

PREDIÇÃO DA PRODUÇÃO DO TOMATEIRO CULTIVADO EM AMBIENTE PROTEGIDO E NO CAMPO

Prediction of the tomato plant yield grown in unheated greenhouse and field

Charles de Araujo¹, Paulo Cezar Rezende Fontes¹, Carlos Sigueyuki Sedyama¹

RESUMO

A produção dos cinco primeiros cachos de frutos do tomateiro foi utilizada no desenvolvimento de modelo matemático para estimar a produção obtida em nove cachos. Foram conduzidos seis experimentos, sendo quatro em ambiente protegido (A, B, C e D) e dois no campo (E e F), na Universidade Federal de Viçosa. Todos os experimentos constaram de dez tratamentos com doses diferenciadas de N que variaram de 0 a 1.953,7 kg./ha¹. Os dados de produção total acumulada de frutos até o 1º, 2º, 3º, 4º e 5º cacho dos experimentos C e E foram submetidos à análise de variância e modelos de regressão foram ajustados em relação à produção acumulada até o 9º cacho. A validade dos modelos propostos foi verificada com base na correlação (r) entre os dados observados e estimados pelo modelo e pela análise do quadrado médio dos desvios (QMD) e seus componentes aditivos. Os modelos propostos, baseados na produção acumulada até o 5º cacho, foram precisos em estimar a produção total de frutos acumulada no tomateiro com 9 cachos em ambiente protegido e no campo. Os modelos devem ser comparados e validados com dados de outros estudos. A análise do quadrado médio dos desvios (QMD) e seus componentes são úteis para verificar a validade de modelos de regressão através da quantificação dos desvios do modelo e identificação das causas desses desvios.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, cacho, estimativa da produção.

ABSTRACT

The tomato plant yield of the first five clusters was used in the development of mathematical model to estimate yield obtained in nine trusses. Six experiments were carried out, being four in unheated greenhouse (A, B, C and D) and two in the field (E and F), in the Federal University of Viçosa. All the experiments consisted of ten treatments with differentiated N rates that ranged from 0 to 1,953.7 kg./ha¹. The data up to the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th trusses accumulated total yield of the experiments C and E were submitted to the analysis of variance and regression models and were adjusted to 9th trusses accumulated yield. The proposed models validity was based on the correlation (r) among the observed and estimated data by the model and by the medium square deviations (MSD) analysis and its additive components. The proposed models, based on the yield accumulated until 5th trusses were precise in estimate the total fruits yield accumulated in the tomato plant with 9 trusses in unheated greenhouse and field. The models should be compared and validated with data of other studies. The medium square deviations (MSD) analysis and its components are useful to verify the regression models validity through the model deviations quantification and identification causes of those deviations.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, truss, yield estimate.

(Recebido para publicação em 19 de abril de 2005 e aprovado em 20 de janeiro de 2006)

INTRODUÇÃO

O tomateiro apresenta ciclo longo, entre 140 e 170 dias, dependendo do número de cachos produzidos por planta (CAMARGOS, 1998), época do ano, condições climáticas, incidência de pragas e doenças (FONTES & SILVA, 2002), fertilidade do solo, irrigação, sistema de condução das plantas e nível tecnológico adotado. Esses fatores, quando manejados de forma inadequada, podem afetar negativamente a produção do tomateiro, resultando em prejuízos para o tomaticultor, que serão computados somente após o término de longo período de cultivo.

O desenvolvimento de estratégia que possa auxiliar ao tomaticultor anteciper a reposta produtiva do tomateiro em determinada área, para a tomada de decisão em dar continuidade ou encerrar o cultivo, antes mesmo que todos

os cachos tenham surgido, seria útil. Modelos matemáticos de simulação podem ser utilizados para prever a produção de determinada cultura (McAVOY et al., 1989). Apesar do grande número de modelos que podem ser utilizados para simulação da produção de espécies olerícolas, a maioria necessita de características das plantas (MARCELIS & GIJZEN, 1998; MARCELIS et al., 1998), que nem sempre estão disponíveis ou podem ser facilmente determinadas. Destacam-se fatores ambientais como radiação solar, temperatura e umidade; nutrientes como N, P e K; e incidência de patógenos.

Além disso, determinado modelo pode ser útil apenas sobre as condições em que foi determinado, resultando em extrapolação da produção esperada quando as condições forem diferenciadas (SANTOS et al., 1992). Dessa forma, há necessidade da elaboração de modelos

¹ Universidade Federal de Viçosa/UFV – Departamento de Fitotecnia – 36571-000 – Viçosa, MG – Bolsistas do CNPq.

simples, que utilizem apenas características da planta para estimativa precisa da produção de frutos antecipadamente através da utilização de dados parciais da produção de frutos. Para que isso seja possível, é necessário determinar a produção, levando em consideração a variação que ocorre em cada cacho, pois grande parte dos estudos são restritos apenas a 'colheita' final (PAPADOPOULOS & ORMROD, 1991).

Com a utilização de modelos simples, decisões podem ser antecipadas, evitando gastos com mão-de-obra e insumos, sendo possível a liberação da área para o plantio de outras espécies. Também, a informação pode ser utilizada na estimativa da produção para a conclusão de pesquisas quando apenas dados parciais de produção são obtidos devido a acontecimento inesperado como, por exemplo, falta de água e intenso ataque de pragas no final do ciclo.

Objetivou-se com este trabalho determinar um modelo para estimar a produção de tomate em nove cachos, utilizando a produção dos cinco primeiros cachos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos seis experimentos, sendo quatro em ambiente protegido e dois no campo, no verão-outono e primavera-verão. Os experimentos foram conduzidos em áreas contíguas de solo argiloso, localizado na Horta do Fundão, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). Os experimentos de verão-outono foram conduzidos no período de janeiro de 2001 a maio de 2002 e os experimentos de primavera-verão foram conduzidos no período de setembro de 2002 a janeiro de 2003. Todos os seis experimentos foram instalados para avaliar critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro e constavam de dez tratamentos com doses diferenciadas de N que variaram de 0 a 1.953,7 kg/ha e estão descritas detalhadamente em Araújo (2004). Cada parcela foi composta de 4 plantas espaçadas 0,6 m entre si, das quais foram consideradas úteis as 2 plantas centrais. Portanto, cada parcela útil apresentou 1,0 m de largura e 1,2 m de comprimento, ocupando área de 1,2 m².

Caracterização dos experimentos em ambiente protegido

Os experimentos em ambiente protegido, denominados de A, B, C e D, foram conduzidos em estufa do tipo capela e com laterais abertas, construída com orientação norte-sul, com 9 m de largura, 40 m de comprimento e 2,8 m de pé direito e coberto com filme de polietileno transparente de baixa densidade com 100 µm de espessura. A adubação foi realizada cinco dias antes do

transplante das mudas. No transplante, foi adicionado todo o fósforo (superfosfato simples), 16% da dose total de potássio (cloreto de potássio), 18 kg/ha de magnésio (sulfato de magnésio). O restante do K₂O foi aplicado em cobertura, via água de irrigação, em seis parcelamentos, sendo 14% aos 14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias após o transplante. Para todos os experimentos, a adubação fosfatada e potássica, mais a quantidade de P₂O₅ e K₂O presente no solo, totalizaram 700 e 600 kg/ha, respectivamente. Os micronutrientes B, Zn e Mo foram aplicados nas mesmas datas de aplicação do K₂O, também em cobertura via água de irrigação, sendo 15% da dose aos 14 dias e 17% nas demais datas, totalizando 1 kg/ha de B, 3 kg/ha de Zn e 78 g/ha de Mo, utilizando-se bórax, sulfato de zinco e molibdato de sódio, respectivamente. A quantidade de N adicionada no momento do transplante variou de 0 a 280 kg/ha, sendo o fertilizante nitrogenado (sulfato de amônio) aplicado diretamente no sulco de transplante. Em cobertura, a quantidade variou de 0 a 1.023 kg/ha, aplicada via água de irrigação, por gotejamento, a cada 14 dias após transplante ou quando necessária.

Imediatamente antes do transplante, foi instalado o sistema de irrigação, com gotejadores distanciados em 60 cm. Foi utilizado o híbrido 'Carmen', longa vida, plurilocular (4 lóculos), tipo salada, de crescimento indeterminado. As mudas foram transplantadas em 03/01/02 (Experimento A e B) e 10/09/02 (Experimentos C e D). As plantas foram conduzidas com dois caules, tutorados verticalmente, em fitilhos de plástico, com 5 cachos no caule principal e 4 no caule secundário, totalizando 9 cachos por planta. Os cachos do caule principal foram numerados de 1, 2, 4, 6 e 8, e do caule secundário de 3, 5, 7 e 9. Essa numeração foi seguida de acordo com a ordem de surgimento de cada cacho na planta. A poda apical foi efetuada acima da terceira folha surgida após o 9º cacho na planta. Em cada cacho foi permitido o crescimento de apenas seis frutos. O controle de pragas foi efetuado de acordo com as recomendações de Fontes & Silva (2002). Nas desbrotas, feitas semanalmente, as plantas tiveram todas as ramificações laterais eliminadas, permanecendo apenas dois caules. As irrigações foram diárias e o volume de água aplicado foi calculado pelo método do lisímetro, instalado no interior do ambiente protegido (BERNARDO, 1995).

Caracterização dos experimentos no campo

Os experimentos no campo foram denominados de E e F. A adubação de plantio foi semelhante a realizada nos experimentos A, B, C e D, exceto a aplicação de 1 kg/ha de

B, 3 kg/ha de Zn e 78 g/ha de Mo. O restante do K_2O foi aplicado em cobertura em proporções semelhantes àquelas dos experimentos A, B, C e D, mas com aplicação em sulco aberto alternadamente à linha de transplante e posteriormente coberto com solo. A adubação nitrogenada no transplante variou de 0 a 525 kg/ha de N e, em cobertura, as quantidades variaram de 0 a 1.903,7 kg/ha de N, a cada 14 dias após transplante ou quando necessário, sendo o modo de aplicação da mesma forma que o K_2O .

Foi utilizado a cultivar 'Santa Clara', que apresenta fruto do tipo Santa Cruz, de hábito de crescimento indeterminado. As mudas foram transplantadas em 05/01/02 (Experimento E) e 10/09/02 (Experimento F), no mesmo espaçamento que o experimento A, B, C e D. As plantas foram conduzidas com um caule, tutorado com fitilho de plástico. A poda apical foi efetuada acima da terceira folha surgida após o 9º cacho na planta. Em cada cacho foi permitido o crescimento de apenas seis frutos. As irrigações foram realizadas quando necessárias, por sulcos alternados as linhas de plantio, em complementação ao volume de água precipitado pelas chuvas durante o período. O volume de água aplicado foi calculado pelo método do tanque classe A, considerando o coeficiente do tanque como 0,75 (MAROUELLI et al., 1994) e o coeficiente de cultura variando de 0,4; 0,7; 1,0 e 1,3, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta (CARRIJO et al., 1996).

Em todos os experimentos conduzidos em ambiente protegido e no campo, os frutos de cada cacho foram colhidos quando apresentavam a coloração vermelha. Os frutos colhidos foram separados em sem e com defeitos, sendo contados e classificados. Os períodos de colheitas foram 76 a 133; 82 a 133; 77 a 144; 78 a 141; 82 a 133 e 76 a 121 dias após o transplante (DAT), para os experimentos A, B, C, D, E e F, respectivamente. A produção comercial de frutos nos experimentos A, B, C e D (híbrido Carmen) foi obtida pelo somatório das classes gigante, grande, médio e pequeno. Os frutos com defeitos ou não-comerciais corresponderam aos frutos com diâmetro transversal menor que 50 mm mais aqueles com incidência de podridão apical, rachaduras, manchas despigmentadas e defeitos causados pelos ataques de insetos, patógenos e desordens fisiológicas. Nos experimentos E e F (cultivar Santa Clara), foi considerada como produção comercial o somatório dos pesos dos frutos das classes extra AA, extra A, extra, médio extra, médio especial e pequeno. A produção não-comercial correspondeu ao somatório dos pesos dos frutos com diâmetro menor que 40 mm (refugo) e dos frutos desqualificados da mesma forma que para o ambiente protegido.

Para todos os experimentos, a produção total foi obtida pelo somatório da produção comercial e não-comercial em cada um dos nove cachos. Posteriormente foi obtida a produção total de frutos acumulada até o 1º (Cacho 1), 2º (Cachos 1 e 2), 3º (Cachos 1, 2 e 3), 4º (Cachos 1, 2, 3 e 4), 5º (Cachos 1, 2, 3, 4 e 5) e 9º cachos (Cachos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9).

Procedimento estatístico

Os dados de produção total acumulada até o 1º, 2º, 3º, 4º e 5º cachos (Variável independente) em todos os tratamentos dos experimentos C e E foram submetidos à análise regressão ajustando-se modelos de regressão linear e não linear em relação à produção acumulada até o 9º cacho (Variável dependente). A escolha dos modelos foi baseada na significância do teste F e maior valor do coeficiente de determinação (r^2). O modelo obtido no experimento C que apresentou significância do teste F e maior valor do r^2 foi utilizado para estimar a produção total de frutos acumulada até o 9º cacho nos experimentos A, B e D. Da mesma forma, foi utilizado o modelo obtido no experimento E para estimar a produção total de frutos acumulada até o 9º cacho no experimento F.

A validade do modelo proposto no experimento C foi verificada com base na correlação (r) entre os dados de produção total de frutos observados nos experimentos A, B e D e estimados pelo modelo. Mesmo procedimento foi adotado entre os experimentos E e F. Outro procedimento para validação dos modelos propostos foi verificada através da análise do quadrado médio dos desvios (QMD) e seus componentes aditivos (KOBAYASHI & SALAM, 2000), conforme a equação:

$$QMD = BQ + VQM \quad (1)$$

Sendo, QMD = desvio do quadrado médio entre os valores observados no experimento C e estimados nos experimentos A, B e D; e entre os valores observados no experimento E e estimados no experimento F; BQ = "bias" ao quadrado; VQM = variação do quadrado médio. O termo BQ de (1) pode ser descrito pela equação:

$$BQ = (\bar{x} - \bar{y})^2 \quad (2)$$

Sendo, \bar{x} = média dos dados observados nos experimentos C e E; \bar{y} = média dos dados estimados nos experimentos A, B, D e F.

O termo VQM de (1) pode ser descrito pela equação:

$$VQM = QDDP + FCDP \quad (3)$$

Sendo, $QDDP$ = quadrado da diferença entre desvios padrões; $FCDP$ = falta de correlação determinada pelo desvio padrão. O termo $QDDP$ de (3) pode ser descrito pela equação:

$$QDDP = DP_o + DP_e \quad (4)$$

Sendo, DP_o = desvio padrão dos dados observados nos experimentos C e E; DP_e = desvio padrão dos dados estimados nos experimentos A, B, D e F. Os termos DP_o e DP_e de (4) podem ser descritos pelas equações:

$$DP_o = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

$$DP_s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

Sendo, n = número de observações nos experimentos C e E; x_1 = dados observados nos experimentos C e E; \bar{x} = média dos dados observados nos experimentos C e E; y_1 = dados estimados nos experimentos A, B, D e F; \bar{y} = média dos dados estimados nos experimentos A, B, D e F. O termo $FCDP$ de (3) representa a falta de correlação positiva determinada pelos desvios padrões (7).

$$FCDP = 2 \times (DP_o \times DP_e) \times (1-r) \quad (7)$$

Em que, DP_o = desvio padrão dos dados observados nos experimentos C e E; DP_e = desvio padrão dos dados estimados nos experimentos A, B, D e F; r = coeficiente de correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção total de frutos acumulada até o 1º, 2º, 3º, 4º e 5º cachos foi relacionada com aquela acumulada até o 9º cacho dos experimentos C e E (Tabela 1). Dentre os modelos propostos em ambos experimentos, aquele em que a produção total de frutos acumulada até o 5º cacho apresentou maior valor do coeficiente de determinação (r^2), além do teste F significativos. Dessa forma, tanto em ambiente protegido como no campo, a produção total de frutos a ser obtida se o tomateiro fosse conduzido com nove cachos pode ser precisamente estimada com base na produção de frutos acumulada até o 5º cacho utilizando modelo de regressão não linear (Exponencial). A produção total de frutos acumulada até o 6º, 7º e 8º cachos não foram relacionadas com a acumulada até o 9º cacho porque, apesar de apresentarem provavelmente maior r^2 , as conclusões seriam obtidas tardiamente, quando a colheita dos frutos do 9º cacho já teria iniciado, além do ciclo da cultura ser pouco reduzido.

TABELA 1 – Modelos de regressão linear e não linear e coeficientes de determinação (r^2) que descrevem a produção total de frutos acumulada até o 9º cacho (Y, em t/ha) através de produções de frutos acumuladas até o 1º, 2º, 3º, 4º e 5º cachos (X, em t/ha) do tomateiro, nos experimentos C (Ambiente protegido) e E (Campo). Viçosa, UFV, 2002-03.

Cacho	Modelos	Experimento C		Experimento E	
		Equação	r^2		r^2
1º	Não linear	$\hat{Y} = 24,6971 X^{0,5218}$	0,308	$\hat{Y} = 22,1798 X^{0,3716}$	0,149
	Linear	$\hat{Y} = 43,72 + 3,85^{**} X$	0,270	$\hat{Y} = 30,29 + 2,15^{**} X$	0,151
2º	Não linear	$\hat{Y} = 9,5531 X^{0,7235}$	0,511^{**}	$\hat{Y} = 11,6804 X^{0,5052}$	0,281
	Linear	$\hat{Y} = 23,03 + 3,0^{**} X$	0,483	$\hat{Y} = 23,66 + 1,45^{**} X$	0,256
3º	Não linear	$\hat{Y} = 5,1716 X^{0,8288}$	0,611^{**}	$\hat{Y} = 3,0472 X^{0,8568}$	0,544^{**}
	Linear	$\hat{Y} = 13,15 + 2,43^{**} X$	0,592	$\hat{Y} = 4,86 + 1,71^{**} X$	0,527
4º	Não linear	$\hat{Y} = 3,4645 X^{0,8769}$	0,716^{**}	$\hat{Y} = 0,8368 X^{1,1587}$	0,806^{**}
	Linear	$\hat{Y} = 9,29 + 1,46^{**} X$	0,704	$\hat{Y} = -6,01 + 1,65^{**} X$	0,800
5º	Não linear	$\hat{Y} = 2,1303 X^{0,9513}$	0,817^{**}	$\hat{Y} = 0,7479 X^{1,1338}$	0,917^{**}
	Linear	$\hat{Y} = 3,60 + 1,69^{**} X$	0,809	$\hat{Y} = -5,15 + 1,36^{**} X$	0,913

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

No experimento E, o modelo proposto utilizando os dados da produção total de frutos acumulada do 5º cacho apresentou maior coeficiente de determinação (r^2) do que no experimento C. Isto significa que para cultivos de tomateiro no campo, sem proteção e plantas conduzidas com apenas um caule, a produção de frutos obtida nos primeiros cachos apresenta maior relação com aquela que será obtida em todos os cachos da planta. Pelos modelos escolhidos é possível determinar que o aumento de cada tonelada de produção de frutos acumulada até o 5º cacho representa o aumento de 1,64 a 1,70 t/ha e de 1,37 a 1,53 t/ha na produção total de frutos acumulada até o 9º cacho (Figura 1), nos experimentos C e E, respectivamente.

Os ciclos do tomateiro na média dos experimentos A, B, C e D, do transplante até a colheita dos frutos do 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 9º cachos, foram de 80, 90, 99, 102, 109 e 136 dias, respectivamente. Em ambiente protegido, Guimarães (1998) realizou a colheita dos frutos individualmente em cada cacho, aguardando o momento em que todos os frutos do cacho pudessem ser colhidos; os frutos produzidos no 5º cacho foram colhidos aos 105 DAT, período próximo ao observado nos experimentos A, B, C e D (109 DAT). Caso a produção acumulada de frutos até o 5º cacho fosse baixa, o valor da produção acumulada até o 9º cacho poderia ser estimado pelo modelo com 27 dias de antecedência. Isso contribuiria para a redução nos gastos de mão-de-obra e

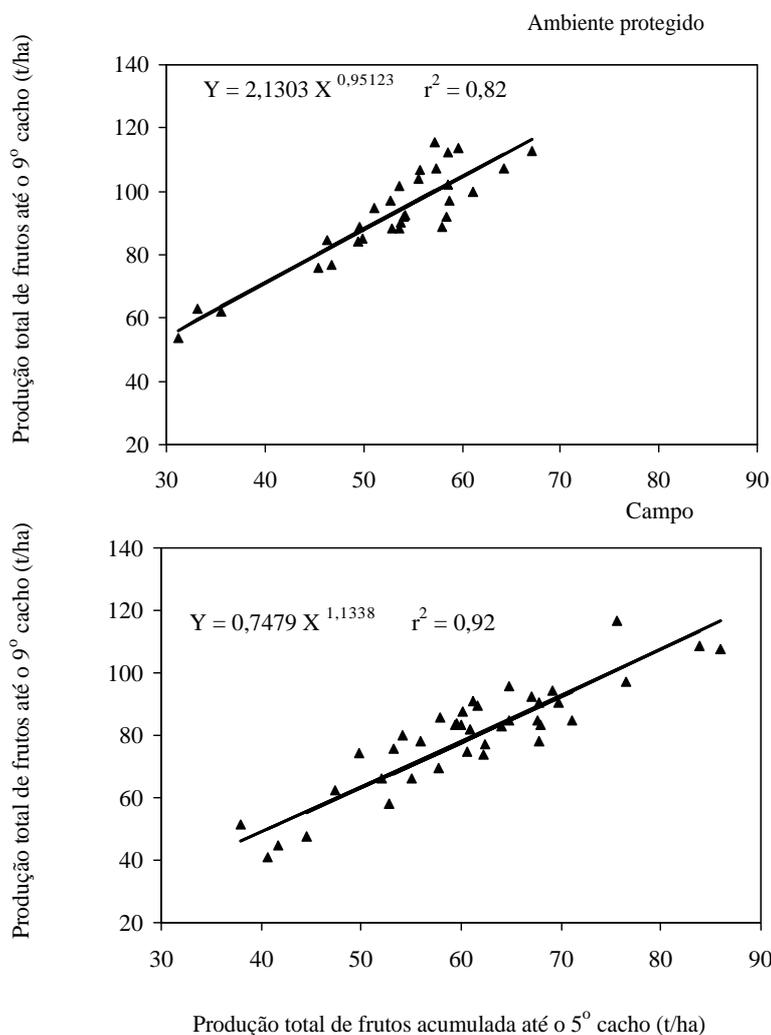


FIGURA 1 – Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação da produção total de frutos acumulada até o 9º cacho em função da produção total de frutos acumulada até o 5º cacho do tomateiro, nos experimentos C (Ambiente protegido) e E (Campo). Viçosa, UFV, 2002-03.

insumos, além da antecipação na liberação da área. A redução em 27 dias no ciclo da cultura está de acordo com os resultados obtidos por Heuvelink (1995) para o tomateiro cultivado em ambiente protegido ao observar que a cada 6 a 9 dias surge um novo cacho. Dessa forma, a diminuição de 4 cachos na planta poderia reduzir o ciclo do tomateiro de 24 a 36 dias. A utilização do modelo também seria possível em caso de experimento, que por algum acontecimento inesperado, como falta de água, não tivesse completado o ciclo de cultivo, para estimar a produção total dos 9 cachos.

A colheita dos frutos produzidos no cacho 5, em média dos experimentos E e F, ocorreu entre 100 e 108 DAT, para ciclo médio de 127 DAT com a condução de 9 cachos por planta. Diferentemente do tomateiro cultivado em ambiente protegido, caso a produção acumulada do 5º cacho fosse baixa, o cultivo do tomateiro no campo poderia ser encerrado com 19 dias de antecedência, tempo menor do que aquele obtido para cultivo em ambiente protegido (27 dias). Essa diferença pode ser devida ao aumento da incidência de *Phytophthora infestans* nas plantas cultivadas no campo, não permitindo o completo desenvolvimento de todos os frutos produzidos nos últimos cachos. Caso isso não tivesse ocorrido, provavelmente as plantas permaneceriam no campo e o ciclo do tomateiro se estenderia por mais alguns dias.

Verificação dos modelos

Os modelos obtidos nos experimentos C (Ambiente protegido) e E (Campo) foram utilizados para estimar a produção total de frutos nos experimentos A, B, D, e F, respectivamente. Para verificar a validade dos modelos foi utilizada a análise de correlação entre os dados observados

e os estimados e a análise do *QMD* e seus componentes (Tabela 2).

Pela comparação baseada na correlação (r), a maior diferença entre os dados observados e estimados (menor correlação) foi observada no experimento B, significando que o modelo foi menos preciso em simular o padrão de flutuação dos dados observados. Essa menor precisão do modelo proposto pode ser explicada em maiores detalhes ao utilizar a análise do *QMD* e seus componentes. Como o componente com maior efeito foi o *FCDP*, a análise para a verificação da amplitude de variação entre dados observados e estimados, baseada no *QMD* e na correlação, são semelhantes e qualquer uma pode ser utilizada. Isso ocorre pelo fato do coeficiente de correlação também ser utilizado na determinação do componente *FCDP*, conforme descrito na equação 7 (KOBAYASHI & SALAM, 2000).

A comparação entre os dados observados e estimados utilizando as duas análises (*QMD* e correlação) apresentou resultados diferentes para os experimentos A e D. Pela análise da correlação, o experimento D apresentou maior valor de r (0,88) do que o experimento A (0,83). Por outro lado, a análise do *QMD* indicou que a variabilidade entre as produções observada e estimada foi maior no experimento D (91,5) do que no experimento A (66,0). Isso ocorreu devido ao maior efeito do componente “*bias*” ao quadrado (*BQ*), que expressa a diferença entre a médias dos dados observados (\bar{x}) e estimados (\bar{y}) (KOBAYASHI & SALAM, 2000). No experimento B, a produção média de frutos estimada pelo modelo proposto e a observada foram de 95,7 e 89,3 t/ha, respectivamente (Tabela 3), indicando que se a correlação não for alta (Tabela 2), os dados estimados da produção de frutos podem ser superestimados pelo modelo proposto.

TABELA 2 – Estimativas do coeficiente de correlação (r) e do quadrado médio dos desvios (*DMQ*) e seus componentes: falta de correlação determinada pelo desvio padrão (*FCDP*), quadrado da diferença entre desvios padrões (*QDDP*) e “*bias*” ao quadrado (*BQ*) entre as produções total de frutos observadas e estimadas, nos experimentos A, B, D (Ambiente protegido) e F (Campo). Viçosa, UFV, 2002-03.

Análises Estatísticas	(Ambiente protegido)			(Campo)
	A	B	D	F
<i>R</i>	0,83	0,68	0,88	0,90
<i>BQ</i>	0,63	8,38	41,16	0,86
<i>QDDP</i>	0,48	1,56	2,05	0,91
<i>FCDP</i>	64,91	118,05	48,3	53,23
<i>QMD</i>	66,02	127,99	91,51	55,00

TABELA 3 – Valores médios da produção de frutos (t/ha) observada e estimada, nos experimentos A, B, D (Ambiente protegido) e F (Campo). Viçosa, UFV, 2002-03.

Experimentos	Produção observada		Produção estimada
	Até o 5º cacho	Até o 9º cacho (\bar{x})	Até o 9º cacho (\bar{y})
A	58,6	103,2	102,3
B	54,6	89,3	95,7
D	54,4	98,2	95,3
F	60,8	79,9	79,0

No experimento F, que foi realizado no campo sem proteção, o componente da análise do *QMD* com maior efeito foi o *FCDP*, semelhante ao observado nos experimentos A e B, realizados em ambiente protegido (Tabela 2), e a amplitude de variação entre dados observados e estimados pode ser realizada tanto pela análise do *QMD* como pela correlação. Entretanto, nesse experimento a correlação entre os dados observados e estimados é alta (0,90), resultando em produção média de frutos estimada (79,0 t/ha) e observada (79,9 t/ha) bastante próximas (Tabela 3).

CONCLUSÕES

Os modelos propostos, baseados na produção acumulada até o 5º cacho, podem ser usados para estimar a produção total de frutos acumulada até o 9º cacho do tomateiro em ambiente protegido e no campo. A análise do quadrado médio dos desvios (*QMD*) e seus componentes são úteis para verificar a validade de modelos de regressão através da quantificação dos desvios do modelo e identificar as possíveis causas desses desvios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, pelo apoio financeiro, e ao CNPq, pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, C. **Critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido e no campo**. 2004. 220 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

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

CAMARGOS, M. I. **Produção e qualidade de tomate longa vida em estufa, em função do espaçamento e do número de cachos por planta**. 1998. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, C. A. S.; REIS, N. V. B.; FONTES, R. R. Fatores de evaporação do tanque classe A e níveis de fertirrigação com nitrogênio e potássio afetando o cultivo protegido de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 78, 1996.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 196 p.

GUIMARÃES, T. G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. 1998. 184 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

HEUVELINK, E. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 61, n. 1/2, p. 77-99, Feb. 1995.

KOBAYASHI, K.; SALAM, M. U. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 2, p. 345-352, Mar./Apr. 2000.

MARCELIS, L. F. M.; GIJZEN, H. Evaluation under commercial conditions of a model of prediction of the yield and quality of cucumber fruits. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 76, n. 3/4, p. 171-181, Aug. 1998.

MARCELIS, L. F. M.; HEUVELINK, E.; GOUDRIAAN, J. Modeling biomass production and yield of horticultural crops: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 83-111, Apr. 1998.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo de irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 60 p.

McAVOY, R. J.; JONES, H. W.; GIACOMELLI, G. A.; GINIGER, M. S. Validation of a computer model for a single-truss tomato cropping system. **Journal of the American**

Society of Horticultural Science, Alexandria, v. 114, p. 746-750, 1989.

PAPADOPOULOS, A. P.; ORMROD, D. P. Plant spacing effects on growth and development of the greenhouse tomato. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 71, p. 297-304, 1991.

SANTOS, J. R. A.; GOMEZ, A. A.; ROSARIO, T. L. A model to predict the yield of determinate tomatoes. **Scientiae Horticulturae**, Amsterdam, v. 50, n. 1/2, p. 89-105, Apr. 1992.