No entanto, esse padrão torna-se mais desuniforme ao longo do incremento de fitomassa do fruto. Assim, em frutos maiores, observa-se que o diâmetro apresenta maior variação ao longo do comprimento do fruto.

Além disso, a tortuosidade dos frutos aumenta com o incremento do comprimento. A cultivar Anita F1 apresenta crescimento vigoroso (AGRISTAR, 2012) e porte alto o suficiente para que o fruto, durante alguma fase do crescimento, não fique encostado no chão. Devido à força da gravidade, o fruto desenvolve uma tortuosidade, geralmente no terço basal, o que diminui a correlação do comprimento com a FFF.

O teste t validou todos os coeficientes de sete modelos para a cultivar Novita Plus (Tabela 9), porém apenas três modelos apresentaram homogeneidade das variâncias (Tabela 11). Na Figura 6 é possível observar que os resíduos encontram-se aleatoriamente distribuídos ao longo da média.

Tabela 11. Resultados do teste de homocedasticidade e normalidade dos resíduos para os modelos de frutos da cultivar Novita Plus.

Modelo	p-valor do TSW*	p-valor do TBP**
M 1	0,4756	0,0984
M 2	0,3943	0,0487
M 3	0,6207	0,0385
M 4	0,5774	0,0142
M 5	0,4505	0,2724
M 8	0,5559	0,1405
M 23	0,3312	0,8397

* Teste de Shapiro-Wilk, **Teste de Breusch-Pagan

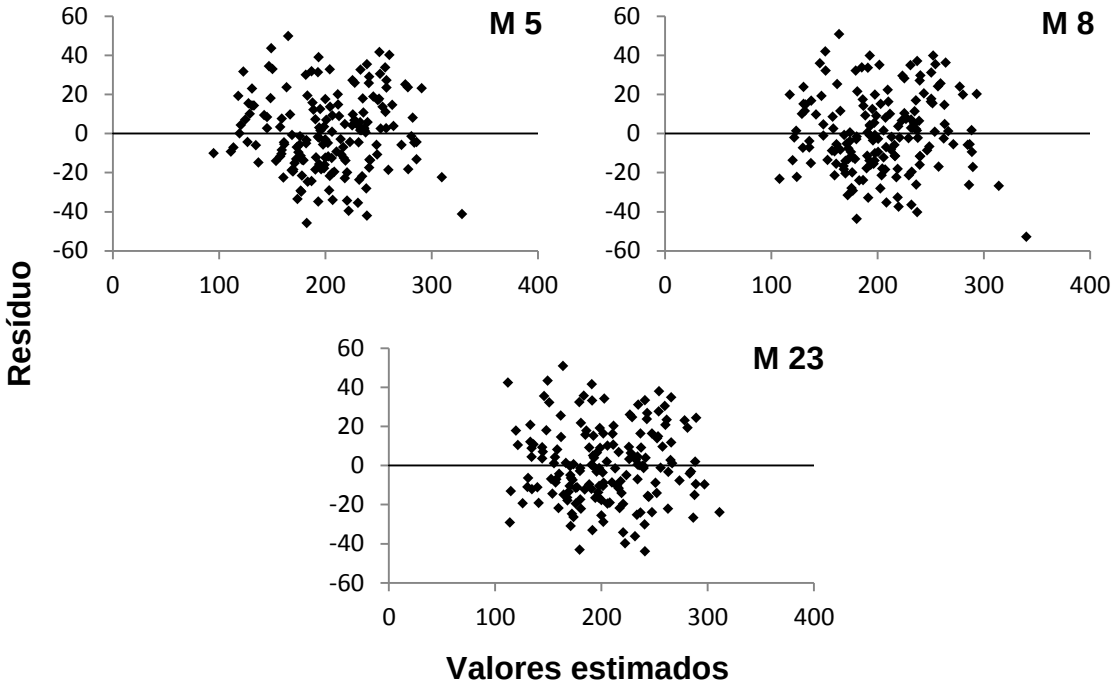

Figura 6 . Variação aleatória dos resíduos dos modelos M 5, M 8 e M 23.

3. ÍNDICE DE DESEMPENHO

O índice de desempenho é obtido a partir da multiplicação do coeficiente de correlação de Pearson e do coeficiente de concordância de Wilmott. Assim, só é possível obter coeficiente r e o índice de desempenho de modelos lineares, pois é necessário que haja uma relação linear entre as duas variáveis para que a estimativa da correlação seja confiável. A melhor forma de

ilustrar o relacionamento linear entre duas variáveis é na forma de uma linha reta (FILHO e JÚNIOR, 2009), conforme pode ser observado na Figura 7.

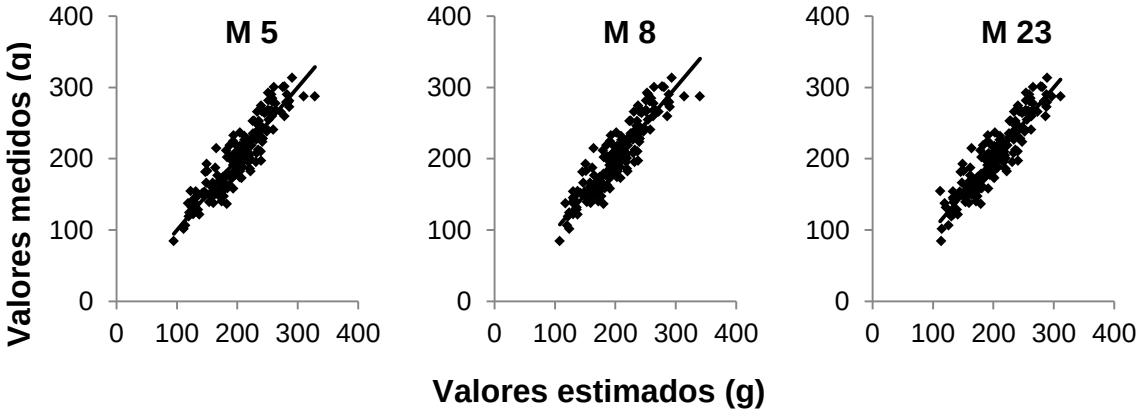

Figura 7 . Dispersão dos dados em torno da média dos modelos M 5, M 8 e M 23 para a cultivar Novita Plus.

É possível observar na Figura 8 que os três modelos apresentam os dados pouco deslocados em relação à reta 1:1.

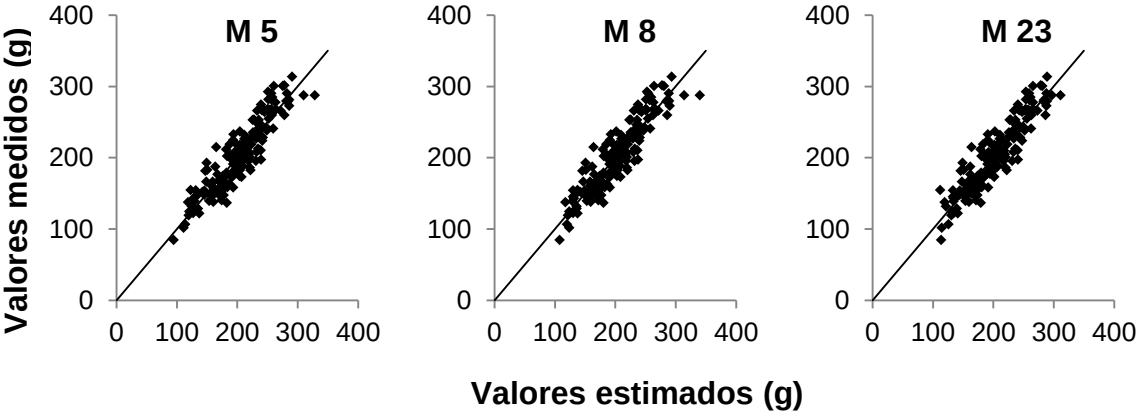

Figura 8 . Deslocamento dos dados em relação a reta 1:1 dos modelos M 5, M 8 e M 23 para a cultivar Novita Plus

Na Tabela 12 observa-se o índice de desempenho dos modelos M 5, M 8 e M 23. Todos os valores dos índices de desempenho são classificados como ótimos (CAMARGO e SENTELHAS, 1997) para estimar a FFF. Também é possível observar que os valores dos índices se diferem por centésimos. Por conta disso, nestas condições é possível concluir que modelos validados pelo

teste t, que apresentem normalidade dos resíduos e homocedasticidade apresentam pequenas diferenças na precisão e exatidão das estimativas.

Tabela 12. Índice de desempenho dos modelos M 5, M 8 e M 23 para a cultivar Novita Plus.

Modelo	Coeficiente r	Índice d	Índice c
M 5	0.9159	0.9546	0.8743
M 8	0.9148	0.9540	0.8727
M 23	0.9197	0.9568	0.8800

CONCLUSÕES

Não foi possível ajustar um modelo linear que estime a FFF da cultivar Anita F1 devido à heterogeneidade da variância ao longo do incremento de fitomassa de fruto.

Os modelos M 5, M 8 e M 23 apresentam-se satisfatórios ao estimar a FFF da cultivar Novita Plus.

Os modelos M 5, M 8 e M 23 apresentam os coeficientes validados pelo teste t (α = 25%), normalidade dos resíduos e homocedasticidade. Os índices de desempenho dos modelos apresentaram valores bem próximos. Nestas condições, o índice de desempenho não foi um critério decisivo na escolha do melhor modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTION 2.4. Software de estatística. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>. Acesso em: 04 de setembro de 2012.

AGRISTAR. Descrição técnica da abobrinha híbrida ANITA F1. Disponível em: <http://www.agristar.com.br/descrtp/abobri-anitaf1.htm>. Acesso em 09 de agosto de 2012.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.

BREUSCH, T. S., PAGAN, A. R. .A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. Econometrica, v. 47, 1979, pg 1287–1294

CAMARGO, A. P. de, CAMARGO, M. B. P. de. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. Bragantia, v. 59, n. 2, 2000, p. 125-137

CAMARGO, A. P., SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos do estimativa de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometereologia. v. 5, p. 89-97, 1997.

CONAGIN, A., NAGAI, V., IGUE, T., AMBRÓSIO, L. A. Efeito da falta de normalidade em testes de homogeneidade de variâncias. Bragantia, v. 52, n. 2, 1993, p. 173-180.

DANCEY, C. P., REIDY, J. Estatística sem matemática para psicologia usando SPSS para Windows. Porto Alegre: Artes Médicas, 2006, 608 p.

FILHO, D. B. F, JÚNIOR, J. A. da S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, Vol. 18, n. 1, 2009, p 115-146.

HOFFMANN, R., VIEIRA, S. Análise de Regressão: Uma Introdução à Econometria. São Paulo, HUCITEC, 1977. 339p.

KASZNAR, I. K., GONÇALVES, B. M. L. Regressão múltipla: uma digressão sobre seus usos. Disponível em: < http://www.ibci.com.br/Regressao_Multipla.pdf>. Acesso em 22 de agosto de 2012.

MATOS, M. A. Manual Operacional para a Regressão Linear. FEUP, 1995. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~mam/regressao.pdf>. Acesso em 23 de agosto de 2012.

MOORE, D. S. The Basic Practice of Statistics. New York, Freeman, 2007.

SHAPIRO, S. S., WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). Biometrika, v. 52, n. ¾, 1965, p. 591-611.

SOUZA, T. C. de. Ensaios sobre modelos de regressão com dispersão variável. Tese de Doutorado. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2011, 140p.

WILLMOT, C. J. On the validation of models. Physical Geografy, v. 2, p. 184-194, 1981

ZIMMERMANN, F. J. P. Estatística aplicada à pesquisa agrícola. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2004, 402 p.