INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

Efeitos de baixas doses de radiação gama do Co-60 (Radio-hormesis) em sementes de tomate.

Toni Andreas Wiendl

Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau
de Doutor em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientador:

Dr. Valter Arthur

São Paulo

2010

Dedico,

ao meu pai, Frederico Maximiliano Wiendl,
a minha mãe Maria de Lourdes T. B. Wiendl,
a minha futura esposa Nathália do Amaral Sandeovith

Agradecimentos

Agradeço mais uma vez ao meu pai, Frederico Wiendl e minha mãe, Maria de Lourdes Wiendl pela inestimável ajuda durante esta empreitada. Ajuda sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Agradeço pela amizade, orientação, companheirismo e enorme ajuda do meu orientador prof. Dr. Valter Arthur.

Agradeço a minha futura esposa Nathália do Amaral Sandeovith pela compreensão e apoio durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço ao Engº agrônomo André Hokari e ao Sr. Nelson Mallmann por terem disponibilizado a área, informações sobre o cultivo e terem a mente aberta para novas tecnologias.

Agradeço ao Engº agrônomo Antônio Lêdo e aos trabalhadores da “Fazenda Cantinho” por terem plantado as sementes e cuidado das plântulas durante o experimento.

Agradeço ao Sr. Ataíde e Sr. Neto por ajudarem na colheita e darem informações preciosas sobre os tratos culturais realizados na área de cultivo.

Agradeço a Dra. Suely Salumita Haddad Franco e Dra. Anna Lucia Villavicencio pelas críticas sempre construtivas durante a apresentação do trabalho.

Agradeço ao Dr. Marco Tullio Vilhena pelas preciosas informações sobre seu experimento com uso de radio hormesis em sementes.

Agradeço a Dra. Silvia Maria Guerra Molina pela amizade e empréstimo da balança para realização das pesagens.

Agradeço aos meus irmãos, Jorge Alexandre Wiendl e Fritz Walter Wiendl pelo apoio durante a Tese.

Agradeço meu amigo Alexandre Garcia Berto pela ajuda na colheita e indiscutível companheirismo.

Agradeço a K+S Brasileira, em especial ao Burkhard Fürst, pela amizade e por ter me apoiado e compreendido a importância deste trabalho.

Agradeço ainda a Maria Cristina de Oliveira, Kátia Mitchi Tamaki, Ivanilde, Adriana, Michele, Maria, Fabiane, Clarice, Alfa, Edmundo e Ézio pela amizade e apoio profissional.

Agradeço a todos os meus amigos, Rodolfo Coelho Prates, Júnior, Richard, Fábio, Laydner, pelo pensamento sempre positivo que ajudaram na conclusão deste trabalho.

Agradeço ao IPEN, seus professores e funcionários da PG, Ilze, Vera, Rose entre outros pela objetividade em elucidar minhas dúvidas e pelo suporte durante o trabalho.

Agradeço ao CENA e em especial a Sra. Creusa e Sra. Cristina pela ajuda nas análises de qualidade dos frutos e pesagens.

Agradeço a todos aqueles que tentaram me dissuadir deste trabalho pois foi neles que encontrei ainda mais forças para continuar em frente.

Muitos têm como convicção que a ciência é conclusiva e perfeitamente orientada ao conhecimento. Entretanto esta suposição ignora a relevância dos paradigmas. Estes paradigmas orientam a ciência e a atenção dos cientistas para certas direções, e as observações discrepantes, em casos específicos, não serão consideradas, serão ignoradas e suprimidas (SAGAN, 1987). Isto significa que a certeza de uma conclusão será medida não à luz do seu conteúdo de verdade, mas sim, à luz de um padrão (TAUTZ, 1990).

“A dúvida é o princípio da sabedoria”

Aristóteles, 384 a.C. – 322 a.C.

Efeitos de baixas doses de radiação gama do Co-60 (Radio-hormesis) em sementes de tomate.

Toni Andreas Wiendl

Resumo

Sementes de tomate do híbrido Gladiador foram expostas a radiações gama do Co-60 nas doses 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15 e 20 Gy. Foram analisados vários parâmetros como germinação, altura da plântula até o cotilédono, altura total da plântula, peso fresco e seco da plântula, altura da planta, diâmetro do caule da planta, peso fresco e seco e área da 5ª folha, número de frutos verdes com diâmetro maior que 3 cm, número de frutos “esverdeados”, “de vez” e “maduros”, número total de frutos, Brix e pH dos frutos, peso médio dos frutos e produção total de frutos. Diferentes efeitos estimulantes foram observados nos diversos estádios de desenvolvimento das plantas. O maior estímulo, para produção ocorreu para a dose de 10 Gy. As maiores alturas médias da plântula e da planta ocorreram para a dose de 7,5 Gy. O maior número de frutos verdes com 3 cm de diâmetro ocorreu para o tratamento de 12,5 e 15 Gy. A irradiação também estimulou a produção de maior número total de frutos, em todas as doses aplicadas, com vantagem para a dose de 10 Gy que produziu 88% mais frutos que a testemunha e também uma produção em peso 86% maior. O pH dos frutos acidificou significativamente a partir da dose de 12,5 Gy. Houve aumento na produção em todos os tratamentos em relação à testemunha sendo que o maior estímulo para produção ocorreu para as doses de 10, 12,5 e 15 Gy. O uso de baixas doses de radiação gama do Co-60 aplicado no tratamento pré-semeadura, nas sementes, mostrou-se eficiente em estimular o desenvolvimento das plantas e aumentar a produção do tomate.

Effect of low doses of gamma radiation of Co-60 (Radio-hormesis) in tomato seeds.

Toni Andreas Wiendl

Abstract

Tomato seeds of the “Gladiator” hybrid were exposed to gamma radiation of Co-60 with the following doses: 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15 e 20 Gy. Analysis were performed on germination, seedlings height to cotyledon, seedling total height, seedling fresh and dry weight, plant height, stalk diameter at the root beginning, fresh and dry weight of the 5th leaf, number of green fruits with diameter higher than 3 cm, number of green, half ripen and ripen fruits, total number of fruits, Brix and pH of fruits, average fruit weight and fruit total production. A variety of stimulation effects were observed on the different plant developing stages. The greatest stimulus for production was observed in the 10 Gy dose. The highest seedling average height and plant average height were observed for the 7,5 Gy dose. The biggest number of green fruits with diameter higher than 3 cm occurred for the 12,5 and 15 Gy treatments. Irradiation also stimulated a higher total number of fruits in all doses, having advantage the 10 Gy dose which produced 88% more fruits than control as well as 86% more weight production. The fruits pH acidified significantly in a dose of 12,5 Gy and higher. Production increased in all treatments comparing to control and the highest stimulus for production observed was for the 10, 12,5 and 15 Gy. The use of low gamma radiation doses of Co-60 applied as pre-sowing treatment in the seeds, efficiently stimulated the development of plants and the tomato production.

Effekte von niedrigen Dosen von Gamma Strahlen von Co-60 auf Tomatensamen (Radiohormesis)

Toni Andreas Wiendl

Zusammenfassung

Tomatensamen des Hybrids "Gladiator" wurden Gammastrahlungen von Kobalt-60 mit folgenden Dosen ausgesetzt: 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15 und 20 Gy. Mehrere Parameter wurden analysiert, wie Keimung, Höhe der Keimlinge bis zum Keimblatt, Gesamthöhe der Keimlinge, Frisch und Trockengewicht der Keimlinge, Höhe der erwachsenen Pflanzen, Durchmesser der Stengel dieser Pflanzen an der Höhe des Wurzelanfangs, Frisch und Trockengewicht und Oberfläche des fünften Blattes, Zahl der grünen Früchte mit über 3 cm Durchmesser, Zahl der grünen, halbgrünen, reifen und Gesamtzahl der Früchte, Brix und pH Werte der Früchte, Fruchtedurchschnittsgewicht und Gesamtbetrag der Produktion. Mehrere stimulierende Wirkungen der Bestrahlung konnten während des Wachstums der Pflanzen beobachtet werden. Die grösste Anregung mit Hinsicht auf die Endzahl der Früchte wurde bei der Bestrahlung mit 10 Gy beobachtet. Die grösste Höhe der Pflanzen wurde mit 7,5 Gy Bestrahlung erhalten. Die grösste Anzahl von grünen Früchten wurde mit den 12,5 und 15 Gy bestrahlten Samen erhalten. Die Samenbestrahlung verursachte auch eine grössere Anzahl von Früchten, bei allen angewendeten Strahlungsdosen, aber die Dosis von 10 Gy erbrachte die grösste Produktion. So erbrachte die Dosis von 10 Gy eine 88%ige höhere Anzahl von Früchten und eine 86% höhere Produktion als die Kontrolle. Der pH Wert der Früchte wurde ab der Dosis von 12,5 Gy bedeutend gesäuert. Es wurde eine bedeutend höhere Produktion bei allen Bestrahlungsdosen beobachtet, während die Höchste mit 10, 12,5 und 15 Gy erhalten wurde. Im ganzen wurde eine grössere Entwicklung und eine höhere Produktion bei allen der hier benutzten Gammastrahlungsdosen erhalten.

SUMÁRIO

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
ZUSAMMENFASSUNG	VI
1. INTRODUÇÃO e OBJETIVOS	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3. MATERIAIS e MÉTODOS	15
3.1 Locais de execução	15
3.2 Material genético	15
3.3 Irradiação de sementes	16
3.4 Plantio das sementes	16
3.5 Avaliação das mudas	17
3.6 Preparo do solo	17
3.7 Plantio no campo	18
3.8 Manejo de ervas daninhas e tratamento fitossanitário	19
3.9 Amostragens e avaliações	19
3.9.1 Altura e diâmetro do caule	21
3.9.2 A 5º folha	21
3.9.3 Número de frutos e peso	22
3.9.4 Coloração, Brix e pH dos frutos	22
4. RESULTADOS e DISCUSSÃO	23
4.1 Resultados do viveiro	23
4.1.1 Germinação de sementes	23
4.1.2 Altura e peso das plântulas	24
4.2 Resultados do campo	26
4.2.1 Altura e diâmetro do caule	26
4.2.2 Peso e área da 5º folha	27
4.2.3 Número médio de frutos verdes com diâmetro maior que 3 cm	29
4.2.4 Número médio de frutos colhidos	30
4.2.5 Brix e pH médio	32
4.2.6 Peso médio dos frutos	34
4.2.7 Produção total de frutos	35
5. CONCLUSÕES	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO e OBJETIVOS

O tomateiro *Lycopersicon esculentum* Mill., é uma das principais olerícolas cultivadas atualmente, é originário do Equador e do Norte do Chile (JENKING, 1948), assim como das ilhas Galápagos. Sua dispersão pelas Américas foi através dos índios pré-históricos e dos viajantes europeus do século XV (RICK, 1967).

Atualmente o tomate é uma das hortaliças de maior importância econômica no mundo (FAO, 1998).

A cultura do tomate é de grande interesse econômico e social. É uma das hortaliças mais consumidas no mundo e, o grande volume de consumo garante sua importância como fornecedora de potássio, ácido fólico, vitaminas A, B₁, B₂, B₃, C e E (ARAGÃO, 1998; DAVIES & HOBSON, 1981).

De acordo com a FAOSTAT, 2008, o Brasil, nos últimos três anos, tem se mantido como nono e oitavo maior produtor mundial de tomate, produzindo em 2008, 3.934.275 toneladas mantendo sua produção praticamente estável. A produtividade aumentou de 57,09 mt/ ha em 2006 para 63,33 mt/ ha em 2008, permanecendo, porém, abaixo de importantes países produtores, como Estados Unidos da América e Espanha com 77,35 mt/ ha e 69,58 mt/ ha, respectivamente, em 2008. O acréscimo na produção, nas últimas décadas se deve ao aumento da produtividade do tomate destinado a indústria, devido à introdução de variedade e híbridos mais produtivos.

Os estados com a maior produção de tomate no Brasil são Goiás e São Paulo, perfazendo quase 50% do total produzido pelo país em 2009 (AGRIANUAL, 2010).

Em virtude das características intrínsecas da produção, beneficiamento, processamento e comercialização, há duas cadeias produtivas distintas, que dependem do destino final do produto, consumo *in natura* ou abastecimento industrial. Essas cadeias produtivas variam desde as variedades utilizadas até as formas de cultivo e o consumo final (CAMARGO *et al.*, 2006).

No Brasil, estima-se que dois terços da produção nacional é destinado ao consumo *in natura* (RESENDE, 1995).

De acordo com o AGRIANUAL, 2010, a produtividade média estimada no Brasil para o ano de 2009 será de 65,28 mt/ ha, sendo que no Estado de Goiás a produtividade média será de 84,54 mt/ ha e, no Estado de São Paulo será de 66,15 mt/ ha.

O tomate, ao lado de outras hortaliças de alto custo de produção, é uma das culturas com maior utilização de mão de obra, por hectare. Segundo AGRIANUAL, 2010, o custo de produção para o tomate envarado pode chegar a R\$ 49 893,00 por ha. Os agrotóxicos são utilizados em grande quantidade, devido a sensibilidade da cultura e ao alto valor da produto, o que encarece a produção. Para o aumento da produtividade busca-se cultivares precoces. A utilização de cultivares precoces tem tido sucesso em várias situações, pois, devido ao menor tempo no desenvolvimento da planta, do plantio à colheita, se minimiza o risco de incidência de pragas e doenças, além da diminuição da exposição da cultura às adversidades ambientais. Apesar das vantagens na utilização de cultivares precoces e mais produtivos, a sua obtenção é demorada e onerosa.

Diferentes compostos químicos têm sido utilizados para o aumento da produtividade vegetal, mas a aplicação destas moléculas pode causar a contaminação da matéria prima com toxinas e, é prejudicial à saúde dos consumidores, quando acima do permitido. A substituição do uso de substâncias químicas por métodos físicos, como a irradiação, para a manutenção ou ainda, incremento da produção, pode melhorar significativamente a qualidade dos produtos, sem efeitos secundários, como os danos ao homem e ao ambiente.

Radiações ionizantes são radiações de alta energia, raios gama e raios x, radiações alfa e beta, capazes de produzir substâncias ionizadas ao transpassar substâncias e objetos. As radiações ionizantes originam-se de alterações espontâneas ou artificiais, de certos nuclídeos que decaem a formas mais estáveis, isto é caracterizado como radioatividade. As radiações gama (γ)

advêm das mudanças ocorridas no núcleo atômico de maneira natural ou artificial (TEMPEL, 1983).

A particularidade das radiações ionizantes está na forma pontual de concentração da energia ao longo do feixe de radiação (TEMPEL, 1983).

Em tecidos expostos às radiações, existem duas possibilidades de efeitos:

Efeito direto: uma molécula sensível à radiação será imediatamente atingida e ionizada;

Efeito indireto: uma molécula no entorno, por exemplo, a molécula da água, será atingida em primeiro lugar. O produto da molécula atingida, em consequência, danificará a molécula que não foi atingida diretamente pela radiação ionizante (TEMPEL 1983).

Como os organismos são compostos, na sua maior parte por água, esta molécula é a mais atingida pelas radiações e com isso, há surgimento de hidroxilas e peróxidos que danificarão o DNA, através de reações químicas (Figura 1). Estes danos secundários são, em geral, muito maiores que aqueles causados de maneira direta (ROTH e FEINENDEGEN, 1996).

Figura 1. Esquema da reação em cadeia de radiações ionizantes em tecidos vivos, FELDMANN, 1986.

Assim sendo, entre as aplicações das radiações ionizantes está a esterilização de materiais, o melhoramento genético, a preservação de alimentos, o retardo no amadurecimento de frutas, a prevenção da brotação, e a esterilização de insetos, CDTN 1999. Mas o fato de uma célula sensível à radiação ser atingida não significa, necessariamente, a morte desta. Isto ocorre porque o organismo possui vários mecanismos de controle e recuperação aos danos. Os mecanismos de controle e recuperação variam inclusive de acordo com o tipo e a intensidade da radiação.

Em 1888 o farmacologista alemão Hugo Paul Friedrich Schulz foi o primeiro a descrever um fenômeno no qual substâncias tóxicas têm efeitos opostos, quando em baixas doses e em altas doses. Em seu experimento utilizando baixas doses de toxinas, houve estímulo ao crescimento de leveduras e, em altas doses, houve inibição ao crescimento. Juntamente com Rudolf Arndt elaborou a lei de Arndt-Schultz a qual preconiza que produtos pouco irritantes estimulam a atividade e os altamente irritantes inibem qualquer atividade. Muito

antes ainda, Hipócrates preconizava a utilização de doses diminutas de substâncias tóxicas para tratar doenças.

Este conceito é coincidente com o fenômeno conhecido por *hormese* ou *hormesis*. O termo foi primeiramente utilizado em 1942 para descrever o estímulo ao crescimento de um fungo, a baixas concentrações de um antibiótico natural que, a altas concentrações, suprimia o desenvolvimento deste mesmo fungo (OKAZAKI, 1995).

Hormesis é um fenômeno de dose resposta que é caracterizado por estímulos com baixas doses e inibição a altas doses (CALABRESE e BALDWIN, 1997, 2001, 2003a, 2003b; CALABRESE 2008).

Este fenômeno, não é apenas observado pelo uso de agentes químicos, mas de qualquer agente que possa causar estresse, incluindo-se as radiações ionizantes.

Segundo LUCKEY, 1980, *hormesis* é a estimulação através de baixas doses de qualquer agente potencialmente danoso. *Radiações horméticas* são, portanto, radiações em baixas doses que promovem estímulos a determinado organismo. Radiações ionizantes têm por sua vez a possibilidade de atingir o organismo por completo, estimulando todas as células quase que instantaneamente, o que não ocorre com o uso de substâncias químicas.

Com o avanço das pesquisas no campo da irradiação, no final do século XIX observou-se alguns benefícios que doses baixas de radiação podem causar a organismos vivos. Efeitos biopositivos como a aceleração do crescimento em *Oscillatoria* (alga verde-azulada) foram descritos já em 1898, por Atkinson. No mesmo ano, Maureney e Thourenin observaram uma aceleração na germinação de sementes irradiadas com raios-X. A ocorrência de efeitos biopositivos de radiações ionizantes em baixas doses e de radiações UV têm sido observados em plantas e células isoladas, desde o início do século passado com os primeiros estudos de JENSEN, 1907. GAGER, 1908 também observou em plantas que havia estímulo ao metabolismo quando da utilização de doses baixas do mineral Rádio. No entanto, a reprodutibilidade, tanto qualitativa quanto quantitativa é baixa, o que dificulta tais estudos (NIEMANN *et*

al.,1976).

Desde então os efeitos estimulantes das radiações eletromagnéticas têm sido observados em uma ampla gama de seres vivos, desde protozoários e bactérias até plantas e animais superiores, incluindo o homem.

Vários trabalhos têm demonstrado que a irradiação ionizante pode aumentar a produção de plantas, surgindo assim como um método alternativo para aumentar a produção de culturas de importância econômica. Apesar da “Teoria Hormesis” ter se confirmado em experimentos e observações realizadas ao longo dos anos, são relativamente poucos os pesquisadores que se dedicam ao estudo deste fenômeno. A dificuldade no estabelecimento de curvas de dose resposta, a falta de um mecanismo de ação específico para explicar as mudanças envolvidas, assim como a dificuldade na reproducibilidade, são provavelmente alguns dos fatores responsáveis pela negligência com que o fenômeno hormesis tem sido tratado.

O efeito estimulante das radiações gama foi comprovado por diversos pesquisadores, em diferentes organismos como bactérias, fungos, leveduras, algas, plantas, invertebrados e até mesmo no homem (LUCKEY, 1980, WIENDL *et al.*, 1995, FRANCO, 1999; BOVI *et al.*, 2003, entre outros). Os exemplos mais conhecidos de efeitos benéficos de doses baixas de radiação em plantas e animais são o aumento na germinação de sementes, a aceleração no crescimento, o aumento da longevidade, a melhora da fertilidade, a prevenção de tumores e o aumento na resistência à infecção (BROWN, 1988).

O mecanismo de ação da hormesis não é totalmente compreendido, mas especula-se, que ele esteja relacionado com a produção de radicais livres, reparo e substituição celulares (SAGAN, 1991).

Radicais livres em altas concentrações produzem danos aos tecidos por meio de interações, por exemplo, com DNA, proteínas, lipídeos das membranas celulares, produzindo peróxidos lipídicos (OKAZAKI, 1995).

Ainda de acordo com OKAZAKI, 1995, estudos sugerem que, baixas concentrações de radicais livres podem ser benéficas e mesmo necessárias para o crescimento celular. O organismo vivo dispõe de um sistema defensivo

contra os efeitos de radicais livres gerados pela radiação ou por outros agentes, por uma série de antioxidantes, incluindo as enzimas catalase, peroxidase, superóxido dismutase e certos íons metálicos. Reações entre estes agentes, oxidantes e antioxidantes são pouco compreendidas. Admite-se que a extensão do dano ao tecido seja decorrente do equilíbrio entre radicais livres gerados e o sistema defensivo de proteção com os antioxidantes. Estas observações sugerem uma possível explicação para a proteção resultante de radiação de doses baixas ou outros agentes que produzem radicais livres (LOKEN & FEINENDEGEN, 1993). Se a radiação estimula a síntese de antioxidantes têm-se então um aumento geral na sua produção contra oxidantes. Vários autores têm demonstrado que um destes antioxidantes, a timidina-kinase tem seu teor aumentado pela radiação em doses baixas (OKAZAKI, 1995).

Ainda, no caso de radiações hormesis, as baixas doses estimulantes podem não excluir a existência de efeitos adversos e sendo assim, ambos os efeitos coexistem, provocando ao mesmo tempo efeitos benéficos e danosos (SAGAN, 1991).

As doses radioestimulantes em vegetais variam não apenas com os fatores edafoclimáticos do local de cultivo, mas também com o genótipo, uma vez que variedades diferentes de uma mesma espécie têm levado a resultados bastante diferentes para uma mesma dose (BADR *et al.*, 1997; MONTI e DONINI, 1968; ABDEL-FATTAH, 1993, entre outros).

HAUT, 1998 em sua tese de doutorado que analisou diversos trabalhos e teorias formuladas para explicação do “Fenômeno Hormesis”, concluiu dizendo que “Alguns sistemas celulares e organismos mostram sob condições muito específicas, Hormesis e reações adaptativas”. Também conclui que as radiações induzem o sistema de defesa e reparação celular e, como este estímulo situa-se na fronteira dos efeitos benéficos e pode atingir os efeitos danosos, o efeito final deve apresentar balanço positivo. Uma vez que esta reação não é provada para todos os sistemas, ainda não é possível no presente momento uma conclusão final sobre o tema.

Sendo assim, é necessário um estudo mais aprofundado em espécies

e variedades de uso comercial no Brasil, em condições edafoclimáticas específicas e em variedades comerciais de culturas específicas, o que permitirá a utilização desta técnica em larga escala, com benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Com a intenção de viabilizar a utilização da irradiação de sementes em lavouras comerciais, o objetivo deste trabalho foi a irradiação de sementes de tomate *L. esculentum* Mill. híbrido “Gladiador”, com baixas doses de radiações γ (radiação hormesis) do Co-60, a fim de verificar seus efeitos no desenvolvimento e produção da planta em condições de cultivo comercial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

SAVIN e SHUTOV, 1965 relataram aumento de produção, com a irradiação, com doses de 3kR, em sementes de feijão, devido a emissão de maior quantidade de ramos laterais e a inibição do ramo principal. Resultados semelhantes foram encontrados para soja e feijão quando irradiados por STAN e JINGA, 1966 e 1967, sendo observadas melhora na germinação e maior quantidade de flores, quando irradiados com doses de até 1kR.

SHAMJI e SOFAJY, 1980 irradiando sementes de fava de dois cultivares distintos (*Vicia faba* L. cv. French e Egyptian), utilizando o Co-60 como fonte de radiação e com doses entre 100-5000 R observaram que doses entre 500 e 1000 R aumentaram, significativamente, o peso seco e a área foliar dos cultivares tratados.

KIKUCHI, 1987, em seu mestrado no Brasil, irradiou sementes de feijão com doses de 0,5 e 2 Gy (1Gy = 100 rad; LUCKEY, 1980) e de rabanete comprido vermelho com doses entre 10 e 30 Gy. Concluiu que não houve modificação na germinação final das sementes, no crescimento e nem no desenvolvimento final das plantas, para ambas as culturas. JOSHI e KHALATKAR, 1981 irradiando sementes de *Capsicum annuum* na tentativa de induzir mutagênese observaram que houve, em baixas doses de radiação gama, um aumento do número de sementes por cápsula assim como aumento no número de frutos e tamanho destes. O crescimento diminuiu com o aumento das doses. As menores doses que aumentaram a produção de sementes também induziram anomalias mitóticas e meióticas assim como esterilidade do pólen, apesar deste efeito ser mais frequente com a utilização de altas doses. Concluem ainda, que o estímulo ao crescimento da cápsula e à produção de sementes são aparentemente fisiológicos, uma vez que não foram observados na geração seguinte.

SAX, 1963, apesar de não estar, à época, totalmente convencido dos efeitos das radiações gama no ganho de produtividade, concordava que havia

evidências de estímulo ao crescimento das plantas, quando aplicadas em certas fases do desenvolvimento. O estímulo ao crescimento, segundo ele, pode ser atribuído a alteração no balanço das auxinas.

Por sua vez, WOODHAM e BEDFORD, 1970 irradiando raízes de fava (*Vicia faba*) constataram que na presença de auxina, o estímulo nas raízes produzido pelas radiações em baixas doses é eliminado. Com estes resultados, acreditam que o estímulo temporário é consequência de um distúrbio de auxinas na raiz.

De acordo com MAHERCHANDANI, 1975, que estudou os efeitos de radiações gama, em sementes dormentes de aveia, com doses entre 10 a 60 kR, a dose de 10 kR promoveu germinação de 93% das sementes tratadas, enquanto a testemunha teve apenas 58% de germinação. As doses mais altas inibiram a germinação. Ele também relata que a aplicação de ácido giberélico teve pequena vantagem sobre a dose de 10 kR, na germinação das sementes.

Vários autores relatam ainda que o uso de radiações ionizantes aumenta a taxa de respiração (LIVINGSTON e STETTLER, 1973; SIDRAK e SUESS, 1973 e WOODSTOCK e JUSTICE, 1967) e que a germinação pode ser ativada com o uso de alta concentração de oxigênio (BLACK, 1959) e agentes como peróxido de hidrogênio - H_2O_2 HAY, 1962.

STAN e CROITORU, 1970 relatam que em sementes de soja tratadas houve estímulo na germinação, florescimento e maturação precoce assim como aumento na produção. Sementes expostas a 15 e 20 kR tiveram aumento na quantidade de proteínas mas não na de lipídeos. Micronutrientes tiveram seu aumento em dois picos com máximos quando sementes foram irradiadas com 10 e 25 kR. (STAN e CROITURU, 1971).

AL-SAFADI e SIMON, 1996 foram capazes de aumentar o rendimento de cenouras entre 10-35%.

BOVI *et al*, 2003 estudando além de cenoura, rabanete e beterraba observaram que a irradiação de sementes seguida de plantio foi mais efetiva que a irradiação e o plantio após 6 dias para o aumento da produção. À exceção da beterraba que mostrou ganho na produtividade em 9,9%, quando

as sementes foram plantadas 6 dias após a irradiação. Não houve ganho na produtividade da beterraba, quando se realizou o plantio no mesmo dia em que foi tratada.

DEGNER e SCHACHT, 1974, 1975, 1977, 1981, 1984 e DEGNER *et al.*, 1975, em vários trabalhos, irradiaram sementes de milho e outros cereais e plantaram, inclusive em escala comercial, chegaram a resultados bastante promissores. Segundo eles as doses de 50 e 200 rad foram as que mais estimularam o aumento da produção, e na menor taxa utilizada, a de 4rad.min^{-1} . Também fizeram a correlação entre o período de armazenamento da semente de milho e a produção final e chegaram a conclusão que a maior massa verde, massa seca e proteína bruta é alcançada quando a semeadura ocorre em até sete dias após a irradiação. Com a semeadura de sementes irradiadas em diversas regiões da Alemanha, atestaram que os aumentos de produção apresentaram valores estáveis mesmo quando as condições edafoclimáticas eram diferentes. Já em 1984, em um estudo comparativo com várias espécies como milho, aveia, trigo, cevada, colza, entre outras, verificaram se os aumentos de produção final poderiam ser previstos durante a germinação. Concluíram que esta previsão não é possível, pois as doses estimulantes para germinação não coincidem com as doses estimulantes para produção.

FRANCO, 1999 em sua tese de doutorado estudando milho, no Brasil, relata incremento na produção quando sementes foram expostas a radiações gama do Co-60 antes do plantio. O trabalho, conduzido em condições comerciais para produção de milho constatou ainda que o tratamento com irradiação não induziu a susceptibilidade a pragas e doenças. As doses com melhor resposta no aumento de produção foram as de 5,0, 7,5 e 10 Gy onde o aumento na produção chegou a 13%.

SIDRAK e SUESS, 1973, expuseram plântulas de tomate de dois cultivares “alto” (Lukullus) e “anão” (prof. Rudloff) com 12 dias de idade, a doses entre 250 a 2000 R, em condições de estufa. Em ambos os casos houve aumento do peso dos frutos. As sementes do cultivar “alto”, quando irradiadas nas doses de 250-1000 R antes do plantio mostraram precocidade no

amadurecimento dos frutos, assim como aumento no número e peso dos frutos. Houve aumento no consumo de oxigênio pelas sementes para os dois cultivares, mas com resposta em doses diferentes.

KAHAN, 1974, irradiou sementes de tomate do cultivar “Mecheast” 22 com doses entre 250 a 1000 rad. Aos 45 dias após transplante as plantas geradas das sementes tratadas mostraram maior número de inflorescências com as doses de 500 e 750 rad tendo alta significância. As inflorescências extras estavam localizadas em sua maioria nos ramos laterais e os tratamentos com irradiação também propiciaram maior número de flores abertas no início do período de florescimento. Os tratamentos com irradiação não alteraram o desenvolvimento vegetativo da planta apesar de mostrarem uma tendência ao aumento da ramificação.

VOLOOZH e ZHAMYANSUREN, 1976, em seu estudo de irradiação de sementes de tomate, com plantio na região da Mongólia, constatam que houve aumento não apenas no número de frutos mas também no peso médio destes em até 13,9 %, para as doses de 2,5 kR e 3,0 kR.

BADR *et al.*, 1997, irradiando sementes de dois cultivares de tomate, “Roma VF” e “Pearson A-1 improved”, por dois anos seguidos, nas doses de 500 a 4000 R, relatam que houve crescimento vegetativo significativamente maior em relação à testemunha, maior número de frutos, sem contanto alterar o peso médio destes. Houve também aumento na produção, com vantagem para dose de 1kR para ambos os cultivares, ainda que em intensidade diferente para cada um deles. A dose mais alta resultou na inibição do crescimento. Na ocasião a taxa de dose utilizada foi de 1562,5 R.min⁻¹.

GONZALEZ, *et al.*, 2002 comparou o efeito de doses horméticas de raio-X em sementes de tomate da variedade “Campbell 28” com doses de 5 a 20 Gy e uma taxa de dose de 11,46 Gy.min⁻¹. Houve não apenas uma maior produção em relação à testemunha mas também, uma diminuição da acidez e aumento da quantidade de sólidos solúveis (°Brix) e vitamina C. No seu trabalho sobre métodos físicos estimulantes, ainda não publicado, o mesmo autor ao irradiar 4 variedades diferentes de tomate, INCA 9-1, Tropical Mallac

10, Campbell 28 e Lignon, mostra que os incrementos na produtividade do tomate com uso de radiações gama do Co-60 não seguem uma curva β (“U” invertido) mas uma curva δ (“M”).

O efeito positivo dos tratamentos com irradiação ionizante no crescimento vegetativo pode ser atribuído a maior taxa de divisão e alongamento celular de acordo com HOLSTEN *et al.*, 1965. Resultados similares foram obtidos por AL-SAFADI e SIMON, 1990 em células de cenoura irradiadas e mantidas em cultura de tecidos.

VILHENA, 2010 a fim de verificar no campo os efeitos horméticos de baixas doses de radiação gama do Co-60 em sementes de arroz irrigado, aplicou em 90 sacas de arroz semente a dose de 6 krad uma taxa de dose de $0,70 \text{ rad.min}^{-1}$. A produção final foi 30% superior a colheita presumida no início da safra sendo que seus vizinhos tiveram, devido a seca na região do município de São Gabriel em 2007, uma quebra de 30% na produção. O mesmo autor também informa que sementes de capim colônio foram irradiadas o que levou a um incremento significativo no número de perfilhos e maior produção final.

MOUSSA, 2006 estudando os efeitos da radiação em plantas de rúcula (*Eruca vesicaria* subsp. sativa) originadas de sementes irradiadas com doses de 0, 20, 50, 100 e 200 Gy constatou que além da produção final, massa de sementes e óleos essenciais, também os açúcares totais, amino ácidos livres, fenóis totais solúveis, kinetina (citocinina), GA3, atividade da nitrato redutase e proteína total, também aumentaram significativamente em relação ao controle na dose de 20 Gy. O estudo mostra ainda que o conteúdo de nitrato caiu significativamente e que o conteúdo dos macroelementos como nitrogênio e potássio aumentaram quando o de fósforo manteve-se estável.

FLAIG e SCHMID, 1966 em seu trabalho comparando os resultados obtidos por vários autores que estudaram baixas doses de radiações, não apenas em plantas mas em células animais, concluem sugerindo que o efeito das baixas doses de radiação é causado por substâncias que são talvez comparadas na sua constituição química, a compostos de substâncias fisiologicamente ativas como produtos da oxidação da tirosina, fosfatase ácida,

peroxidase, polifenolase entre outras. Também concluem que as baixas doses de radiação quase não alteram o DNA e, portanto, os efeitos observados nas plantas como aumento na produtividade não pode ser atribuído a isto.

De acordo com BRESLAVETS, 1946, nos experimentos de irradiação de sementes de centeio na dose de 0,25 kR, houve duplicação na produção.

3. MATERIAIS e MÉTODOS

3.1 Locais de execução

A pesquisa foi conduzida no Estado de São Paulo, nos municípios de Piracicaba onde foi feita a irradiação das sementes e testes laboratoriais no laboratório de Radiobiologia e Ambiente do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/ USP; em Mogi Mirim onde foi feito o plantio e estabelecimento das mudas na Fazenda Cantinho e ainda, em Artur Nogueira, no Sítio “São Gerônimo”, situado na LAT 22°30’51’’S e LONG 47°02’20’’O, onde foi realizado o plantio comercial para produção dos frutos do tomate.

O clima na região de plantio é considerado Cwa (clima temperado úmido) de acordo com a classificação Köppen-Geiger. O clima Cwa é caracterizado por ter inverno seco e verão quente e úmido. No Anexo I observa-se as temperaturas máximas e mínimas diárias assim como o regime pluviométrico da região de plantio, durante a época do experimento. Os dados foram obtidos na propriedade onde foi instalado o experimento.

3.2 Material genético

As principais características do híbrido F1 Gladiador, produzido pela empresa Agristar do Brasil Ltda. marca Top Seed Premium, utilizado para o experimento são: planta vigorosa com hábito de crescimento indeterminado, ótimo enfolhamento, boa proteção dos frutos e excelente sanidade. Ciclo de 110 a 115 dias. Frutos de cor vermelha intensa, com peso médio de 225 g do tipo caqui/ salada. Resistência ao *Fusarium oxysporium*, f. sp. *licopersici* raça 0 e 1; *Meloidogine incógnita*, *M. javanica*; Tomato mosaic tobamovirus; Tomato yellow leaf curl begomovirus – *Geminivirus*; *Verticillium albo-atrum* e *V. dahliae*.

3.3 Irradiação de sementes

Amostras de sementes de tomate híbrido Gladiador, devidamente separadas em lotes de 100 sementes e caracterizadas quanto ao tratamento, foram irradiadas com doses baixas de radiação gama do Cobalto-60 (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0 e 20,0 Gy) à uma taxa de dose 0,519 kGy hora. A umidade nas sementes era de 6%.

A irradiação das sementes de tomateiro ocorreu no dia 03/04/2009 e foi realizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA/ USP, Piracicaba, SP, em um irradiador de Cobalto-60, tipo Gammacell 220, da Atomic Energy of Canada Ltd. Otawa, Canadá. As sementes foram plantadas no dia seguinte ao da irradiação.

As análises das pesagens, pH e Brix dos frutos e medição das folhas foram realizadas no Laboratório de Radiobiologia e Ambiente no CENA/ USP.

3.4 Plantio das sementes

A semeadura em bandeja ocorreu no dia 04/04/2009 em viveiro comercial na região de Mogi Mirim na Fazenda “Cantinho”, especializada na produção comercial de mudas de tomate.

Utilizaram-se bandejas de polietileno com 200 células cortadas ao meio (para se constituir em bandejas de 100 células) com volume de 10 ml/ célula. As células foram preenchidas com substrato de fibra de coco e adubadas com a fórmula N-P-K 4-30-10 + 08 de Nitrato de Cálcio + micronutrientes em fertirrigação uma vez por semana até a idade de transplante para o campo. A irrigação foi feita ao mínimo uma vez por dia a fim de manter o substrato em capacidade de campo. As bandejas foram dispostas de forma aleatória em cima das mesas da estufa e foram realocadas, também aleatoriamente, uma vez por semana a fim de minimizar qualquer eventual efeito de fator externo como insolação, temperatura e vento entre outros (Anexo VII, Figuras 1 a 6).

Cada meia bandeja com 100 células foi totalmente semeada com sementes de um único tratamento com uma semente por célula.

3.5 Avaliação das mudas

Para avaliação da germinação, foram contadas as sementes germinadas e não germinadas. As sementes germinadas que produziram plântulas defeituosas foram consideradas como não germinadas.

As avaliações de altura das plântulas foram feitas em 10 plântulas por tratamento, na diagonal da bandeja.

As plântulas também foram avaliadas quanto ao peso fresco e peso seco da raiz e da parte aérea, sendo coletadas aleatoriamente na bandeja 5 (cinco) plântulas por tratamento, no dia do transplante para o campo, e pesadas individualmente.

O peso da matéria seca da parte aérea e raízes foi obtido colocando-se as plântulas em estufa a 65° C até atingir peso constante.

As mudas foram transplantadas para área de produção comercial e conduzidas sem diferenciação do cultivo comercial de tomate envarado.

Para a análise estatística, considerou-se delineamento inteiramente ao acaso.

3.6 Preparo do solo

Os tratos culturais na área de plantio respeitaram os mesmos da produção comercial de tomate.

A área de plantio foi anteriormente ocupada com milho seguida de pousio com pastagem por um ano. No preparo do solo foram feitas três gradagens pesadas para incorporação do material vegetal seguida de uma aração e duas gradagens leves. Procedeu-se com a aplicação de calcário dolomítico calcinado da empresa Horical com PRNT de 122%, Ca 45% e Mg 18%. A aplicação ocorreu 30 dias antes do plantio na quantidade de 2 ton/ ha.

A adubação de base foi realizada no dia anterior ao plantio das mudas utilizando-se a fórmula NPK 04-14-08 na quantidade de 2,8 t/ ha. Após o transplante das mudas no campo foi feita nova adubação de 04-14-08 na quantidade de 50g/ planta juntamente com roçagem para controle de ervas daninhas.

Durante o cultivo, as plantas foram adubadas via fertirrigação por gotejo como no Anexo II e via foliar como nos Anexos III e IV.

No decorrer do desenvolvimento da cultura, devido a grande quantidade de chuvas, foi necessária a aplicação semanal de 10 g/ planta de 09-00-24 (fonte de Nitrato de cálcio e Cloreto de Potássio). Esta aplicação ocorreu num total de 7 vezes sempre quando não era possível aplicação via fertirrigação.

Os dados da análise de solo da área de instalação encontram-se no Anexo V.

3.7 Plantio no campo

O plantio das mudas no campo ocorreu em 08/05/2009, aos 34 dias após a semeadura em bandeja. Foram plantadas em média 85 plantas de tomate para cada tratamento.

O espaçamento adotado foi de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre linhas. O plantio no campo considerou as mudas sadias, descartando-se as mudas mal formadas e porventura quebradas (Anexo VIII, Figura 1).

O tomate foi conduzido com uma planta por cova com duas hastes, com tutoramento vertical utilizando-se fitilho.

Devido à homogeneidade da área optou-se pelo delineamento totalmente ao acaso. A análise estatística utilizou o Teste de Tukey e foi realizada com ajuda do programa Assistat 7.5 beta.

3.8 Manejo de ervas daninhas, e tratamento fitossanitário

O manejo de ervas daninhas, pragas e doenças foi baseado no número e tipo dos organismos que ocorreram no local, assim como sua dependência das condições climáticas da ocasião. Visou-se o estabelecimento de um manejo ecológico de ervas daninhas, pragas e doenças a fim de prevenir a explosão populacional de espécies chave.

O manejo ocorreu conforme os Anexos VI, Tabelas 1 a 6.

3.9 Amostragens e avaliações

As amostragens e avaliações realizadas ao longo do período do experimento estão resumidas na Figura 2 e está ilustrada no Anexo VIII, Figuras 1 a 6.

3/4 - Irradiação de sementes; 4/4 - plantio em bandejas; 8-13/4 - germinação; 18-25/4 - altura das plântulas; 7/5 altura das plântulas; 8/5 plantio no campo, peso das plântulas; 1/6 - altura da planta; 20/6 - altura da planta, diâmetro do caule, área e peso 5ª folha; 21/7 - altura da planta, diâmetro do caule, área e peso 5ª folha, número de frutos com diâmetro > 3cm; 13/8 - altura da planta, diâmetro do caule, área e peso 5ª folha, número de frutos com diâmetro > 3cm; 14/8 - número de frutos colhidos, peso dos frutos, maturidade dos frutos, Brix e pH dos frutos; 13/9 - número de frutos colhidos, peso dos frutos, maturidade dos frutos; 11/10 - número de frutos colhidos, peso dos frutos, maturidade dos frutos.

Figura 2. Esquema representativo das amostragens e avaliações realizadas durante o experimento.

3.9.1 Altura e diâmetro do caule

Para avaliação do desenvolvimento das plantas, tomaram-se as medições de altura das plantas do colo ao ápice da haste principal e do diâmetro do caule na altura do colo da planta.

Do total de 85 plantas por tratamento, as medidas de altura e diâmetro da planta em campo foram tomadas em 20 plantas por tratamento no dia 01/06/09 e em 10 plantas por tratamento nas amostragens subseqüentes, consideradas repetição e tomadas aleatoriamente, nunca se coletando plantas da bordadura da linha, até o início da época de colheita.

3.9.2 A 5ª folha

A partir do início da época da colheita e, em todas as avaliações subseqüentes foram tomadas de 10 plantas para cada tratamento, sorteadas aleatoriamente e devidamente marcadas a fim de ser possível identificar de quais plantas foram obtidas. Tomou-se o cuidado de considerar um espaço mínimo de duas plantas entre elas e no máximo três plantas a fim de minimizar efeitos de transmissão de doenças, e outros fatores ambientais localizados caso houvesse.

A 5ª folha a partir do ápice, de cada uma das plantas marcadas, foi armazenada separadamente em saquinhos plásticos de polietileno e, estes dentro de envelopes de papel devidamente identificados e acondicionados em caixa de isopor, até ser realizada a pesagem do material fresco e efetuada a medida da área foliar, no mesmo dia da coleta. O peso seco da 5ª folha foi obtido colocando-se as folhas em estufa a 65 °C, até atingir peso constante.

3.9.3 Número de frutos e peso

Devido a característica do híbrido utilizado ser de crescimento indeterminado, a colheita comercial é realizada a cada dois dias a partir do início da época de colheita. Sendo assim, optou-se pela utilização dos dados de três colheitas, com intervalo aproximado de 30 dias, para o cálculo da produtividade. A primeira colheita deu-se no dia 14/08/2009, marcando o início da temporada de colheita do tomate comercial para a área. A segunda colheita foi feita no dia 13/09/2009 e a terceira colheita no dia 11/10/2009, cerca de cinco dias antes do final da colheita na área. A colheita dos frutos e as avaliações destes foram realizadas sempre nas 10 plantas marcadas. Os frutos colhidos foram contados, classificados e pesados sempre no dia seguinte à colheita.

3.9.4 Coloração, Brix e pH dos frutos.

Os frutos foram classificados visualmente quanto a sua coloração em três tonalidades distintas: "esverdeado", "de vez" e "maduro" pois os frutos de tomate são colhidos para comercialização, em qualquer um destes estágios de amadurecimento. Para cada tonalidade foram utilizados 3 frutos cada qual representando uma repetição.

A fim de avaliar as características qualitativas básicas dos frutos, foi realizada para os frutos advindos da primeira colheita, a medição do pH e do Brix.

Para a obtenção da medida do pH, os frutos foram cortados no ápice e macerados internamente, a fim de possibilitar a medição do pH do suco do fruto com pH-metro digital e do Brix com refratômetro (Anexo IX, Figura 1).

Todos os frutos formados e em ponto de colheita, não utilizados para a medição de produtividade foram colhidos e utilizados comercialmente pelo produtor.

4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1. Resultados do viveiro

4.1.1 Germinação de sementes

De acordo com os resultados da Tabela 1, obtidos em três eventos durante o período de germinação do tomate, observa-se que houve uma melhor germinação das sementes irradiadas com baixas doses de radiações ionizantes. Estes resultados corroboram com vários estudos realizados com baixas doses na promoção da germinação de sementes de tomate e outras espécies (PAL *et al.*, 1976, SIDRAK e SUESS, 1973; WIENDL *et al.*, 1995 SEREBRENIKOV, 1965), entre outros.

Apesar desta variedade de tomate apresentar elevada taxa de germinação, não sendo este portanto um problema de importância primária, é interessante salientar que ganhos aparentemente pouco expressivos de 1 a 4% na melhora da germinação, como foi observado neste experimento com o uso de radiações gama, podem ser cruciais no balanço final para produtores de mudas. Isto é mais evidente para culturas de alto valor unitário como hortícolas e frutíferas.

Tabela 1. Número total de sementes germinadas em 100 sementes plantadas.

Tratamento Gy	Dia da avaliação			%
	08/04	10/04	13/04	
0	80	94	94	100,00
2,5	76	95	96	102,13
5	86	96	96	102,13
7,5	85	95	97	103,19
10	67	98	98	104,25
12,5	80	97	97	103,19
15	89	95	95	101,06
20	86	96	96	102,13

4.1.2 Altura e peso das plântulas

Os resultados da Tabela 2 mostram que se considerarmos a altura da plântula, até o cotilédone, há apenas no segundo evento, a tomada de medida do dia 25/04 efeito significativo do tratamento com irradiação. Nas doses de 7,5 e 12,5 Gy houve um maior e menor desenvolvimento até os cotilédones, respectivamente. Este efeito porém, não permaneceu no evento seguinte.

Em relação à altura total das plântulas, observa-se claramente a tendência do tratamento com irradiação, em todas as doses, nos três eventos e em alguns casos com significância estatística, de promover o seu desenvolvimento. Neste caso, os tratamentos de 5 a 10 Gy indicam serem os mais promissores.

Considerando-se a altura total menos a altura do cotilédone que é praticamente o comprimento da primeira folha verdadeira observa-se, assim como para a variável altura total das plântulas, uma tendência nos três eventos de aceleração do crescimento através do uso das radiações ionizantes, também com diferença significativa para algumas doses.

Estes resultados estão de acordo com o observado por diversos autores (BOVI, 2000; WIENDL *et. al.*, 1995; WIENDL, 1993; SIDRAK e SUESS, 1973), inclusive para o tomate, quando utilizaram material genético diferente e sob outras condições edafoclimáticas.

Foi também realizada a medição do peso fresco e do peso seco das raízes das plântulas, Tabela 3, e aqui os resultados não são coerentes com os obtidos por outros autores quando trabalhavam com Rabanete, Cenoura, Beterraba, Fava, Milho, Trigo e Cevada, que relataram o aumento do crescimento das raízes (BOVI, 2000; SHAMJI e SOFAJY, 1980; TAVCAR, 1966). Provavelmente, isto ocorreu devido ao pequeno volume das células da bandeja. Durante as observações notou-se que o diminuto volume das células dificultou o desenvolvimento das raízes, pois estas, ao crescerem para fora das células, “secaram” pela baixa umidade relativa do ar, assim como pela exposição a luz. Sendo assim, acredita-se serem estes os principais fatores que

influenciaram no peso fresco e peso seco da raiz, entre os diferentes tratamentos.

Tabela 2. Altura média de dez plântulas germinadas em bandeja em relação a testemunha.

Tratamento Gy	Altura até o cotilédono em cm			Altura total em cm			Altura total menos altura até cotilédono		
	18/04	25/04	07/05	18/04	25/04	07/05	18/04	25/04	07/05
0	3,28 a	4,17 ab	4,23 a	4,87 c	9,75 d	13,36 b	1,59 b	5,58 d	9,13 b
2,5	3,51 a	4,24 ab	4,17 a	5,48 abc	10,15 cd	14,36 ab	1,97 ab	5,91 cd	10,19 ab
5	3,42 a	4,32 ab	4,35 a	5,60 ab	11,55 a	15,06 ab	2,18 ab	7,23 a	10,71 a
7,5	3,42 a	4,54 a	4,55 a	5,32 abc	11,46 ab	15,26 a	1,90 ab	6,92 ab	10,71 a
10	3,41 a	4,11 ab	4,28 a	5,77 a	10,09 cd	14,21 ab	2,36 a	5,98 cd	9,93 ab
12,5	3,33 a	3,97 b	4,22 a	5,11 bc	9,83 cd	13,42 b	1,78 ab	5,86 cd	9,20 b
15	3,58 a	4,30 ab	4,42 a	5,46 abc	10,68 abc	14,28 ab	1,88 ab	6,38 bc	9,86 ab
20	3,37 a	4,17 ab	4,27 a	5,17 abc	10,59 bcd	14,08 ab	1,80 ab	6,42 bc	9,81 ab
Teste F	0,50 ns	2,93 **	1,16 ns	4,40 **	11,38 **	2,76 *	2,77 **	10,95 **	3,03 **
DMS	0,59	0,43	0,51	0,61	0,91	1,79	0,64	0,75	1,51
C.V. %	12,38	7,35	8,45	8,17	6,18	9,01	23,70	8,59	10,86

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,05$); *- significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação

Tabela 3. Peso fresco e peso seco médio em gramas da parte aérea e da raiz de cinco plântulas no dia do transplante para o campo (08/05/09).

Tratamento Gy	Peso fresco da parte aérea em gramas	Peso seco da parte aérea em gramas	Peso fresco da raiz em gramas	Peso Seco da raiz em gramas
0	1,16 a	0,14 a	0,50 a	0,05 a
2,5	1,25 a	0,14 a	0,64 a	0,06 a
5	1,27 a	0,16 a	0,53 a	0,05 a
7,5	1,29 a	0,16 a	0,56 a	0,06 a
10	1,03 a	0,15 a	0,53 a	0,06 a
12,5	1,11 a	0,15 a	0,51 a	0,05 a
15	1,13 a	0,16 a	0,58 a	0,06 a
20	1,15 a	0,13 a	0,53 a	0,05 a
Teste F	1,76 ns	0,38 ns	1,62 ns	1,76 ns
DMS	0,31	0,06	0,16	0,01
C.V. %	12,99	20,11	14,23	13,90

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,05$); *- significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação

4.2 Resultados do campo

4.2.1 Altura e diâmetro do caule

Como se observa na Tabela 4, os dados, para a altura das plantas no campo, mostram crescimento acelerado para aquelas advindas de sementes irradiadas. Para a dose de 10 Gy, até o segundo evento, foi significativamente maior o tamanho das plantas. A tendência também é observada nas doses de 2,5 a 7,5 Gy. Doses maiores, de 12,5 a 20 Gy aparentemente inibiram o desenvolvimento das plantas, que mesmo assim, continuaram com uma média compatível a encontrada para a testemunha.

Nos eventos seguintes, do dia 21/07 e 13/08 (dia anterior à primeira colheita) houve uma diminuição deste efeito, dificultando a interpretação da resposta à irradiação em uma curva β (“U” invertido), assemelhando-se a δ (formato “M”). A curva δ é, de acordo com LUCKEY, 1980, uma das possibilidades de respostas as doses horméticas. É importante ainda ressaltar que uma das possibilidades, para a não detecção de diferenças significativas ao nível de 1 ou 5 % em relação ao controle, seja a prática da despona. A despona é a prática da retirada da parte apical da planta, comumente realizada no cultivo do tomateiro, visando a redução da dominância apical, equilibrando a vegetação, favorecendo a maturação das gemas basais e promovendo um melhor desenvolvimento dos frutos. Sendo assim, esta prática pode ter influenciado no resultado real nos dois últimos eventos, quando ocorreu a despona.

Na Tabela 4, no primeiro evento, o diâmetro médio do caule foi maior para o tratamento de 10 Gy e menor para o tratamento de 15 Gy, sendo que o controle não mostra diferença significativa entre estes extremos. No evento subsequente, observa-se que houve apenas para o tratamento de 5 Gy, uma diferença significativa em relação ao controle. Os resultados do terceiro evento mostram que o tratamento de 2,5 e 5 Gy tiveram o diâmetro médio menor que o controle. Aparentemente, ocorreu uma diminuição no diâmetro médio do caule,

porém, esta afirmação não possui significância estatística.

O fenômeno de maior crescimento em altura já foi observado por outros autores (SIDRAK e SUESS, 1973; BADR *et al.*, 1997) para o tomate.

Tabela 4. Altura e diâmetro médios das plantas em cm, até a primeira colheita.

Tratamento Gy	Altura média em cm				Diâmetro médio do caule em cm		
	01/06	20/06	21/07	13/08	20/06	21/07	13/08
0	31,65 bc	67,70 bc	139,00 ab	179,50 bc	13,07 ab	15,43 a	16,56 a
2,5	33,55 b	70,40 b	132,00 b	169,90 c	13,40 ab	14,20 ab	14,17 c
5	32,50 b	70,10 b	139,50 ab	188,00 ab	13,34 ab	13,93 b	14,63 bc
7,5	31,60 bc	71,00 ab	142,30 a	198,50 a	13,24 ab	14,78 ab	15,06 abc
10	37,15 a	74,30 a	140,80 ab	192,00 ab	13,70 a	15,18 ab	15,00 abc
12,5	31,95 bc	66,30 c	136,80 ab	183,00 bc	12,76 ab	14,70 ab	15,33 abc
15	29,35 c	66,10 c	136,90 ab	186,00 ab	12,71 b	14,55 ab	16,00 ab
20	32,75 b	69,80 bc	133,70 ab	181,00 bc	12,98 ab	14,83 ab	15,48 abc
Teste F	10,06 **	10,05 **	2,56 *	7,64 **	2,51 *	2,24 *	3,54 **
DMS	3,04	3,78	9,64	13,74	0,97	1,43	1,77
C.V. %	9,61	3,90	5,02	5,33	5,28	6,97	8,29

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,05$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação.

4.2.2 Peso e área da 5ª folha

Na Tabela 5, para o peso fresco da 5ª folha observa-se que houve significância estatística apenas a partir do terceiro evento, para as doses de 7,5 e 10 Gy mostrando efeito significativo de inibição em relação ao peso fresco quando comparado ao tratamento de 12,5 Gy que promoveu o incremento do peso fresco.

Em relação ao peso seco da 5ª folha, na mesma Tabela 5, podemos observar que esta variável foi significativamente maior para o tratamento com dose de 15 Gy. Já no segundo evento, nas doses de 5 e 7,5 Gy, ocorreu o efeito inverso, isto é, peso seco médio da 5ª folha menor, quando comparado a testemunha.

No evento seguinte, o menor peso seco das folhas dos tratamentos 7,5 e 10 Gy e o maior peso, obtido com o tratamento 12,5 Gy foram

significativos. O tratamento controle apresenta valores intermediários.

O menor peso seco das folhas dos tratamentos 7,5 e 10 Gy provavelmente esteja relacionado ao fato de que as plantas advindas de semente irradiada, tiveram um crescimento vegetativo acelerado em comparação ao controle, como evidenciado pelos dados da altura na Tabela 5, para os dois primeiros eventos. O crescimento vegetativo acentuado das hastes principais poderia levar a uma maior taxa na emissão de folhas e conseqüentemente a folha amostrada seria menor. Este fato, crescimento acentuado, já foi observado por vários autores e não apenas para o tomate (SAVIN e SHUTOV, 1965; BOVI *et al.*, 2003; SIDRAK e SUESS, 1973; BADR *et al.*, 1997; VILHENA, 2010).

Considerando ainda a área da 5ª folha Na Tabela 5 observa-se que houve, no segundo evento (21/07), significativa diminuição da área nos tratamentos de 5 a 10 Gy e, uma tendência na diminuição em todos os outros tratamentos, em relação à testemunha. No terceiro evento à exceção do tratamento com a dose 12,5 Gy, onde a área foliar foi significativamente maior, nos tratamentos de 15 e 20 Gy, onde houve tendência para uma maior área foliar mas não apresentaram diferença estatística em relação ao controle. Os tratamentos de 2,5 a 10 Gy apresentaram uma área próxima a do controle. Aparentemente ocorreu, neste terceiro evento, um pico no tamanho da área total da 5ª folha na dose de 12,5 Gy e mínimo em 10 Gy.

Estes resultados não concordam com os obtidos por outros autores como SHAMJI e SOFAJY, 1980 e BADR, *et al.*, 1997 que relataram incremento na área foliar. No entanto, analisando-se que houve no mesmo evento uma tendência das plantas irradiadas a apresentarem maior tamanho médio (Tabela 4) não se pode descartar a hipótese de que houve maior taxa de emissão de folhas nas plantas de sementes irradiadas, conseqüentemente, a 5ª folha não se expandiu completamente, resultando numa menor área foliar, porém não na planta inteira.

Tabela 5. Média do peso fresco, seco em gramas e área foliar em cm² da 5ª folha.

Tratamento Gy	Peso fresco da 5ª folha em gramas			Peso seco da 5ª folha em gramas			Área foliar da 5ª folha em cm ²		
	20/06	21/07	13/08	20/06	21/07	13/08	20/06	21/07	13/08
0	31,27 a	21,15 a	13,75 ab	2,94 a	2,08 ab	1,77 ab	587,58 a	402,79 a	275,01 ab
2,5	29,84 a	16,86 a	14,82 ab	2,72 a	1,56 abc	1,80 ab	594,15 a	336,95 ab	307,04 ab
5	32,30 a	14,63 a	14,70 ab	2,87 a	0,93 cd	1,88 ab	610,67 a	283,85 b	309,99 ab
7,5	32,83 a	12,47 a	12,37 b	2,88 a	0,77d	1,54 b	636,35 a	248,11 b	254,18 ab
10	33,53 a	14,03 a	11,99 b	2,97 a	1,45 bcd	1,53 b	657,62 a	281,02 b	251,72 b
12,5	32,67 a	18,07 a	20,42 a	2,90 a	2,08 ab	2,73 a	637,47 a	337,84 ab	401,77 a
15	37,24 a	32,39 a	17,31 ab	3,43 a	2,23 a	2,18 ab	708,98 a	333,20 ab	346,88 ab
20	32,00 a	13,61 a	17,60 ab	2,82 a	1,63 abc	2,28 ab	612,42 a	263,79 b	349,45 ab
Teste F	0,90 ns	1,52 ns	2,85 *	0,67 ns	10,80 **	3,43 **	0,92 ns	7,13 **	2,41 *
DMS	9,92	23,22	7,52	1,14	0,72	0,97	180,82	110,46	148,35
C.V. %	21,73	92,95	35,07	27,78	32,58	35,63	20,54	25,45	34,07

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,05$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação

4.2.3 Número médio de frutos verdes com diâmetro maior que 3 cm

Na Tabela 6, número médio de frutos verdes com diâmetro maior que 3 cm, os dados evidenciam que não houve diferença estatística para o número de frutos no primeiro evento, já para o segundo evento, houve um menor número de frutos na testemunha e maior número de frutos para os tratamentos de 12,5 e 15 Gy. Houve também tendência de maior número de frutos para todos os outros tratamentos com irradiação.

Estes resultados são semelhantes aos observados por BADR *et al.*, 1997. No início do desenvolvimento dos frutos, houve praticamente a mesma emissão do número de frutos, tanto para o controle como para os tratamentos de sementes irradiadas. As plantas advindas de sementes irradiadas superaram a testemunha, mostrando evidência de um crescimento acelerado e, a manifestação do fenômeno hormesis.

Tabela 6. Número médio de frutos verdes com diâmetro maior que 3 cm.

Tratamento Gy	Número de frutos com diâmetro maior que 3 cm	
	21/07	13/08
0	13,70 a	26,50 b
2,5	13,30 a	30,90 ab
5	10,60 a	28,20 ab
7,5	11,40 a	29,00 ab
10	13,60 a	33,20 ab
12,5	13,30 a	34,00 a
15	11,20 a	35,40 a
20	12,50 a	31,40 ab
Teste F	1,51 ns	3,35 **
DMS	4,37	7,37
C.V. %	25,18	17,01

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,05$); *- significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); **- significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação

4.2.4 Número médio de frutos colhidos

A Tabela 7 mostra o número médio dos frutos colhidos e classificados em três classes, “esverdeados”, “de vez” e “maduros”. Para os frutos “esverdeados” não houve diferença, em número de frutos, entre os tratamentos.

Considerando-se os frutos “de vez”, observa-se, no segundo evento diferença estatística, sendo o controle com menor número de frutos que os tratamentos 12,5 e 15 Gy e os demais tratamentos apresentaram maior número de frutos neste estágio de desenvolvimento. Já no evento seguinte, na última colheita, o número de frutos “de vez” é significativamente maior para o tratamento 10 Gy, em relação à testemunha. Para os outros tratamentos, de 12,5 a 20 Gy não há diferença significativa em relação a testemunha e, nos tratamentos 2,5 a 7,5 Gy os valores são intermediários.

O número médio de frutos maduros foi estatisticamente diferente no primeiro evento, quando o tratamento 7,5 Gy apresentou menor número que o tratamento com 10 Gy. O controle situa-se entre estes dois extremos assim como os demais tratamentos. No evento seguinte há nova mudança, com o

tratamento 12,5 e 15 Gy apresentando a maior média e, juntamente com a testemunha, os tratamentos 5; 7,5 e 10 Gy com o menor número médio de frutos maduros. O número médio de frutos maduros, no final do período de colheita, foi melhor para o tratamento 2,5 Gy e menor para 15 e 20 Gy. O resultado foi estatisticamente similar no número de frutos em relação à testemunha para os outros tratamentos.

A colheita dos frutos de tomate é realizada em qualquer um destes estádios de maturação e sendo assim, o número total de frutos, apresentado na Tabela 8 é de grande importância. Observa-se claramente que à exceção do tratamento 7,5 Gy, no primeiro evento, e dos tratamentos 15 e 20 Gy no último evento, para todos os outros eventos e para todos os tratamentos com irradiação de sementes, houve incremento, na produção em relação a testemunha.

Considerando que uma aceleração no metabolismo acarretaria a um crescimento mais rápido e vigoroso da planta, a produção de frutos seria também acelerada e com isso o número total de frutos também seria maior assim como foi observado neste estudo.

Em relação a última colheita (11/10), observou-se no campo que para seis das plantas do tratamento 12,5 Gy, o terço superior tinha os ramos quebrados, resultado do efeito de algum problema ocorrido durante o cultivo. Também, uma das plantas do tratamento 15 Gy apresentava sinais de doença fúngica.

Tabela 7. Número médio de frutos “esverdeados”, “de vez” e “maduros” por tratamento.

Tratamento Gy	Número médio de frutos esverdeados/ planta			Número médio de frutos de vez/ planta			Número médio de frutos maduros/ planta		
	14/08	13/09	11/10	14/08	13/09	11/10	14/08	13/09	11/10
0	0,30 a	0,50 a	1,60 a	0,60 a	0,70 b	0,70 b	0,60 ab	0,30 b	0,70 ab
2,5	0,40 a	0,60 a	2,60 a	0,60 a	1,10 ab	1,20 ab	0,50 ab	1,60 ab	1,60 a
5	0,60 a	0,70 a	2,40 a	0,80 a	1,00 ab	1,50 ab	0,60 ab	0,10 b	0,60 ab
7,5	0,30 a	0,70 a	1,50 a	0,30 a	1,80 ab	1,50 ab	0,10 b	0,20 b	0,80 ab
10	0,60 a	0,80 a	2,30 a	0,80 a	1,70 ab	2,70 a	1,30 a	0,10 b	1,00 ab
12,5	0,30 a	1,30 a	1,40 a	0,40 a	2,70 a	0,80 b	0,70 ab	2,50 a	0,50 ab
15	0,20 a	0,90 a	1,80 a	0,60 a	2,70 a	0,70 b	0,80 ab	2,30 a	0,10 b
20	0,20 a	1,20 a	1,50 a	1,00 a	2,40 ab	0,80 b	0,70 ab	1,10 ab	0,20 b
Teste F	0,69 ns	1,08 ns	1,04 ns	0,95 ns	3,92**	3,62 **	2,22 *	6,18 **	2,62 *
DMS	0,85	1,20	2,04	1,03	1,75	1,58	0,99	1,78	1,29
C.V. %	167,98	102,73	77,56	115,30	71,17	91,39	106,88	124,58	134,43

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,05$); *- significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); **- significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação

Tabela 8. Número total de frutos colhidos.

Tratamento Gy	Número total de frutos			Número total de frutos nos 3 eventos
	14/08	13/09	11/10	
0	15	15	30	60
2,5	15	34	54	103
5	20	18	45	83
7,5	7	27	38	72
10	27	26	60	113
12,5	14	63	27	104
15	16	59	26	101
20	19	43	25	87

4.2.5 Brix e pH médio

Na Tabela 9, onde se encontram os valores médios de Brix para as três classes de grau de maturação de tomate colhidos, dia 14/08, observa-se que apenas para os frutos considerados “esverdeados” houve diferença significativa para o tratamento 5 Gy, este apresentou maior teor de sólidos solúveis do que os frutos irradiados com 2,5 Gy e as doses mais altas de 10 a 12,5 Gy. Para os outros frutos classificados como “de vez” e “maduro”, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Isto pode ocorrer pois a definição do ponto de maturação baseada nas cores, apesar dos cuidados na realização, é uma medida subjetiva.

Porém, quando se considera o total dos frutos amostrados para cada tratamento independente de seu grau de maturidade, houve diferença significativa ao nível de 5% para os frutos controle e o tratamento 10 Gy. Todos os outros tratamentos apresentaram valores entre estes com tendência para os tratamentos de 2,5 ao 7,5 Gy em apresentarem Brix mais próximo ao controle e os tratamentos de 12,5 a 20 Gy, um Brix menor, isto é, mais próximo ao tratamento de 10 Gy. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por FERNANDEZ, 2010 que analisou aspectos qualitativos dos frutos de quatro variedades de tomate em Cuba, advindos de plantas que tiveram suas sementes irradiadas, obteve resultados, em três das variedades, no aumento de Brix para as doses de 5 e 20 Gy em relação a testemunha e aos outros tratamentos com doses intermediárias.

Para o pH dos frutos “esverdeados” não houve diferença estatística entre os tratamentos mas, para os frutos “de vez”, observa-se que os valores são maiores no tratamento testemunha ao 12,5 Gy e significativamente menores para as duas doses maiores. Os frutos maduros também mostraram tendência ao mesmo comportamento, isto é, pH mais ácido a partir do tratamento com 10 Gy. Quando analisamos os valores obtidos para os frutos sem distinção do seu grau de maturação, observa-se com certeza estatística que o pH a partir do tratamento com 10 Gy começa a diminuir, com seu valor mínimo para o tratamento de 20 Gy.

Tabela 9. Brix e pH médio dos frutos da primeira colheita em três estágios de maturação.

Tratamento Gy	Brix				pH			
	esverdeado	de vez	maduro	total	esverdeado	de vez	maduro	total
0	4,20 ab	4,67 a	4,40 a	4,42 a	4,61 a	4,72 a	4,63 ab	4,65 a
2,5	4,07 b	4,07 a	4,34 a	4,16 ab	4,79 a	4,58 ab	4,65 ab	4,68 a
5	4,60 a	4,34 a	4,00 a	4,31 ab	4,80 a	4,76 a	4,85 a	4,80 a
7,5	4,34 ab	4,40 a	4,20 a	4,31 ab	4,64 a	4,66 a	4,61 ab	4,64 a
10	4,07 b	4,14 a	3,87 a	4,02 b	4,78 a	4,45 ab	4,46 ab	4,56 ab
12,5	4,07 b	4,00 a	4,14 a	4,07 ab	4,41 a	4,34 ab	4,29 b	4,35 b
15	4,07 b	4,00 a	4,07 a	4,05 ab	4,22 a	4,16 b	4,53 ab	4,30 b
20	4,07 b	4,27 a	4,40 a	4,24 ab	4,27 a	4,17 b	4,44 b	4,29 b
Teste F	3,78 *	1,63 ns	1,71 ns	2,76 *	3,90 ns	6,33 **	4,08 **	10,20 **
DMS	0,49	0,89	0,73	0,39	0,59	0,46	0,41	0,27
C.V. %	4,14	7,40	6,18	6,33	4,55	3,65	3,16	4,03

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,05$); *- significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); **- significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação

4.2.6 Peso médio dos frutos

Os pesos médios dos frutos obtidos nas três colheitas são apresentados na Tabela 10. Na primeira colheita, o teste F, por estar no limiar da significância aponta como não significativo para o nível de 5% de probabilidade porém, foi significativo ao nível de 10% de probabilidade. Sendo assim, a comparação entre médias pelo teste de Tukey para este evento nos mostra que o maior peso médio dos frutos dos tratamentos foi alcançada apenas no tratamento 20 Gy e que o tratamento 7,5 Gy teve o menor peso médio. Os outros tratamentos permaneceram entre estes extremos, incluindo a testemunha.

No segundo evento, observa-se uma tendência dos tratamentos 2,5 a 10 Gy em apresentarem maior peso médio de fruto. Neste caso, a significância estatística ocorre nos tratamentos com maiores doses de 12,5, 15 e 20 Gy apresentando respectivamente 97%, 111% e 93% maior peso médio em relação ao controle.

A terceira colheita não apresenta diferença estatística para o peso médio dos frutos.

Ao observarmos a média dos pesos médios dos frutos dos três eventos nota-se que em nenhum dos tratamentos com irradiação houve menor valor que o controle.

Estes resultados confrontam com os obtidos por BADR *et al.*, 1997 que não encontraram diferença significativa, em nenhuma das doses, entre o tamanho de frutos do tomate cultivar “Mecheast” de sementes irradiadas e a testemunha.

Tabela 10. Peso médio dos frutos em gramas.

Tratamento Gy	Peso médio dos frutos em gramas			
	14/08	13/09	11/10	Média dos 3 eventos
0	113,74 ab	56,35 b	89,44 a	86,51
2,5	99,82 ab	87,48 ab	85,60 a	90,97
5	106,16 ab	78,21 ab	81,97 a	88,78
7,5	69,09 b	92,11 ab	101,67 a	87,63
10	98,97 ab	90,44 ab	104,22 a	97,88
12,5	89,31 ab	111,09 a	95,98 a	98,79
15	87,58 ab	118,99 a	88,95 a	98,51
20	119,43 a	108,87 a	90,88 a	106,39
Teste F	1,97 ‡	3,86 **	0,94 ns	-
DMS	50,31	45,36	35,05	-
C.V. %	36,78	34,97	27,20	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,10$); ‡ significativo ao nível de 10% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,10$); *- significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação

4.2.7 Produção total de frutos

A produção total dos diferentes tratamentos encontra-se na Tabela 11. Fotos de todos os frutos, tratamentos e colheitas encontram-se no Anexo 10, Figuras 1 a 17.

Observa-se que no início da época de colheita houve uma produção significativamente menor apenas para o tratamento 7,5 Gy e, significativamente

maior para os tratamentos 10 e 20 Gy. O tratamento testemunha encontra-se entre estes extremos.

No segundo evento, houve maior produção para os tratamentos com doses maiores, de 12,5 a 20 Gy em relação a testemunha. Também observa-se que nesta fase os tratamentos 2,5; 7,5 e 10 Gy apresentaram tendência a maior produção do que a testemunha e que o tratamento 5 Gy não diferiu estatisticamente da testemunha.

No último evento analisado, na colheita do dia 11/10, houve significativa vantagem para o tratamento 10 Gy, tendência a maior produção também para os tratamentos 2,5 a 7,5 Gy e, produção não diferindo estatisticamente do controle para os tratamentos 12,5 ao 20 Gy.

A soma total das produções obtidas nos três eventos também estão apresentadas na Tabela 11 e, é possível observar que em nenhum dos tratamentos com sementes irradiadas obteve-se valor igual ou menor àquele obtido pela testemunha. Observa-se ainda na Figura 3, que a curva δ se enquadra para a produção total e apresenta os dois picos de máximo nas doses de 2,5 e 10 Gy.

De qualquer maneira é importante lembrar que, como relatado na análise de número de frutos colhidos, houveram na última colheita, quebra nos ramos principais de seis plantas do tratamento 12,5 Gy e, uma planta do tratamento 15 Gy sofreu ataque fúngico. Sendo assim, não é possível saber o grau de comprometimento da produção causado nos tratamentos 12,5 e 15 Gy mas de qualquer forma produziram mais que a testemunha.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por outros autores para o tomate e outras culturas onde se aplicou radiações ionizantes em sementes no pré-plantio (PAL *et al.*, 1976; SIDRAK e SUESS, 1973; BADR *et al.*, 1997; FRANCO, 1999; BOVI, 2000; WIENDL *et al.*, 1995).

Tais resultados sustentam a existência do “Fenômeno Hormesis” e assim, do modelo de dose resposta Hormesis que, ao contrário dos modelos Linear sem limiar – Linear no threshold – e Limiar – Threshold model – ainda com grande aceitação na comunidade científica, originados da extrapolação de

dados com uso de altas doses de radiações ionizantes, não têm para as variáveis analisadas neste estudo, nenhuma correlação.

Tabela 11. Produção total em gramas dos tratamentos nas três colheitas realizadas e soma total das colheitas.

Tratamento Gy	Produção Total em gramas			Total final em gramas	Total final relativo %
	14/08	13/09	11/10		
0	1714,06 ab	1494,17 c	3040,26 b	6248,49	100,00
2,5	1513,22 ab	3009,90 bc	4534,69 ab	9057,81	144,96
5	2162,09 ab	1679,84 c	4171,34 ab	8013,27	128,24
7,5	804,65 b	2690,33 bc	3739,54 ab	7234,52	115,78
10	2641,23 a	2662,77 bc	6321,30 a	11625,30	186,05
12,5	1466,57 ab	7100,02 a	2493,25 b	11059,84	177,00
15	1732,23 ab	6965,03 a	2492,60 b	11189,86	179,08
20	2387,54 a	5023,17 ab	2271,01 b	9681,72	154,94
Teste F	2,92 **	12,85 **	3,92 **	-	-
DMS	150,53	276,63	305,41	-	-
C.V. %	59,83	51,78	60,23	-	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ns – não significativo ($p \geq 0,05$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

DMS – Diferença mínima significativa

C.V. – Coeficiente de variação

Figura 3 – Variação na produção total do tomate de acordo com a dose de radiação.

5. CONCLUSÕES

- Houve melhora na germinação das sementes de tomate em todos os tratamentos em relação a testemunha sendo que a dose de 10 Gy foi a mais efetiva.
- Houve aumento significativo na altura total das plântulas de sementes irradiadas na dose de 7,5 Gy assim como aumento do tamanho da altura total menos altura até o cotilédone para as doses de 5 e 7,5 Gy.
- Houve aumento significativo na altura média das plantas para a dose de 7,5 Gy e maior diâmetro do caule para a dose de 15 Gy.
- A dose de 10 Gy promoveu significativamente menor peso fresco e seco assim como área foliar da 5ª folha.
- O número médio de frutos maiores de 3 cm no início do ciclo foi significativamente maior nos tratamentos de 12,5 e 15 Gy em relação a testemunha e as plantas dos outros tratamentos mostraram tendência em produzir maior número de frutos neste estágio.
- O número de frutos “de vez” foi significativamente maior para as doses de 12,5 e 15 Gy e houve tendência em todos os outros tratamentos de apresentarem maior número de frutos neste estágio em relação a testemunha, no meio do ciclo da cultura.
- O número total de frutos foi maior em todos os tratamentos com plantas desenvolvidas de sementes irradiadas com destaque para o tratamento 10 Gy com 88,3% mais frutos que o controle.
- O pH dos frutos da primeira colheita foi mais ácido nas doses de 12,5 a 20 Gy. O Brix dos frutos foi significativamente mais baixo apenas para o tratamento 10 Gy.
- O peso médio dos frutos foi significativamente maior no meio da época de colheita para os frutos dos tratamentos 12,5, 15 e 20 Gy e não difere da testemunha no início nem no final da época da colheita.
- Os tratamentos 12,5, 15 e 20 Gy apresentaram maior produção no meio da

época da colheita. O tratamento 10 Gy apresentou maior produção no final do ciclo da cultura.

- A soma das produções dos tratamentos com irradiação por tratamento foram sempre maiores que a soma da produção da testemunha, com vantagem para o tratamento 10 Gy; 15 Gy; 12,5 Gy; 20 Gy; 2,5 Gy; 5 Gy e 7,5 Gy com 86 %, 79%, 77%, 55%, 45%, 28% e 15%, respectivamente.
- Os parâmetros analisados sugerem que houve mudanças a nível fisiológico nas plantas advindas de sementes irradiadas.
- Foi possível, através do uso de baixas doses de radiações gama do Co-60 a indução de efeitos estimulantes, hormesis, em todas as doses utilizadas em no mínimo um dos parâmetros analisados.
- Para o aumento da produção total de tomate nas condições deste estudo, recomenda-se a utilização da dose de 10 Gy.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-FATTAH, M.A. Stimulation effect of gamma radiation on two tomato cultivars and their first generation Hybrid. Tese doutorado, Universidade da Alexandria, Faculdade de Agricultura, 1993.

AGRIANUAL. Anuário estatístico da agricultura Brasileira. São Paulo: FNP p.490-496, 2010.

AL-SAFADI, B.; SIMON, P.W. Gamma irradiation-induced variation in carrots (*Daucus carota* L.). Journal American Society of Horticultural Science, v.121, n.4, p.599-603, 1996.

AL-SAFADI, B.; SIMON, P.W. The effect of gamma radiation on the growth and cytology of carrot tissue culture. Environ. and Experimental Botany, v. 30, pp 361-371, 1990.

ARAGÃO, C. A. Tricomas foliares associados à resistência ao acaro rajado *Tetranychus urticae* Koch. em linhagens de tomateiro com alto teor de 2-tridecanona no folíolos. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

BADR, H.M.; ALSADON, A.A.; AL-HARBI, A.R. Stimulation effects of gamma radiation on growth and yield of two tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) cultivars. J. King Saudi Univ. v. 9, Agric. Sci. (2), pp 277-286, 1997.

BLACK, M. Dormancy studies in the seed of *Avena fatua*. The possible role of germination inhibitors. Can. J. Bot. v. 37, 393-402, 1959.

BOVI, J. E. Utilização da radiação gama do Co-60 em sementes de beterraba *Beta vulgaris*, cenoura *Daucus carota* e rabanete *Raphanus sativus* para estimular o aumento da produção. Tese Doutorado - Universidade de São Paulo, 2000.

BOVI, J. E.; ARTHUR, V.; TESSARIOLI NETO, J. Effect of low gamma irradiation of beet seeds on plant growth and yield. Journal of Nuclear Agriculture and Biology, New Delhi, v. 32, n. 2, p. 122-124, 2003.

BROWN, K. Does a little radiation do you good? Atom, 378, 26-7, 1988.

CALABRESE, E.J. Hormesis why it is important to toxicology and toxicologists. Environmental Toxicology and Chemistry 27, pp 1451-1474, 2008.

CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L. The dose determines the stimulation (and poison): development of a chemical hormesis database, International Journal of Toxicology 16, 545-559, 1997.

CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. Hormesis U-shaped dose responses and their centrality in toxicology. *Trends in Pharmacological Sciences* 22, 285-291, 2001.

CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. The hormetic dose response model is more common than the threshold model in toxicology. *Toxicological Sciences* 71, pp 246-250, 2003a.

CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. Toxicological rethinks its central belief – hormesis demands a reappraisal of the way risks are assessed. *Nature* 421, 691-692, 2003b.

CAMARGO, F. P.; ALVES, H.S.; CAMARGO FILHO, W.P.; VILELA N. J. Cadeia produtiva de tomate industrial no Brasil: resenha da década de 1990, produção regional e perspectivas. *Informações econômicas*, SP, v.36, n. 11, nov. 2006.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR. Fator sobre irradiação de alimentos – Série de fichas descritas do grupo consultivo internacional sobre irradiação de alimentos (ICGFI). Belo Horizonte: CDTN, 465p., 1999.

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit – the influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Critical Review of Food Science Nutrition*, n. 15, pp 205-280, 1981.

DEGNER H. ; SCHACHT, W. ; KNUPFER, K. Untersuchungen über die spezifische Wirkung kleiner Dosen ionisierender Strahlungen auf Saatgut von Kulturpflanzen. III. Mitteilung: Untersuchungen über den Einfluß von Energiedosis und Energiedosisleistung auf den Grünmasse-, Trockenmasse - und Rohproteintrag von Silomais aus Co-Gamma-bestrahltem Saatgut. *Radiobiol. Radiother.*, 16(6): 705-10, 1975

DEGNER, W.; SCHACHT, K. Untersuchungen über spezifische Wirkungen kleiner Dosen ionisierender Strahlungen auf Saatgut von Kulturpflanzen. I. Mitteilung: Mehrjährige Parzellenversuche zur Bestimmung der stimulierenden Wirkung kleiner Dosen Co-Gamma-Strahlung auf die Ertragsleistung von Silomais. *Radiobiol. Radiother.*, L5(6): 661-7, 1974.

DEGNER, W.; SCHACHT, W. Untersuchungen über die spezifische Wirkung kleiner Dosen ionisierender Strahlungen auf Saatgut von Kulturpflanzen. II. Mitteilung: Fünfjährige Produktionsversuche mit Co-Gamma-bestrahltem Silomaissaatgut. *Radiobiol. Radiother.*, 16(1): 37-49, 1975.

DEGNER, W.; SCHACHT, W. Untersuchungen über die spezifische Wirkung kleiner Dosen ionisierender Strahlung auf Saatgut von Kulturpflanzen. IV. Mitteilung: Einfluß der Lagerungszeit von Co-Gamma-bestrahltem Silomaissaatgut auf den Mehrertrag. *Radiobiol. Radiother.*, 18(3): 357-64, 1977.

DEGNER, W.; SCHACHT, W. Untersuchungen über die spezifische Wirkung kleiner Dosen ionisierender Strahlung auf Saatgut von Kulturpflanzen. VI. Mitteilung: Produktionsversuche zur praktischen Erprobung der fahrbaren Saatgutbestrahlungsanlage "Kolos" unter den Produktionsbedingungen der Deutschen Demokratischen Republik. Radiobiol. Radiother., 22(3): 341-53, 1981.

DEGNER, W.; SCHACHT, W. Untersuchungen über die spezifische Wirkung kleiner Dosen ionisierender Strahlung auf Saatgut von Kulturpflanzen. VII. Mitteilung: Untersuchungen über Keimungsverlauf und Ertragsbildung bei gamma-bestrahltem Saatgut verschiedener Kulturarten. Radiobiol. Radiother., 25(1): 83-92, 1984.

FAO. Production Year Book, 50. Washington: USDA – Economic Research Service, 1998.

FAOSTAT. Statistical Data Base of the Food and Agriculture Organization, United Nations. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Acesso em 1 setembro de 2008.

FELDMANN, A. Strahlenexposition und Strahlenwirkungen Teil I. Physik in unserer Zeit, WILEY-VCH Verlag GmbH. v. 17 n. 3, pp 80-87, 1986.

FERNADEZ, R.R. Los métodos físicos estimulantes. No prelo, 2010.

FRANCO, S. S. H. Interrelação de radiohormese e a incidência de insetos pragas na cultura de milho *Zea mays* L. Tese Doutorado - Universidade de São Paulo, 1999.

GONZALEZ, L.M.; CHAVEZ, L.; RAMIREZ, R.; CAMEJO, Y. Rendimiento agrícola y calidad interna de los frutos en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) procedentes de semillas irradiadas con rayos X = Agricultural yield and internal quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Alimentaria, n.339, pp 113-116, 2002.

HAUT, J. Zur Wirkung kleiner Strahlendosen: Hormesis und Adaptationsphänomene (Eine Literaturstudie). Tese de Doutorado, Instituto para Farmacologia, Toxicologia e Farmácia da Faculdade de Veterinária da Universidade de Munique, 1998.

HAY, J.R. Experiments on the mechanism of induced dormancy in wild oats, *Avena fatua* L. Can. J. Bot. v. 40, pp 191-202, 1962.

JENKING, J. A. The origin of the cultivated tomato. Economic Botany, Bronx, v.2, n. 1 pp 379-392, 1948.

JENSEN, G.H. Toxic limits and stimulation effects of some salts and poisons on wheat. Botanical Gazette 43, pp 11-44, 1907.

JOSHI, M.M.; KHALATKAR A.S. Experimental mutagenesis in *Capsicum Annuum*: I Effect of different doses of gamma radiations on capsule and seed production. *Acta Hort.* (ISHS) 111:55-62, 1981.

KAHAN, R.S. Accelerated and increased development of inflorescences in tomato plants from irradiated seeds. *Radiat. Bot.* v. 14, pp 257-262. 1974.

KIKUCHI, O.K. Efeitos de baixas doses de radiação gama de Cobalto 60 sobre sementes de feijão, arroz e rabanete. Tese de Mestrado - Universidade de São Paulo, 1987.

LIVINGSTON, G.K.; STETTLER, R.F. Radiation induced stimulation of pollen-tube elongation in Douglas fir. *Radiat. Bot.* v. 13, pp 65-72, 1973.

LUCKEY, T.D. Hormesis with Ionizing Radiation. 222 pp. CRC Press de Boca Raton. 1980.

MAHERCHANDANI, N. Effects of gamma radiation on the Dormant seed of *Avena fatua* L. *Radiat. Bot.* v. 15, 439-443, 1975.

MONTI, L.M.; DONINI, B. Response to Chronic gamma irradiation of twenty four Pea genotypes. *Radiat. Bot.* v8, pp 473-487, 1968.

MOUSSA, H.R. Gamma Irradiation Regulation of Nitrate Level in Rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) Plants. *Journal of New Seeds*, Vol. 8, Issue 1, pages 91 – 100. Sept. 2006.

NIEMANN, E.G, BABOTH, E., ZELLES, L., EHRENBURG, L. FEDORCSAK, I. FENDRIK, I. Low level radiation effects on plants, Biochemical aspects of radiation stimulation. Biological and environmental effects of low level radiation, Vol. I IAEA, p. 141-146. 1976.

OKAZAKI, K. Efeitos das radiações ionizantes em células, noções básicas. IPEN, Publicação 399. 20 pp. 1995.

PAL, I.; PANNONHALMI, K.; MAUL, F. Report on the red radish phytotron experiments coordinated by ESNA at Godollo, Hungary, *Stim. Newsl.*, 9, 39, 1976.

RESENDE, J.M. Qualidade Pós-Colheita de Dez Genótipos de Tomate do Grupo Multilocular. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

RICK, C. M. Fruit and pedicel characteristics derived from Galápagos tomato. *Economic Botany*, Bronx, v. 21, p. 174-184, 1967.

ROTH, E.; FEINENDEGEN, L.E. Gute Strahlung? Jahrbuch der Atomwirtschaft, p 74-82, 1996.

SAGAN, L.A. Radiation Hormesis: evidence for radiation stimulation and speculation regarding mechanisms. Radiat. Phys. Chem, 37(2): 313 – 17, 1991.

SAGAN, L.A. What is hormesis and why we haven't heard about that before? Health Phys. 52, 521-525, 1987.

SAVIN, V.N.; SHUTOV A.A. Gamma irradiation influence on bushing and growth of side sprouts of some agricultural plants, Radiobiology (Moscow), 5, 770 NSA 20:6873, 1965

SEREBRENIKOV, V.S. Effect of ionizing radiation on plants, Biol. Shk., 2, 74, NSA 21: 437, 1965.

SHAMJI S.R.A.; SOFAJY, S.A. Effects of low doses of gamma radiation on the growth and yield of two cultivars of broad bean. Environ Exp. Bot. v. 20:87-94, 1980.

SIDRAK G.H.; SUESS, A. Effects of low doses of gamma radiation on the growth and yield of two varieties of tomato, Radiat. Bot., 13, 309, 1973.

STAN, S.; CROITORU, A. Effects of low, moderate and high levels of gamma radiations (Co-60) on soybean plants, I. Analysis of growth and yield , Stim. Newsl., 1, 23, 1970.

STAN, S.; CROITORU, A. Effects of low, moderate and high levels of gamma radiations (Co-60) on soybean plants, II. Changes in protein, oil and micronutrient content, Stim. Newsl., 2, 11, 1971.

STAN, S.; JINGA, A. The effect of low gamma ray doses of Co-60 on bean and soybean plants. Ann. Inst. Cercet. Pentru, Cereale Plante The. Fundulea, 34, 369; NSA 23:20427, 1966.

TAUTZ, M. Was ist hormesis? Moderne Röntgen Fotografie. ORWO 4, p. 15-23, 1990.

VILHENA, M.T.M.B. Aumento na produtividade de arroz e capim colônia com uso de baixas doses de raios gama do Co-60, no Município de São Gabriel, Estado do Rio Grande do Sul. – UFRGS - (comunicação pessoal), 2010.

VOLOOZH, D.; ZHAMYANSUREN, D. Effect of γ radiation of presown seeds on the crop yield and productivity of open ground tomatoes under the conditions of the Mongolian Peoples Republic. Atomnaya Energiya, Vol. 41, n.2, pp. 149-151, August 1976.

WIENDL, F. M. ; WIENDL, F. W. ; WIENDL, J. A. ; ARTHUR, V. . Increase of onion yield through low dose of gamma irradiation of its seeds. Radiation Physics and Chemistry, Great Britain, v. 46, n. 4-6, p. 793-795, 1995.

WIENDL, F.M. Radiohormesis em beterrabas vermelhas *Beta vulgaris* (L.). In: II Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, Caxambu, MG, pp. 25-29, Outubro 1993.

WOODHAM, C.H.; E BEDFORD, J.S. On the Nature of Growth Stimulation of *Vicia Faba* Roots during Irradiation at Low Dose-rates. Int. J. Radiat. Biol. Vol. 18, No. 6, Pages 501-505, 1970.

WOODSTOCK, L.W.; JUSTICE, O.L. Radiation induced changes in respiration of corn, wheat, sorghum and radish seeds during initial stages of germination in relation to subsequent seedling growth. Radiat. Bot. v. 7, 129-136, 1967.

Anexo I – Temperaturas máximas, mínimas, médias, umidade relativa máxima, mínima e média e precipitação coletadas na área do experimento.

Data da Coleta	DAT	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)			Precipitação (mm) Diária
		Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	
03/06/09	26	18,0	7,0	12,5	78,0	77,0	77,5	
04/06/09	27	23,0	15,0	19,0	91,0	29,0	60,0	
05/06/09	28	26,0	14,0	20,0	95,0	52,0	73,5	
04/06/09	27	22,3	12,0	17,2	88,0	52,7	70,3	
06/06/09	29	23,0	13,0	18,0	91,0	47,0	69,0	
08/06/09	31	21,0	14,0	17,5	90,0	59,0	74,5	
09/06/09	32	24,0	15,0	19,5	88,0	38,0	63,0	
07/06/09	31	22,7	14,0	18,3	89,7	48,0	68,8	
10/06/09	33	22,0	15,0	18,5	99,0	58,0	78,5	
12/06/09	35	18,0	9,0	13,5	99,0	79,0	89,0	6,0
11/06/09	34	20,0	12,0	16,0	99,0	68,5	83,8	
14/06/09	37	20,0	9,0	14,5	97,0	44,0	70,5	
15/06/09	38	21,0	14,0	17,5	98,0	77,0	87,5	
16/06/09	39	21,0	14,0	17,5	99,0	65,0	82,0	
15/06/09	38	20,7	12,3	16,5	98,0	62,0	80,0	
17/06/09	40	22,0	10,0	16,0	99,0	96,0	97,5	
18/06/09	41	20,0	8,0	14,0	97,0	52,0	74,5	
19/06/09	42	21,0	9,0	15,0	99,0	53,0	76,0	
20/06/09	43	23,0	9,0	16,0	84,0	46,0	65,0	
22/06/09	45	23,0	10,0	16,5	94,0	31,0	62,5	
23/06/09	46	24,0	11,0	17,5	77,0	36,0	56,5	
19/06/09	43	22,2	9,5	15,8	91,7	52,3	72,0	
24/06/09	47	24,0	14,0	19,0	87,0	47,0	67,0	
25/06/09	48	18,0	14,0	16,0	99,0	47,0	73,0	3,0
26/06/09	49	21,0	14,0	17,5	99,0	64,0	81,5	
25/06/09	48	21,0	14,0	17,5	95,0	52,7	73,8	
27/06/09	50	23,0	12,0	17,5	99,0	65,0	82,0	21,0
29/06/09	52	24,0	12,0	18,0	99,0	51,0	75,0	
30/06/09	53	25,0	15,0	20,0	94,0	53,0	73,5	
28/06/09	52	24,0	13,0	18,5	97,3	56,3	76,8	21,0
01/07/09	54	25,0	12,0	18,5	94,0	56,0	75,0	8,0
02/07/09	55	19,0	14,0	16,5	98,0	83,0	90,5	
03/07/09	56	21,0	12,0	16,5	98,0	75,0	86,5	
02/07/09	55	21,7	12,7	17,2	96,7	71,3	84,0	8,0
04/07/09	57	23,0	12,0	17,5	99,0	51,0	75,0	
06/07/09	59	23,0	14,0	18,5	90,0	56,0	73,0	
07/07/09	60	23,0	14,0	18,5	91,0	55,0	73,0	
08/07/09	61	23,0	14,0	18,5	92,0	47,0	69,5	
09/07/09	62	25,0	16,0	20,5	84,0	44,0	64,0	
10/07/09	63	25,0	17,0	21,0	91,0	56,0	73,5	
07/07/09	60	23,7	14,5	19,1	91,2	51,5	71,3	
12/07/09	65	20,0	8,0	14,0	99,0	62,0	80,5	10,0
13/07/09	66	20,0	9,0	14,5	99,0	62,0	80,5	
14/07/09	67	21,0	9,0	15,0	95,0	36,0	65,5	
13/07/09	66	20,3	8,7	14,5	97,7	53,3	75,5	10,0
15/07/09	68	22,0	12,0	17,0	92,0	56,0	74,0	
16/07/09	69	25,0	13,0	19,0	98,0	52,0	75,0	
17/07/09	70	25,0	13,0	19,0	88,0	40,0	64,0	
16/07/09	69	24,0	12,7	18,3	92,7	49,3	71,0	
18/07/09	71	24,0	10,0	17,0	99,0	46,0	72,5	
19/07/09	72	20,0	10,0	15,0	91,0	54,0	72,5	
21/07/09	74	24,0	10,0	17,0	96,0	47,0	71,5	
19/07/09	72	22,7	10,0	16,3	95,3	49,0	72,2	
22/07/09	75	27,0	17,0	22,0	81,0	39,0	60,0	
23/07/09	76	27,0	16,0	21,5	99,0	44,0	71,5	6,0
24/07/09	77	19,0	17,0	18,0	99,0	94,0	96,5	35,0
25/07/09	78	21,0	15,0	18,0	99,0	90,0	94,5	12,0
27/07/09	80	24,0	17,0	20,5	99,0	75,0	87,0	
28/07/09	81	27,0	17,0	22,0	99,0	58,0	78,5	

Data da Coleta	DAT	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)			Precipitação (mm) Diária
		Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	
24/07/09	78	24,2	16,5	20,3	96,0	66,7	81,3	
29/07/09	82	24,0	15,0	19,5	99,0	73,0	86,0	
30/07/09	83	24,0	14,0	19,0	99,0	74,0	86,5	
31/07/09	84	24,0	14,0	19,0	99,0	69,0	84,0	
30/07/09	83	24,0	14,3	19,2	99,0	72,0	85,5	
01/08/09	85	27,0	15,0	21,0	97,0	38,0	67,5	
03/08/09	87	23,0	15,0	19,0	99,0	60,0	79,5	
04/08/09	88	25,0	13,0	19,0	97,0	50,0	73,5	
02/08/09	87	25,0	14,3	19,7	97,7	49,3	73,5	
05/08/09	89	26,0	18,0	22,0	99,0	86,0	92,5	
06/08/09	90	28,0	15,0	21,5	87,0	36,0	61,5	
07/08/09	91	28,0	16,0	22,0	88,0	28,0	58,0	
06/08/09	90	27,3	16,3	21,8	91,3	50,0	70,7	
08/08/09	92	27,0	11,0	19,0	71,0	63,0	67,0	
10/08/09	94	25,0	11,0	18,0	80,0	36,0	58,0	
11/08/09	95	22,0	11,0	16,5	82,0	48,0	65,0	
09/08/09	94	24,7	11,0	17,8	77,7	49,0	63,3	
12/08/09	96	22,0	11,0	16,5	82,0	47,0	64,5	
13/08/09	97	25,0	11,0	18,0	80,0	50,0	65,0	
14/08/09	98	26,0	11,0	18,5	90,0	22,0	56,0	
13/08/09	97	24,3	11,0	17,7	84,0	39,7	61,8	
15/08/09	99	27,0	14,0	20,5	72,0	30,0	51,0	
17/08/09	101	29,0	14,0	21,5	96,0	30,0	63,0	
18/08/09	102	25,0	16,0	20,5	99,0	49,0	74,0	30,0
19/08/09	103	19,0	15,0	17,0	99,0	79,0	89,0	16,0
20/08/09	104	19,0	16,0	17,5	99,0	95,0	97,0	29,0
21/08/09	105	19,0	9,0	14,0	92,0	72,0	82,0	
18/08/09	102	23,0	14,0	18,5	92,8	59,2	76,0	
22/08/09	106	21,0	15,0	18,0	99,0	99,0	99,0	11,0
24/08/09	108	20,0	15,0	17,5	99,0	80,0	89,5	3,0
25/08/09	109	21,0	14,0	17,5	99,0	67,0	83,0	
23/08/09	108	20,7	14,7	17,7	99,0	82,0	90,5	7,0
26/08/09	110	24,0	13,0	18,5	99,0	50,0	74,5	
27/08/09	111	24,0	13,0	18,5	95,0	49,0	72,0	
28/08/09	112	28,0	12,0	20,0	95,0	41,0	68,0	
27/08/09	111	25,3	12,7	19,0	96,3	46,7	71,5	
29/08/09	113	27,0	15,0	21,0	85,0	66,0	75,5	
31/08/09	115	27,0	15,0	21,0	80,0	28,0	54,0	
01/09/09	116	29,0	16,0	22,5	79,0	29,0	54,0	
30/08/09	115	27,7	15,3	21,5	81,3	41,0	61,2	
02/09/09	117	29,0	18,0	23,5	77,0	29,0	53,0	
03/09/09	118	30,0	19,0	24,5	99,0	41,0	70,0	4,0
04/09/09	119	22,0	17,0	19,5	99,0	82,0	90,5	3,0
03/09/09	118	27,0	18,0	22,5	91,7	50,7	71,2	
05/09/09	120	25,0	16,0	20,5	99,0	71,0	85,0	5,0
07/09/09	122	28,0	17,0	22,5	99,0	43,0	71,0	
08/09/09	123	29,0	17,0	23,0	99,0	56,0	77,5	66,0
09/09/09	124	29,0	16,0	22,5	99,0	56,0	77,5	
10/09/09	125	26,0	16,0	21,0	99,0	54,0	76,5	
07/09/09	123	27,4	16,4	21,9	99,0	56,0	77,5	35,5
11/09/09	126	27,0	16,0	21,5	94,0	52,0	73,0	
12/09/09	127	28,0	17,0	22,5	97,0	39,0	68,0	
14/09/09	129	26,0	15,0	20,5	90,0	54,0	72,0	
15/09/09	130	27,0	16,0	21,5	93,0	56,0	74,5	
16/09/09	131	28,0	15,0	21,5	95,0	36,0	65,5	
17/09/09	132	28,0	15,0	21,5	97,0	36,0	66,5	
14/09/09	129	27,3	15,7	21,5	94,3	45,5	69,9	
18/09/09	133	29,0	17,0	23,0	93,0	36,0	64,5	
19/09/09	134	24,0	17,0	20,5	99,0	67,0	83,0	
21/09/09	136	25,0	17,0	21,0	99,0	72,0	85,5	10,0
22/09/09	137	22,0	18,0	20,0	99,0	84,0	91,5	
23/09/09	138	22,0	19,0	20,5	99,0	86,0	92,5	15,0
24/09/09	139	23,0	12,0	17,5	99,0	67,0	83,0	
21/09/09	136	24,2	16,7	20,4	98,0	68,7	83,3	

Anexo II – Dia de aplicação e dose dos fertilizantes aplicados via fertirrigação.

Dia de aplicação	Dose em Kg.ha ⁻¹				
	MAP	NPK	NC	KCl	SA
28/05/09	5	10	10		
29/05/09	5	10	10		
30/05/09	5	10	10		
01/06/09	5	10	10		
02/06/09	5	10	10		
03/06/09	5	10	10		
04/06/09	5	10	10		
05/06/09	5	10	10		
06/06/09	5	10	10		
08/06/09	5	10	10		
09/06/09	4	8	8		
15/06/09	5	10	10		
16/06/09	1	2	2		
17/06/09	5	10	10		
18/06/09	5	10	10		
19/06/09	5	10	10		
22/06/09	5	10	10		
23/06/09	10	20	20		
01/07/09	5	10	10	5	10
08/07/09	5	10	5	10	10
09/07/09	5	10	5	10	10
10/07/09	5	10	5	10	10
16/07/09	5	5	10	5	10
17/07/09	5	5	10	10	10
20/07/09	5	5	10	10	10
23/07/09	5	5	10	10	10
31/07/09	5	5	10	10	10
01/08/09	5	5	10	10	10
02/08/09	5	5	10	10	10
04/08/09	5	5	10	10	10
06/08/09	5	5	10	10	10
07/08/09	5	5	4	10	10
10/08/09	5	5	10	10	10
11/08/09	5	2	6	4	4
12/08/09	3	3	6	9	6
13/08/09	3	3	6	9	6
17/08/09	5	5	10	10	10
29/08/09	5	5	15	10	10
31/08/09	5	5	10	15	10

MAP – Monoamônio fosfato (NH₄)₃PO₄: N 10%, P₂O₅ 52%; NPK – 4-14-8; NC – Nitrato de cálcio N total 15,5, Ca hidrossolúvel 19,0 %; KCl – Cloreto de potássio: 60% K₂O; Sulfato de Amônio – N total 21%, S 24%.

Anexo III: Data de aplicação de adubação foliar e doses.

Data dd/mm/aa	Dias após transplântio	Volume de Calda		Adubos Foliares (Dose / 100 L)			
		Total (L/ ha)	L / ha	1	Dose	2	Dose
22/05/09	14	3.000	213	Fosfito	150 g		
29/06/09	52	8.000	569	Fosfitotal	150 g		
16/07/09	69	10.000	711	Biozyme	100 mL		
30/07/09	83	10.000	711	Biozyme	100 mL		
21/08/09	105	10.000	711	MKP	400 g	K - Tionic	50 mL
24/08/09	108	10.000	711	Biozyme	200 mL		
27/08/09	111	10.000	711	MKP	400 g	K - Tionic	100 mL
03/09/09	118	10.000	711	Foltron	200 mL		
16/09/09	131	10.000	711	Fosfitotal	100 g		
01/10/09	146	4.000	284	Fosfitotal	100 g		

Anexo IV: Nome comercial e principio ativo dos adubos utilizados.

Nome Comercial	Principio ativo
Fosfito	K+P
Biozyme TF	N+K+B+Fe+Mn+Zn+S
Foltron Plus	N+P+K
Fosfitotal	K+P
K-Tionic	Fulvic organic complex
MKP	P+K

Anexo III – Análise do solo da área do experimento na profundidade 0-20cm.

Tampão	pH	Mat. Org. g/ dm ³	P mg/ dm ³	K	Ca	Mg	Na	Al mmolc/dm3	H	H+Al	SB	CTC	Sat. de Bases %
6,47	4,55	11,5	13	1,6	8,5	2	0,1	2,5	23,55	26	12,15	38,6	32

	B	Cu	Fe	Mn	Zn		K	Ca	Mg	Al	H	Na	Ca/ Mg	Ca/ K	Mg/ K
	mg/ dm3						%								
12	0,13	0,75	68	2	0,95		4,1	22,45	5,3	6,5	61,6	0,15	4,25	6	1,4

Anexo VI – Tipo, data e doses de aplicação dos inseticidas, fungicidas, espalhantes adesivos. Nos dias em que há coincidência de datas na aplicação de inseticidas, fungicidas, espalhantes adesivos e fertilizantes foliares, houve aplicação conjunta destes com mistura no tanque e, considera-se o volume de calda total da mistura.

Tabela 1 – Tipo de inseticidas, data de aplicação e doses.

Data dd/mm/aa	Dias após transplântio	Volume de Calda		Alvo Biológico	Nome comercial dos inseticidas (Dose/ 100 L)					
		Total (L/ ha)	L / ha		1	Dose	2	Dose	3	Dose
12/05/09	4	2.000	142	TP + PL + MB	Akito	50 mL	Aquila	200 g	Tiger	100 mL
16/05/09	8	2.000	142	TP + PL + MB	Akito	50 mL	Provado	100 mL	Oberon	100 mL
19/05/09	11	3.000	213	TP + PL + MB + MP	Evolution	150 g	Applaud	200 g	Atabron	150 mL
22/05/09	14	3.000	213	TP + PL + MB + MP	Nexide	25 mL	Focus	50 g	Certero	25 mL
26/05/09	18	3.500	249	TP+ PL + MB + MP + MN	Akito	50 mL	Mospilan	50 g	Potenza	200 mL
29/05/09	21	3.500	249	TP + PL + MB + TR	Trebon	250 mL	Atabron	150 mL	Oberon	100 mL
01/06/09	24	4.000	284	TP + PL + MB + MN	Evolution	150 g	Tiger	100 mL	Trigard	15 g
04/06/09	27	4.000	284	TP + PL + MB + TR + MN	Nexide	25 mL	Potenza	200 mL	Provado	100 mL
12/06/09	35	6.000	427	MB	Connect	250 mL	Oberon	100 mL		
15/06/09	38	6.000	427	BP	Lannate	150 mL	Atabron	150 mL		
18/06/09	41	8.000	569	TP	Stallion	25 mL	Dicarzol	100 g		
22/06/09	45	8.000	569	MB	Connect	250 mL	Tiger	100 mL		
25/06/09	48	8.000	569	TP + MB	Aquila	200 g	Applaud	200 g		
29/06/09	52	8.000	569	MB + BP	Akito	50 mL	Evolution	150 g		
02/07/09	55	8.000	569	TR + MN	Lannate	150 mL	Atabron	150 mL	Trigard	15 g
09/07/09	62	10.000	711	MB + TR	Nexide	25 mL	Potenza	200 mL	Provado	100 mL
13/07/09	66	10.000	711	TR + BP	Lannate	150 mL	Atabron	150 mL		
20/07/09	73	10.000	711	TP + MN	Evolution	150 g	Potenza	200 mL		
23/07/09	76	10.000	711	BP + MN	Fentrol	25 mL	Belt	20 mL	Trigard	15 g
27/07/09	80	10.000	711	TP + MB + BP + MN	Connect	250 mL	Atabron	150 mL		
30/07/09	83	10.000	711	BP	Trebon	250 mL	Intrepid	50 mL		
06/08/09	90	10.000	711	BP	Fentrol	25 mL	Atabron	150 mL		
13/08/09	97	10.000	711	TP + TR + MN	Lannate	150 mL	Atabron	150 mL	Trigard	15 g
21/08/09	105	10.000	711	TR + MN	Fentrol	25 mL	Potenza	150 mL		
27/08/09	111	10.000	711	TP + PL + TR + MN	Trebon	250 mL	Potenza	200 mL		
09/09/09	124	10.000	711	TR	Methomex	150 mL	Atabron	150 mL		
16/09/09	131	10.000	711	BP	Trebon	250 mL	Belt	20 mL		
23/09/09	138	10.000	711	TR + BP	Fentrol	25 mL	Pirate	100 mL		
30/09/09	145	10.000	711	TR + BP	Lannate	150 mL	Potenza	200 mL		

* - TP = tripses; PL= Pulgão; MB = Mosca Branca; MP = Mede Palmo; MN= Larva Minadora das Folhas; TR = Traça do Tomateiro; BP = Broca Pequena do Fruto.

Tabela 2 – Tipo de fungicidas, data de aplicação e doses.

Data dd/mm/aa	Dias após transplântio	Volume de Calda		Nome comercial fungicidas (Dose/ 100 L)							
		Total (L/ ha)	L/ ha	1	Dose	2	Dose	3	Dose	4	Dose
12/05/09	4	2.000	142	Kocide	250 g	Orthocide	250 g				
16/05/09	8	2.000	142	Space	300 g						
19/05/09	11	3.000	213	Supera	250 mL	Tairel Plus	300 g				
22/05/09	14	3.000	213	Orthocide	300 g						
26/05/09	18	3.500	249	Tairel Plus	300 g						
29/05/09	21	3.500	249	Supera	250 mL	Space	300 g	Kasumin	300 mL		
01/06/09	24	4.000	284	Revus	50 mL	Zetanil	250 mL				
04/06/09	27	4.000	284	Kocide	250 g	Space	300 g	Bion	5 g		
12/06/09	35	6.000	427	Kocide	250 g	Infinito	200 mL	Revus	50 mL		
15/06/09	38	6.000	427	Kocide	250 g	Infinito	150 mL				
18/06/09	41	8.000	569	Kocide	250 g	Zetanil	250 mL	Kasumin	300 mL		
22/06/09	45	8.000	569	Galben M	300 g	Kocide	250 g	Bion	5 g		
25/06/09	48	8.000	569	Kocide	250 g	Kasumin	300 mL	Space	300 g		
29/06/09	52	8.000	569	Kasumin	300 mL	Orthocide	300 g				
02/07/09	55	8.000	569	Infinito	200 mL	Kocide	250 g				
06/07/09	59	10.000	711	Infinito	200 mL	Kocide	250 g	Kasumin	400 mL	Bion	5 g
09/07/09	62	10.000	711	CabrioTop	300 g	SporeKill	150 mL				
13/07/09	66	10.000	711	Kocide	250 g	Galben	300 g	Kasumin	400 mL	Bion	5 g
16/07/09	69	10.000	711	CabrioTop	300 g	Kasumin	400 mL				
20/07/09	73	10.000	711	Cobox	300 g	Tairel Plus	300 g				
23/07/09	76	10.000	711	Orthocide	250 g	Kasumin	400 mL	Forum	78 g		
27/07/09	80	10.000	711	Kocide	250 g	Tairel Plus	300 g				
28/07/09	81	10.000	711	Agrimaicin	350 g	Mycoshield	150 g				
30/07/09	83	10.000	711	Consento	250 mL	Fosfitotal	100 g				
03/08/09	87	10.000	711	Cobox	300 g	Kasumin	300 mL	Tairel Plus	300 mL		
06/08/09	90	10.000	711	Revus	50 mL	Kocide	250 g				
10/08/09	94	10.000	711	Kocide	250 g	Kasumin	350 mL	Curzate	300 g		
13/08/09	97	10.000	711	Orthocide	250 g	Forum	80 g				
17/08/09	101	10.000	711	Kocide	250 g	Kasumin	350 mL	Revus	50 mL		
21/08/09	105	10.000	711	Infinito	200 mL	Kasumin	500 mL				
24/08/09	108	10.000	711	Cobox	300 g	Curzate	300 g				
27/08/09	111	10.000	711	Infinito	200 mL						
31/08/09	115	10.000	711	Cobox	300 g	Kasumin	300 mL				
03/09/09	118	10.000	711	Orthocide	250 g	Revus	50 mL				
09/09/09	124	10.000	711	Galben M	300 g	Cobox	300 g				
16/09/09	131	10.000	711	Orthocide	300 g	Kasumin	300 mL				
23/09/09	138	10.000	711	Revus	50 mL	Orthocide	300 g				
30/09/09	145	10.000	711	Previcur	100 mL	Orthocide	300 g				
01/10/09	146	4.000	284	Orthocide	300 g						

Tabela 3 – Tipo de espalhante adevsivo, data de aplicação e doses.

Data dd/mm/aa	Dias após transplântio	Volume de Calda		Espalhante	
		Total (L/ ha)	L/ ha	1	Dose
12/05/09	4	2.000	142	Haiten	10 mL
16/05/09	8	2.000	142	Óleo	200 mL
19/05/09	11	3.000	213	Óleo	200 mL
22/05/09	14	3.000	213	Haiten	12,5 mL
26/05/09	18	3.500	249	Óleo	200 mL
29/05/09	21	3.500	249	Haiten	12,5 mL
01/06/09	24	4.000	284	Break Thru	5 mL
04/06/09	27	4.000	284	Óleo	150 mL
12/06/09	35	6.000	427	Break Thru	5 mL
15/06/09	38	6.000	427	Break Thru	5 mL
22/06/09	45	8.000	569	Óleo	150 mL
25/06/09	48	8.000	569	Óleo	150 mL
02/07/09	55	8.000	569	Lanzar	150 mL
09/07/09	62	10.000	711	Óleo	150 mL
13/07/09	66	10.000	711	Óleo	150 mL
16/07/09	69	10.000	711	Break Thru	5 mL
20/07/09	73	10.000	711	Óleo	150 mL
23/07/09	76	10.000	711	Óleo	150 mL
27/07/09	80	10.000	711	Óleo	150 mL
30/07/09	83	10.000	711	Óleo	200 mL
03/08/09	87	10.000	711	Break Thru	5 mL
06/08/09	90	10.000	711	Óleo	150 mL
10/08/09	94	10.000	711	Haiten	12,5 mL
13/08/09	97	10.000	711	Óleo	150 mL
17/08/09	101	10.000	711	Haiten	10 mL
21/08/09	105	10.000	711	Óleo	150 mL
24/08/09	108	10.000	711	Break Thru	5 mL
27/08/09	111	10.000	711	Óleo	150 mL
03/09/09	118	10.000	711	Break Thru	5 mL
09/09/09	124	10.000	711	Óleo	150 mL
16/09/09	131	10.000	711	Break Thru	5 mL
23/09/09	138	10.000	711	Óleo	150 mL
30/09/09	145	10.000	711	Óleo	150 mL

Tabela 4 – Nome comercial e princípio ativo dos inseticidas utilizados.

Nome Comercial	Princípio ativo
Akito	(RS)-a-cyano-3-phenoxybenzyl (1RS)-cis,trans-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate(Cypermethrin)
Applaud 250	2-tert-butylimino-3-isopropil-5-fenil-1,3,5-tiadiazin-4-one (buprofezin)
Aquila	O,S-dimethyl acetylphosphoramidothioate (acefato)
Atabron 50 EC	1-[3,5-dicloro-4-(3-cloro-5-trifluorometil-2-piridiloxi)fenil]-3-(2,6-difluorobenzoil) uréia (clorfluazuron)
Belt	3 – iodo - N' - (2 – mesyl - 1, 1 - dimethylethyl) – N - {4 - [1, 2, 2, 2 – tetrafluoro – 1 - (trifluoromethyl) ethyl] - otolyl} phthalamide (FLUBENDIAMIDA)
Certero	1-(2-chlorobenzoyl)-3-(4-trifluoromethoxyphenyl)urea(TRIFLUMUROM)
Connect	1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine (IMIDACLOPRIDO) + (RS)-a-cyano-4-fluoro-3-phenoxybenzyl(1RS,3RS;1RS,3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate (BETA-CIFLUTRINA)
Dicarzol 500 SP	3- dimethylaminomethyleneiminophenyl methylcarbamate hydrochloride (CLORIDRATO DE FORMETANATO)
Evolution	O,S-dimethyl acetylphosphoramidothioate (acefato)
Fentrol	(S)- a- cyano- 3- phenoxybenzyl (Z)- (1R,3R)- 3- (2- chloro- 3,3,3- α trifluoropropenyl)- 2,2- dimethylcyclopropanecarboxylate (GAMA CIALOTRINA)
Focus WP	(E)-1-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-3-methyl-2-nitroguanidine (CLOTIANIDINA)
Intrepid 240 SC	N-tert-butyl-N'-(3-methoxy-o-toluoyl)-3,5-xylohydrazide (METOXIFENOZIDA)
Lannate BR	S-methyl N-(methylcarbamoyloxy)thioacetimidate(METOMIL)
Lanzar	Alquil éster etoxilado do ácido fosfórico
Methomex 215 LS	S- Methyl N-(methylcarbamoyloxy) Thioacetimidate + Monohidroximetano
Mospilan	E)-N1-(6-chloro-3-pyridyl) methyl-N2-cyano- N1- methylacetamidina
Nexide	(S)- a- cyano- 3- phenoxybenzyl (Z)- (1R,3R)- 3- (2- chloro- 3,3,3- α trifluoropropenyl)- 2,2- dimethylcyclopropanecarboxylate (GAMA CIALOTRINA)
Oberon	3-mesityl-2-oxo-1 oxaspiro[4.4]non-3-em-4-yl 3,3-dimethylbutanoate (ESPIROMESIFENO)
Pirate	4-bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-(ethoxymethyl)-5-(trifluoromethyl)pyrrole-3-carbonitrile (CLORFENAPIR)
Potenza Sinon	(10E,14E,16E,22Z)-(1R,4S,5'S,6S,6'R,8R,12S,13S,20R,21R,24S)-6'-[(S)-sec-butyl]-21,24-dihydroxy-5',11,13,22-tetramethyl-2-oxo-(3,7,19-trioxatetracyclo[15.6.1.14.8.020,24]pentacosa-10,14,16,22-tetraene-6-spiro-2'-(5',6'-dihydro-2'H-pyran)-12-yl2,6-dideoxy-4-O-(2,6-dideoxy-3-O-methyl-a-L-arabino-hexopyranosyl)-3-O-methyl-a-L-arabino-hexopyranoside (i)mixture with (10E,14E,16E,22Z)-(1R,4S,5'S,6S,6'R,8R,12S,13S,20R,21R,24S)-21,24-dihydroxy6'-isopropyl -5',11,13,22-tetramethyl-2-oxo-3,7,19-trioxatetracyclo [15.6.1.14.8.020,24]pentacosa-10,14,16,22-tetraene-6-spiro-2'-(5',6'-dihydro-2'H-pyran)- 12-yl2,6-dideoxy-4-O-(2,6-dideoxy-3-O-methyl-a-L-arabino-hexopyranosyl)-3-O-methyl-a-L-arabino-hexopyranoside(ii)(4:1)(i)R = -CH ₂ CH ₃ (avermectinB1a); (ii) R = -CH ₃ (avermectin B1b)(ABAMECTIN)
Provado 200 SC	1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine (IMIDACLOPRIDO)
Stallion 150 CS	(S)- a- cyano- 3- phenoxybenzyl (Z)- (1R,3R)- 3- (2- chloro- 3,3,3- α trifluoropropenyl)- 2,2- dimethylcyclopropanecarboxylate (GAMA CIALOTRINA)
Tiger 100 EC	4-fenoxyphenyl (RS)-2-(2-pyridyloxy) propyl ether
Trebon 100 SC	2-(4-ethoxyphenyl)-2-methypropyl 3 phenoxybenzyl ether
Trigard 750 PM	2-Ciclopropilamino-4,6-Diamino 1,3,5 Triazina (CIROMAZINA)

Tabela 5 – Nome comercial e princípio ativo dos fungicidas utilizados.

Nome Comercial	Princípio ativo
Agrimaicin 500	4-dimetilamino 1,4,4 ^a ,5,5 ^a ,6,11,12 ^a - hexaidroxil-6-metil-1,11-6,11,12 ^a - hexaidroxil-6-metil-1,11-dioxo-2-naftacena-carboxamida (SAL DE OXITETRACICLINA)
Bion 500 WG	S-methyl benzo[1,2,3]thiadiazole-7-carbotióico (ACIBENZOLAR-S-METÍLICO)
Cabrio Top	Zinc ammoniate ethylenebis (dithiocarbamate)-poly[ethylenebis (thiuramdisulphide)(METIRAM) Methyl N-(2-[[1-(4-chlorophenyl)-1H-pyrazol-3-yl oxymethyl phenyl] N-methoxy carbamate (PIRACLOSTROBINA)
Cobox DF	Dicopper chloride trihydroxide (OXICLORETO DE COBRE)
Consento	Propyl-3-(dimethylamino) propylcarbamate hydrochloride (CLORIDRATO DE PROPAMOCARBE) (S)-1-anilino-4-methyl-2-methylthio-4-phenyl imidazolin-5-one (FENAMIDONA)
Curzate C	hidróxido de cálcio e sulfato de cobre(II) Cimoxanil
Forum Plus	(EZ)-4-[3-(4-chlorophenyl)-3-(3,4-dimethoxy phenyl)acryloyl]morpholine (DIMETOMORFE) Tetrachloroisophthalonitrile (CLOROTALONIL)
Galben M	Metil-N-Fenilacetil-N-2,6 xilil-DL-alaninato (BENALAXIL + MANCOZEB)
Infinito	Propyl 3-(dimethylamino)propylcarbamate hydrochloride (CLORIDRATO DE PROPAMOCARBE) 2,6-dichloro-N-[[3-chloro-5-(trifluoromethyl)-2-pyridinyl]-methyl]benzamide (FLUOPICOLIDE)
Kasumin	Cloridrato de Kasugamicina (kasugamycin)
Kocide WDG	Copper Hydroxide (HIDRÓXIDO DE COBRE)
Mycoshield	Oxitetracycline
Orthocide 500	N-(trichloromethylthio)cyclohex-4-ene-1,2-dicarboximide (captana)
Previcur N	Propyl-3-(dimethylamino) propylcarbamate hydrochloride (CLORIDRATO DE PROPAMOCARBE)
Revus	2-(4-chloro-phenyl)-N-[2-(3-methoxy-4-prop-2-ynyloxy-phenyl)-ethyl]-2-prop-2-ynyloxy-acetamide (Mandipropamid)
Space	1-(2-cyano-2-methoxyiminoacetyl)-3-ethylurea (CIMOANIL) Manganese ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt (MANCOZEBE)
Sporekill	Cloreto de dodecil dimetil amônio
Supera	Copper Hydroxide (HIDRÓXIDO DE COBRE)
Tairel Plus	Methyl N-phenylacetyl-N-2,6-xylyl-DL-alaninate (Benalaxyl) Tetrachloroisophthalonitrile (Clorotalonil)
Zetanil	1- (2- cyano- 2- methoxyiminoacetyl)- 3- ethylurea (CIMOANIL)

Tabela 6 – Nome comercial e princípio ativo dos espalhantes adesivos utilizados.

Nome Comercial	Princípio ativo
Haiten	Polioxiétileno alquil fenol éter
Break Thru	Copolímero poliéster-polimetil siloxano
Oleo	Óleo Agrícola

Anexo VII – Figuras do plantio em bandeja e plântulas.

Figura 1 – Plantio das sementes em bandeja.

Figura 2 – Vista geral das sementes do tratamento 7,5 Gy plantadas em bandeja.

Figura 3 – Armazenamento das bandejas plantadas até início da germinação.

Figura 4 – Vista geral das bandejas com plântulas aos 12 dias após plantio.

Figura 5 – Vista geral das bandejas com plântulas aos 21 dias após plantio.

Figura 6 – Vista geral das bandejas na estufa.

Anexo VIII – Figuras do experimento no campo.

Figura 1 – Prof. Dr. Frederico Wiendl durante coleta de dados no local do experimento. Plantas com aproximadamente 30 cm de altura - 01/06/2009.

Figura 2 – Prof. Dr. Valter Arthur (em pé) e doutorando Toni Wiendl (agachado) durante coleta de dados no local do experimento. Plantas com aproximadamente 60 cm de altura - 20/06/2009

Figura 3 – Vista geral da plantação onde foi instalado o experimento - 14/08/2009.

Figura 4 – Vista geral das plantas de tomate e potes de coleta - 14/08/2009.

Figura 5 – Caixa com tomates, separados por tratamento e planta – 14/08/2009.

Figura 6 – Tomateiro com fruto em ponto de colheita - 13/09/2009.

Anexo IX – Frutos de tomate em três estádios de maturação diferente, preparados para tomada de medida do Brix e pH.

Figura 1 – Frutos de tomate em três estádios de maturação diferente, preparados para tomada de medida do Brix e pH.

Anexo X – Frutos obtidos nas três colheitas 14/08, 13/09 e 11/10/2009. Nos frutos a letra T seguida de número indica o tratamento, a letra P seguida de número e letra, indica o número da planta da qual o fruto é proveniente e qual a quantidade de frutos da planta, respectivamente.

Figura 1 – Frutos de tomate obtidos na primeira colheita – 14/08/2009.

Figura 2 – Frutos de tomate do tratamento controle (T 0) obtidos na segunda colheita - 13/09/2009.

Figura 3 – Frutos de tomate do tratamento 2,5 Gy obtidos na segunda colheita - 13/09/2009.

Figura 4 – Frutos de tomate do tratamento 5 Gy obtidos na segunda colheita - 13/09/2009.

Figura 5 – Frutos de tomate do tratamento 7,5 Gy obtidos na segunda colheita - 13/09/2009.

Figura 6 – Frutos de tomate do tratamento 10 Gy obtidos na segunda colheita - 13/09/2009.

Figura 7 – Frutos de tomate do tratamento 12,5 Gy obtidos na segunda colheita - 13/09/2009.

Figura 8 – Frutos de tomate do tratamento 15 Gy obtidos na segunda colheita - 13/09/2009.

Figura 9 – Frutos de tomate do tratamento 20 Gy obtidos na segunda colheita - 13/09/2009.

Figura 10 – Frutos de tomate do tratamento 0 Gy obtidos na terceira colheita - 11/10/2009.

Figura 11 – Frutos de tomate do tratamento 2,5 Gy obtidos na terceira colheita - 11/10/2009.

Figura 12 – Frutos de tomate do tratamento 5 Gy obtidos na terceira colheita - 11/10/2009.

Figura 13 – Frutos de tomate do tratamento 7,5 Gy obtidos na terceira colheita - 11/10/2009.

Figura 14 – Frutos de tomate do tratamento 10 Gy obtidos na terceira colheita - 11/10/2009.

Figura 15 – Frutos de tomate do tratamento 12,5 Gy obtidos na terceira colheita - 11/10/2009.

Figura 16 – Frutos de tomate do tratamento 15 Gy obtidos na terceira colheita - 11/10/2009.

Figura 17 – Frutos de tomate do tratamento 20 Gy obtidos na terceira colheita - 11/10/2009.