

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luíz de Queiroz”**

Controle físico e biológico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* em gengibre

Fernanda Domingues

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Fitopatologia.

Piracicaba
2006

Fernanda Domingues
Engenheiro Agrônomo

Controle físico e biológico de *fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* em gengibre

Orientadora:
Prf^ª. Dra. **RAQUEL GHINI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em
Agronomia. Área de concentração: Fitopatologia.

Piracicaba
2006

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Domingues, Fernanda

Controle físico e biológico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* em gengibre /
Fernanda Domingues. - - Piracicaba, 2006.
58 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Controle biológico 2. Controle físico 3. Fungo fitopatogenico 4. Gengibre
5. Murcha-de-fusário 6. Termoterapia I. Título

CDD 633.83

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

*Aos meus Pais, Aparecido e Vera, e ao meu esposo,
Diogo, pelo apoio constante nos momentos difíceis e
pelo amor, dedico.*

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente a Deus, sem o qual, nada seria possível. Em seguida, aos amigos e colegas que estiveram presentes durante mais esta caminhada:

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio.

Aos estagiários do Laboratório de Microbiologia da Embrapa Meio Ambiente: Marise, Francisco (Chicão), Alex, Luciana, Alexandre, Flávia, César, João Paulo, Harlen Sandro, Camila, Sarah, Mariana, Pietro, Eduardo, entre outros, pelos momentos de descontração, pela amizade e pelo auxílio.

Aos técnicos do laboratório: João Luiz, Márcia, Roseli, Rosângela e Elke pela ajuda, dedicação, e acima de tudo, pela amizade.

Aos trabalhadores do campo experimental, sempre dispostos a auxiliar nos momentos de montagem e coleta de experimentos: Abraão, Valdemori, Brasilino, Chiquinho, meu muito obrigada.

Ao amigo, Professor Dr. Norberto Lavoreti (Universidade Federal de São Carlos), pelo auxílio nas análises estatísticas.

E por último, mas igualmente importante, a minha orientadora Raquel, pelo ensinamento.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 DESENVOLVIMENTO.....	10
2.1 Considerações Gerais	10
2.1.1 O gengibre	10
2.1.2 Termoterapia.....	11
2.1.3 Supressividade do solo	12
2.2 Material e Métodos.....	14
2.2.1 Isolamento do patógeno e teste de patogenicidade.....	14
2.2.2 Preservação dos isolados	14
2.2.3 Termoterapia.....	15
2.2.3.1 Ensaio 1	15
2.2.3.2 Ensaio em campo.....	16
2.2.3.3 Ensaio 2	17
2.2.3.4 Ensaio 3	17
2.2.3.5 Ensaio Laboratório	18
2.2.4 Indução de supressividade de solo com o uso de casca de camarão (quitina).....	18
2.2.5 Análise estatística	19
2.3 Resultados e Discussão.....	20
2.3.1 Isolamento do patógeno e teste de patogenicidade.....	20
2.3.2 Termoterapia.....	22
2.3.2.1 Ensaio 1	22
2.3.2.2 Ensaio em campo.....	29
2.3.2.3 Ensaio 2	33
2.3.2.4 Ensaio 3	39
2.3.2.5 Ensaio Laboratório	45
2.3.2.6 Termoterapia: considerações finais	46
2.3.3 Indução de supressividade de solo com o uso de casca de camarão (quitina).....	47
3 CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

RESUMO

Controle físico e biológico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* em gengibre

O Amarelo ou Murcha de Fusarium, causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* vem assumindo grande importância na cultura do gengibre devido à ausência de métodos eficientes de controle. Com os objetivos de testar a termoterapia associada ao tratamento químico e biológico para a obtenção de rizomas-semente sadios e avaliar a indução de supressividade do solo a *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* com a incorporação de casca de camarão, seis ensaios foram conduzidos. Para o tratamento térmico, foram utilizados rizomas infectados, com aproximadamente 5cm de comprimento. As relações tempo-temperatura utilizadas foram: 45°C por zero, 60, 120 e 180 minutos e 50°C por zero, dez e 20 minutos (ensaio 1 e campo); 50°C por zero, 30 e 60 minutos e 55°C por zero, 10 e 20 minutos (ensaio 2); 50, 55 e 60°C por zero, 10 e 20 min (ensaio 3). As caldas para tratamento térmico foram constituídas por água, solução de tiofanato metílico e caldo fermentado por *Bacillus subtilis*. No experimento em laboratório, os rizomas foram inoculados artificialmente. Após uma semana, receberam o tratamento térmico a 45° C por 60, 120 e 180 minutos e a 50°C e 55°C por 10e 20 minutos. Após a termoterapia, segmentos de rizoma foram plaqueados, sendo avaliados pela contagem dos segmentos que apresentavam o crescimento do patógeno. Na coleta, foram avaliadas altura, peso da matéria fresca da parte aérea e produção, e realizado o plaqueamento da parte aérea, raiz e rizoma. Para verificar a possibilidade do uso de casca de camarão, o solo foi infestado com o isolado patogênico. Após uma semana, houve a incorporação da casca de camarão ao solo nas concentrações de 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 15 e 20% (v/v). A população de *Fusarium* do solo e a comunidade de actinomicetos foram avaliadas semanalmente por diluição em série e plaqueamento. Após oito semanas da incorporação, foi realizado o plantio de um rizoma-semente de gengibre por vaso. Na coleta, a avaliação foi realizada da mesma maneira que para termoterapia. Através de todos os resultados obtidos nos cinco ensaios de termoterapia, verificou-se a possibilidade de utilização da técnica com sucesso no auxílio ao controle da doença. As melhores combinações tempo/temperatura foram a 45°C pelo tempo de 120 minutos ou a 55°C por 20 minutos em todas as caldas. No teste com o uso da casca de camarão, houve uma diminuição da população de *Fusarium* e aumento da comunidade de actinomicetos nos solos que receberam a incorporação de casca. A adição de casca de camarão ao solo permite o plantio do gengibre em locais onde o patógeno esteja presente.

Palavras-chave: Termoterapia; Controle físico; Controle biológico; Supressividade do solo.

ABSTRACT

Physical and biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* in ginger

Yellow or *Fusarium* Wilt, caused for *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* comes assuming great importance in the culture of the ginger due to absence of efficient methods of control. With the objectives to test the thermotherapy associated with the chemical and biological treatment for the healthy attainment of ginger-seed and to evaluate the induction of soil suppressiveness to *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* with the incorporation of shrimp peel, six experiments had been lead. For the thermal treatment, infested rhizome had been used, with approximately 5cm of length. The used relations time-temperature had been: 45°C for zero, 60, 120 and 180 minutes and 50°C for zero, ten and 20 minutes (experiment 1 and field); 50°C for zero, 30 and 60 minutes and 55°C for zero, 10 and 20 minutes (experiment 2); 50, 55 and 60°C for zero, 10 and 20 min (experiment 3). Solutions for thermal treatment had been constituted by water, solution of thiophanate methylic and broth leavend for *Bacillus subtilis*. In the experiment in laboratory, rhizomes had been inoculated artificially. After one week, they had received the thermal treatment 45° C for 60, 120 and 180 minutes and 50°C and 55°C for 10 and 20 minutes. After the thermal treatment, segments of rhizomes had been placed in plates, being evaluated for the counting of the segments that presented the growth of the pathogen. In the collection, height, weight of the aerial part and production had been evaluated, and carried through plating of the aerial part, root and rhizome. To verify the possibility of the use of shrimp peel, the soil was infested with isolated the pathogenic one. After one week, had the incorporation of the peel of shrimp to the soil in the concentrations of 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 15 and 20% (v/v). The population of *Fusarium* of the soil and the community of actinomycetes had been evaluated weekly by dilution in series and placed in plates. After eight weeks of the incorporation, the plantation of one rizome-seed of ginger for vase was carried through. In the collection, the evaluation was carried through in the same way that for thermotherapy. Through all the results gotten in the five experiments of thermotherapy, it was verified successfully possibility of use of the technique in the aid to the control of the illness. The best combinations time/temperature had been 45°C for the time of 120 minutes or 55°C per 20 minutes in all solutions. In the test with the use of the shrimp peel, it had a reduction of the population of *Fusarium* and increase of the community of actinomycetes in the soil that had received the incorporation from peel. The addition of peel of shrimp to the soil allows the plantation of the ginger in places where the pathogen is present.

Word-key: Thermotherapy; Physical control; Biological control; Soil suppressiveness.

1 INTRODUÇÃO

O gengibre (*Zingiber officinale*) é uma planta pertencente à família Zingiberaceae, muito procurada por seus diversos usos tanto na culinária, quanto na medicina popular, além da utilização como planta ornamental e nas indústrias de perfumes e bebidas. O cultivo é realizado principalmente em áreas litorâneas, devido às exigências em clima, com chuvas bem distribuídas e temperaturas altas, e solo arenoso (BLANCO, 1997).

A importância econômica da cultura vem crescendo acentuadamente nos últimos anos, mas apesar disso, poucos trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos com os aspectos fitossanitários. Há poucas informações sobre quais doenças ocorrem nas diversas regiões de cultivo, ocasionando perdas à produção e incertezas na tomada de decisão quanto às medidas de controle. Só a partir de 1989, com a constatação da ocorrência de uma mancha foliar muito destrutiva em plantas de gengibre no Paraná, é que se passou a dar algum destaque às pesquisas sobre doenças dessa cultura (CERESINI & NAZARENO, 1997).

Entre as doenças que ocorrem, o Amarelo ou Murcha de Fusarium, causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* vem assumindo grande importância devido à ausência de métodos eficientes de controle. Os sintomas se caracterizam por um amarelecimento nas folhas inferiores e murcha da planta. Os rizomas apresentam um escurecimento do sistema vascular e uma podridão cortical que progride e forma depressões no rizoma (TRUJILLO, 1963). O método químico é dificultado devido a pouca eficiência dos fungicidas para o controle da doença e à ausência de produtos registrados para a cultura (KIMATI et al., 1997). Além disso, o mercado externo tem preferência pelo sistema orgânico de produção, onde tais produtos não são permitidos.

A intensa ocorrência da Murcha de Fusarium é um dos maiores obstáculos da cultura de gengibre, no país, gerando problemas econômicos e sociais. Abreu (2002) desenvolveu um trabalho comparando a lógica social de utilização das técnicas produtivas com a argumentação ambiental dos agricultores, no Vale do Ribeira (SP), onde uma das principais atividades é o cultivo do gengibre. O trabalho desenvolvido em Tapiraí (SP) demonstrou que esse grupo de agricultores familiares possui apenas o gengibre como cultivo comercial. Entretanto, estão ocorrendo problemas na produção relacionados especialmente a patógenos veiculados pelo solo e

alterações bruscas de clima que desestabilizaram a organização social do grupo. Ultimamente, vários agricultores têm sido obrigados a abandonar a cultura por causa do aumento da incidência da Murcha de *Fusarium*. Os agricultores tentaram o tratamento com fungicidas e a rotação de cultura, porém não obtiveram controle da doença. O plantio ocorre de setembro a outubro e a colheita, de julho a agosto, o que dificulta o uso de solarização, pois a cultura se desenvolve durante o período em que ocorrem as condições favoráveis à aplicação da técnica na região. A desinfestação do solo pelo uso do vapor também não é aconselhável, devido ao alto custo de aplicação em áreas extensas, sendo viável somente em canteiros ou casas de vegetação. Além disso, a ausência de seletividade do tratamento, eliminando a maioria dos microrganismos do solo, facilita a reintrodução e a disseminação do patógeno (GHINI & BETTIOL, 1995).

Como os agricultores retiram os rizomas-semente da própria plantação, o problema vem sendo agravado nos últimos anos, pois a possibilidade de estarem infectados é grande e a doença tem sido disseminada para novas áreas. Assim sendo, uma das principais formas de controle da doença é a obtenção de rizomas-semente sadios (RANA & SHARMA, 1999; RANA, 1991). Além disso, a indução de supressividade de solo a *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* com o uso de fontes de matéria orgânica ou antagonistas pode constituir uma prática complementar no manejo integrado da doença.

O presente trabalho teve por objetivos testar a termoterapia associada ao tratamento químico e biológico para a obtenção de rizomas-semente sadios e avaliar a indução de supressividade do solo a *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* com a incorporação de casca de camarão.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Considerações Gerais

2.1.1 O gengibre

O gengibre (*Zingiber officinale*), pertencente à família Zingiberaceae, é uma planta herbácea perene, que possui caule ereto e rizomas carnosos. Segundo Blanco (1997), os rizomas são muito utilizados na culinária, tanto *in natura* quanto secos, fazendo parte de condimentos, como o famoso “curry”. O extrato alcoólico é utilizado tanto na indústria de refrigerantes, quanto de bebidas alcoólicas, e seu óleo essencial é usado na indústria de perfumes. Além dessas utilizações, o gengibre é utilizado na medicina popular, atuando sobre a falta de fome, distúrbios estomacais e intestinais, cólicas e doenças respiratórias.

O Brasil está entre os pequenos produtores, tendo a produção voltada para os mercados dos EUA, Grã-Bretanha, Holanda, Canadá e mundo árabe (MALUF et al., 1999).

Para um adequado desenvolvimento, o gengibre requer uma boa distribuição de chuvas e altas temperaturas durante o período de formação dos rizomas. Assim, o cultivo concentra-se em regiões litorâneas. Quanto ao solo, a preferência é por solos arenosos, bem drenados e ricos em matéria orgânica. O plantio é realizado de agosto a setembro, e a colheita ocorre no período de junho a agosto (BLANCO, 1997).

Com respeito a pragas e doenças, as mais comuns são a lagarta-rosca, podridões de rizomas e manchas foliares causadas por fungos. Entre as doenças, a murcha causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* tem causado grandes prejuízos ao cultivo. Sharma & Dohroo (1989) verificaram que a incidência da murcha está diretamente relacionada com a temperatura e umidade do solo, atingindo o máximo de incidência da doença com temperaturas do solo entre 24 e 25°C e umidade entre 25 e 30%. Quanto ao tratamento, Rana & Sharma (1999) e Rana (1991) afirmam que o ideal é o uso de rizomas-semente livres do patógeno.

2.1.2 Termoterapia

Um dos métodos de obtenção de rizomas-semente saudáveis é o uso de tratamento térmico. Segundo Baker (1962a, 1962b), J. L. Jensen (1887-88) aparentemente foi o primeiro a explorar a termoterapia na morte seletiva de micélios de *Phytophthora infestans* em tubérculos de batata e de *Ustilago nuda* e *U. tritici* em cevada e sementes de trigo, demonstrando ser possível eliminar o patógeno sem causar grandes injúrias ao hospedeiro. A termoterapia desde então teve seu uso difundido para controlar doenças em cana-de-açúcar, cereais, legumes, ornamentais e frutíferas.

Baker (1962b) relata que o método permite que o patógeno seja eliminado tanto do interior dos tecidos do hospedeiro, como de seu exterior. Segundo Ghini & Bettiol (1995), o princípio básico da termoterapia está na eliminação do patógeno através do tratamento em determinadas relações tempo-temperatura que produzem poucos efeitos deletérios no material vegetal. Dessa forma, para que o método possa ser empregado com sucesso, é preciso que exista uma diferença entre a sensibilidade térmica do hospedeiro e do patógeno. Assim, quanto maior essa diferença, maior a probabilidade de sucesso do tratamento (BAKER, 1962a; GHINI & BETTIOL, 1995).

Vários fatores são determinantes na sensibilidade térmica: teor de umidade do material, o nível de dormência, a idade e o vigor (principalmente no caso de sementes), as condições das camadas externas do material, as condições de temperatura mantidas durante o desenvolvimento da planta, o tamanho do material a ser tratado e a suscetibilidade varietal.

Segundo Ghini & Bettiol (1995), o tratamento pelo calor pode ser feito de duas formas: através de exposição intensa e curta, usada freqüentemente para erradicação de microrganismos, ou através de uma exposição pouco intensa e longa ao calor, usada para reduzir a concentração do patógeno na planta e, geralmente associada à cultura de meristemas. O material pode, dessa forma, ser tratado com água quente, ar quente ou vapor.

O tratamento térmico a 50°C por 10 min controla os nematóides que ocorrem na cultura de gengibre, segundo Trujillo (1963). O autor verificou que o tratamento térmico de rizomas de gengibre a 60°C por 20 min impede a germinação do rizoma. A 55°C, por 30 min, a sobrevivência é de 60% e a 50°C, de 70%. A termoterapia também foi estudada por Vadhera et al. (1998) para a desinfestação de rizomas contra nematóides, sendo os tratamentos realizados em

água quente a 45°C por 1, 2 e 3 horas. Os melhores resultados foram obtidos pelo tratamento a 45°C por 3 horas, onde houve desinfestação total dos rizomas, tendo como consequência do tratamento, o melhor desenvolvimento das plantas e incrementos de 19,29 a 34,41% na produção. Para o controle da Murcha de Fusarium, no Hawaii (EUA), é recomendado o tratamento térmico a 50°C por 10 min em calda preparada com o fungicida benomyl (<http://www.ctahr.hawaii.edu/fb/ginger/ginger.htm>, consultado em 19 de março de 2003). Na Austrália, o tratamento recomendado para os rizomas é de 20 min a 45°C (<http://www.dpi.qld.gov.au/horticulture/4748.html>, consultado em 19 de março de 2003).

2.1.3 Supressividade do solo

Outra forma de controle da doença é a indução de supressividade do solo. A supressividade é a capacidade do solo de diminuir ou inibir o desenvolvimento de doenças, mesmo quando o patógeno se encontra presente (supressividade à doença), ou de inibir o estabelecimento do patógeno ou diminuir a fonte de inóculo no solo (supressividade ao patógeno). Um solo que apresenta essas características é denominado supressivo, enquanto que o oposto é denominado conducente (BAKER & COOK, 1974).

Höper & Alabouvette (1996) relatam exemplos de supressividade do solo a doenças causadas por *Aphanomyces* spp., *Fusarium oxysporum*, *F. roseum*, *F. solani*, *Phytophthora* spp. e *Pythium* spp., entre outras. Quanto à supressividade do solo ao patógeno, há, por exemplo, solos supressivos a *Fusarium oxysporum*, *Streptomyces* spp., *Pythium* spp. e *Rhizoctonia solani* (WELLER et al., 2002). Embora, segundo Höper & Alabouvette (1996), nem sempre é possível distinguir o tipo de supressividade (doença ou patógeno).

A supressividade se deve a fatores bióticos e abióticos do solo. Entre os fatores abióticos, incluem-se os teores de argila e de areia, o tipo de argila (AMIR & ALABOUVETTE, 1993), tamanho dos agregados, pH, fontes de matéria orgânica, nutrientes, entre outros (HÖPER & ALABOUVETTE, 1996). Vários são os relatos de indução de supressividade através do uso de diferentes materiais, como incorporação de argila ao solo (AMIR & ALABOUVETTE, 1993) e de composto de lixo urbano (WITTLING et al., 1996).

Entre os fatores bióticos, as bactérias, fungos e actinomicetos atuam no controle biológico por mecanismos, como competição e produção de metabólitos que inibem o patógeno (WELLER

et al., 2002). Também podem exercer importante função na supressividade as micorrizas, microartrópodos (colembola), protozoários e minhocas (BETTIOL & GHINI, 2005). Segundo Alabouvette et al. (1998), um solo conducente pode ser transformado em supressivo pela indução da supressividade natural que existe em todos os solos ou pela introdução de microrganismos antagonísticos isolados e multiplicados.

Várias fontes de matéria orgânica podem induzir uma supressividade natural pelo estímulo da microbiota antagonística. Mitchell & Alexander (1961), citados por Buxton et al. (1965), verificaram que a quitina misturada ao solo infestado diminuía a podridão de raiz em feijão, causada por *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, e a murcha vascular do rabanete, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. Buxton et al. (1965) demonstraram que a adição de quitina ao solo causa a diminuição da murcha provocada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*, em diversas variedades de ervilha, tanto em experimentos de campo, quanto em casa de vegetação. Essa indução de supressividade foi atribuída ao estímulo do desenvolvimento de microrganismos antagonísticos ao patógeno, uma vez que a diluição do solo tratado e seu plaqueamento mostraram não só o decréscimo da população de *Fusarium*, como o aumento da comunidade de actinomicetos, os quais atuam no controle biológico do patógeno.

O uso de agentes de controle biológico tem apresentado resultados promissores para o controle de *Fusarium* spp. O método biológico de controle constitui uma alternativa viável para a produção orgânica de gengibre que visa à exportação. Em testes realizados *in vitro* e em casa-de-vegetação, Lazzaretti (1999) demonstrou que isolados de *Bacillus subtilis* constituem promissores agentes de controle biológico de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. Os metabólitos extraídos do meio de cultura fermentado com a bactéria apresentaram atividade no controle do patógeno. Outros microrganismos que se mostram promissores são os actinomicetos. Franco & Valencia (2001), demonstraram efeito antagonístico de duas espécies de actinomicetos (*Streptomyces* sp. e *Pseudonocardia* sp.) a *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Isolamento do patógeno e teste de patogenicidade

Para o isolamento do patógeno, segmentos (0,5 x 0,5 x 0,5cm) de rizomas de gengibre com sintomas da doença foram cortados, mergulhados em álcool (70%) e, em seguida, em hipoclorito de sódio (0,75%, por 3 min) para desinfestação superficial. Foram colocados cinco segmentos por placa de Petri contendo meio de Komada (1975) e incubados a 25±2°C, em luminosidade ambiente por cinco dias. Após esse período, os isolados obtidos foram transferidos para placas de Petri contendo meio de BDA.

Para comprovação da patogenicidade, foram realizados os postulados de Koch com os isolados obtidos. Rizomas aparentemente sadios (5cm de comprimento, com três gemas, aproximadamente) foram inoculados com discos de meio de cultura contendo micélio do patógeno, após realização de um ferimento com furador de rolha com 6mm de diâmetro. Os discos foram cobertos com fita adesiva e mantidos em condições ambientes por uma semana. Para o controle, procedeu-se da mesma forma, mas utilizaram-se discos de BDA sem o patógeno. A avaliação foi realizada pela medição das lesões em dois planos perpendiculares.

2.2.2 Preservação dos isolados

Para a preservação dos isolados obtidos, foi utilizado o método de Castellani (1939). Os isolados foram repicados, através de discos de meio de cultura contendo micélio, para vidros de penicilina, com capacidade para 6 mL, contendo 4 mL de água destilada esterilizada e tampados com tampão de algodão. Após a repicagem, os tampões de algodão foram substituídos por rolhas de borracha desinfestadas e os vidros lacrados com tampas herméticas de alumínio, com auxílio de uma máquina cravadora. O armazenamento foi realizado em temperatura ambiente.

2.2.3 Termoterapia

2.2.3.1 Ensaio 1

Rizomas-semente de gengibre infectados com *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* foram obtidos junto a agricultores. Para o tratamento térmico, foram utilizados rizomas com, aproximadamente, 5cm de comprimento.

O primeiro teste de termoterapia foi realizado em banho-maria, com temperatura de 45°C por zero, 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por zero, dez e 20 minutos. As caldas para tratamento térmico foram constituídas por água, solução de tiofanato metílico (50g/100L) e caldo fermentado por *Bacillus subtilis*. Para a obtenção do caldo fermentado de *B. subtilis*, a linhagem AP-03, proveniente da coleção de culturas de agentes de controle biológico da Embrapa Meio Ambiente, foi multiplicada em meio de BD (batata-dextrose), sob agitação contínua (180 rpm a 30°C), por sete dias. As testemunhas sem tratamento térmico (zero minuto) foram obtidas pela imersão dos rizomas nas respectivas caldas em temperatura ambiente pelo tempo de 60 minutos.

Assim, os tratamentos realizados foram: tratamento 1: imersão em água sem aquecimento por 60 minutos (água 45°C – testemunha); tratamento 2: imersão em água a 45°C por 60 minutos (água 45°C – 60 min); tratamento 3: imersão em água a 45°C por 120 minutos (água 45°C - 120 min); tratamento 4: imersão em água a 45°C por 180 minutos (água 45°C – 180 min); tratamento 5: imersão em água sem aquecimento por 60 minutos (água 50°C – testemunha); tratamento 6: imersão em água a 50°C por dez minutos (água 50°C – 10 min); tratamento 7: imersão em água a 50°C por 20 minutos (água 50°C – 20 min); tratamento 8: imersão em caldo fermentado por *Bacillus* sem aquecimento por 60 minutos (*Bacillus* 45°C – testemunha); tratamento 9: imersão em caldo fermentado por *Bacillus* a 45°C por 60 minutos (*Bacillus* 45°C – 60 min); tratamento 10: imersão em caldo fermentado por *Bacillus* a 45°C por 120 minutos (*Bacillus* 45°C - 120 min); tratamento 11: imersão em caldo fermentado por *Bacillus* a 45°C por 180 minutos. (*Bacillus* 45°C – 180 min); tratamento 12: imersão em caldo fermentado por *Bacillus* sem aquecimento por 60 minutos (*Bacillus* 50°C – testemunha); tratamento 13: imersão em caldo fermentado por *Bacillus* a 50°C por dez minutos (*Bacillus* 50°C – 10 min); tratamento 14: imersão em caldo fermentado por *Bacillus* a 50°C por 20 minutos (*Bacillus* 50°C – 20 min); tratamento 15: imersão em tiofanato metílico sem aquecimento por 60 minutos (tiofanato 45°C – testemunha); tratamento 16:

imersão em tiofanato metílico a 45°C por 60 minutos (tiofanato 45°C – 60 min); tratamento 17: imersão em tiofanato metílico a 45°C por 120 minutos (tiofanato 45°C - 120 min); tratamento 18: imersão em tiofanato metílico a 45°C por 180 minutos (tiofanato 45°C – 180 min); tratamento 19: imersão em tiofanato metílico sem aquecimento por 60 minutos (tiofanato 50°C – testemunha); tratamento 20: imersão em tiofanato metílico a 50°C por dez minutos (tiofanato 50°C – 10 min), e tratamento 21: imersão em tiofanato metílico a 50°C por 20 minutos (tiofanato 50°C – 20 min).

Para cada tratamento foram realizadas 20 repetições (20 rizomas de gengibre), totalizando 420 rizomas tratados. Realizou-se o isolamento do patógeno em dez rizomas por tratamento (210 rizomas), sendo plaqueados 36 segmentos de gengibre por tratamento, logo após a realização da termoterapia. Os outros dez rizomas foram plantados imediatamente após o tratamento em vasos com capacidade para 8L (um rizoma por vaso). O solo utilizado foi desinfestado em coletor solar por um dia de radiação plena (Ghini & Bettioli, 1991, 1995). Os 210 vasos foram mantidos em casa de vegetação e irrigados regularmente.

A avaliação foi realizada por meio do isolamento do patógeno, 210 dias após o plantio. Os isolamentos foram realizados plaqueando-se dez segmentos de rizomas, dez de raízes e dez da parte aérea, de cada planta em meio de Komada. O desenvolvimento do gengibre foi avaliado por meio do número de brotações, altura, peso de matéria fresca de parte aérea e produção.

2.2.3.2 Ensaio em campo

Simultaneamente ao experimento em casa de vegetação, foi realizada a montagem de uma réplica do ensaio em campo, que contou com três repetições por tratamento, sendo cada repetição constituída por uma parcela contendo três rizomas (plantas). O experimento foi instalado em Tapiraí/SP, em terras onde o gengibre é cultivado e que possuem histórico da doença. Além dos tratamentos realizados em casa de vegetação, o experimento em campo contou com mais dois tratamentos. O primeiro constituído pela aplicação de um litro de caldo fermentado por *Bacillus* no sulco de plantio e o segundo pela aplicação de 0,5kg de substrato contendo *Trichoderma* (isolado TSS9 da coleção de agentes de controle biológico da Embrapa Meio Ambiente) por sulco.

2.2.3.3 Ensaio 2

Um segundo experimento foi montado em casa de vegetação, antes da avaliação do primeiro. O tratamento foi realizado em banho-maria, com temperatura de 50°C por 0, 30 e 60 min. e a 55°C por 0, 10 e 20 min. As caldas para tratamento térmico foram constituídas por água, solução de tiofanato metílico (50g/100L) e caldo fermentado por *Bacillus subtilis*. A obtenção do caldo fermentado por *B. subtilis* foi realizada da mesma forma que descrita anteriormente.

Para cada tratamento foram realizadas dez repetições (dez rizomas de gengibre). Os rizomas foram plantados imediatamente após o tratamento em vasos com capacidade para 5L (um rizoma por vaso), totalizando 180 vasos. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação e irrigados regularmente. A avaliação foi realizada da mesma forma que descrito no ensaio 1 (item 3.3.1.).

2.2.3.4 Ensaio 3

No terceiro experimento realizado em casa de vegetação, os rizomas de gengibre foram tratados em banho-maria, com temperaturas de 50, 55 e 60°C por 0, 10 e 20 min.. As caldas para tratamento térmico foram constituídas por água, solução de tiofanato metílico (50g/100L) e caldo fermentado por *Bacillus subtilis*. A obtenção do caldo fermentado por *B. subtilis* foi realizada da mesma forma que descrita para o primeiro experimento.

Para cada tratamento foram realizadas 20 repetições (20 rizomas de gengibre). Realizou-se o isolamento do patógeno em dez rizomas por tratamento, logo após a realização da termoterapia. Os outros dez rizomas foram plantados imediatamente após o tratamento em vasos com capacidade para 5L (um rizoma por vaso), totalizando 270 vasos. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação e irrigados regularmente. A avaliação foi realizada de acordo com o descrito no item 3.3.1..

2.2.3.5 Ensaio Laboratório

Um experimento foi conduzido em laboratório visando testar por meio de inoculação artificial dos rizomas, a capacidade do tratamento térmico em diminuir a presença do patógeno. Rizomas foram imersos em suspensão de conídios do isolado 18.4r (ver item 2.3.1) contendo 10^6 conídios/mL por 30 minutos. Após uma semana, os mesmos foram tratados nas caldas compostas por água, caldo fermentado por *Bacillus* e tiofanato metílico, nas temperaturas de 45° C por 60, 120 e 180 minutos; a 50°C por dez e vinte minutos e a 55°C por 10 e 20 minutos. Os tratamentos testemunhas foram realizados mergulhando os rizomas nas diferentes caldas por 60 minutos. Após a termoterapia, vinte segmentos foram plaqueados de cada tratamento em duas placas (dez pedaços por placa) e incubados a temperatura ambiente por uma semana. Passado este período foi realizada a avaliação das placas e a contagem dos segmentos que apresentavam o crescimento do patógeno.

2.2.4 Indução de supressividade de solo com o uso de casca de camarão (quitina)

Para verificar a possibilidade do uso de casca de camarão, um resíduo rico em quitina, para indução de supressividade a *F. oxysporum* f. sp. *zingiberi* foi utilizada uma adaptação da metodologia descrita por Buxton et al. (1965).

O solo foi colocado em vasos com capacidade para 5L e infestado com o isolado patogênico 18.4r (10^8 conídios/mL). Após uma semana, houve a incorporação da casca de camarão ao solo. As cascas de camarão foram obtidas em frigoríficos de frutos do mar, secas (55°C, por 96h), moídas e incorporadas ao solo nas concentrações de 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 15 e 20% (v/v), em 10 repetições.

Os vasos foram mantidos em casa de vegetação e irrigados regularmente. A população de *Fusarium* do solo e a comunidade de actinomicetos foram avaliadas semanalmente pela coleta de amostras de solo, diluição em série e plaqueamento em meio seletivo de Komada (1975) e ágar-água alcalinizado (pH 10,5). A coleta foi realizada pela retirada de uma amostra de solo por vaso de cada tratamento e sua homogeneização, para obter uma amostra composta.

Após oito semanas da incorporação, rizomas-semente de gengibre (segmentos de 3 a 5 cm), foram plantados, na quantidade de um rizoma por vaso.

Uma semana antes da coleta do experimento (300 dias após o plantio, aproximadamente), foram realizadas uma nova amostragem do solo e plaqueamento do mesmo em meio seletivo de Komada e agar-água alcalinizado. Após a coleta do experimento, a avaliação foi realizada da mesma maneira que para os rizomas que sofreram termoterapia, através do plaqueamento de parte aérea, raiz e rizoma, além da avaliação de altura, produção e peso da matéria fresca da parte aérea.

2.2.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada pela submissão dos dados ao sistema SAS. Utilizou-se Tukey para comparação das médias de cada tratamento.

Como nem todas as repetições vingaram, cada tabela contida nos resultados indica a quantidade de repetições que foram analisadas.

Todos os experimentos foram inteiramente casualizados e as análises foram realizadas considerando as diferenças entre todos os tratamentos de cada experimento, sem formação de grupos de análise.

Devido ao alto coeficiente de variabilidade de alguns dados, os mesmos necessitaram ser transformados para que a análise fosse realizada. Assim, trabalhou-se com a raiz quadrada dos dados. As tabelas trazem os indicativos de quais dados passaram por esta transformação.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Isolamento do patógeno e teste de patogenicidade

Trinta e três isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* foram obtidos e avaliados quanto à patogenicidade em dois ensaios. Os resultados obtidos estão apresentados nas Tabelas 1 e 2 (primeiro e segundo ensaios, respectivamente).

Tabela 1 - Tamanho de lesão (cm) ocasionada por diferentes isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* em rizomas de gengibre uma semana após a inoculação (ensaio 1), em três repetições

Isolado	Repetição 1⁽¹⁾	Repetição 2	Repetição 3
Testemunha	0	0	1 x 6
1.5	0	0	4,5 x 1,7
3.1	0	0	0
3.2	0	0	0
3.4	0	0	0
3.5	0	0	0
6.1	0	0	1,5 x 3
7.1	0	0	0
7.2	0	0	0
7.3	0	0	0
7.4	0	0	1,3 x 4,6
9.1	0	0	1,2 x 0,7
9.3	0	2 x 2	0
10.6	0	0	0
13.2	0	0	0
13.4	0	0	0
14.1	0	0	0
14.6	0	0	2,3 x 1,2
16.6	0	0	3 x 2,8
17.2	6,1 x 6	3,6 x 5,6	0
17.5	0	0	0
17.6	0	0	2,7 x 4,2
18.2	0	0	3 x 4
18.4r	5,5 x 4,7	1 x 4	1 x 2,5
18.4b	2 x 2,5	2,6 x 2	0
19.3	0	0	0
20.2	0	0	0
20.3	0	0	1 x 7
23.4	0	0	0

⁽¹⁾ Repetição = um rizoma aparentemente sadio com 5 cm de comprimento, com três gemas.

Tabela 2 - Tamanho de lesão (cm) ocasionada por diferentes isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* em rizomas de gengibre uma semana após a inoculação (ensaio 2), em quatro repetições

Isolado	Repetição 1 ⁽¹⁾	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4
Testemunha	0	0	2 x 0,5	2 x 1
1.5	0	0	0	1 x 3
3.2	2 x 1	2,5 x 0,5	0	3 x 2
3.4	0	0	0	0
3.5	0	0	0	5 x 3
6.1	0	0	0	0
7.1	0	0	0	0
7.2	0	0	0	0
7.3	0	0	0	0
7.4	0	0	1 x 1,5	0
9.3	0	3,5 x 1,5	3 x 2	2,5 x 2
10.6	0	0	0	3 x 2
11.5	0	0	0	0
13.4	5 x 2	0	2 x 1,5	2 x 4
14.2	2 x 2	0	0	5 x 6
14.6	0	0	0	0
17.2	0	0	0	0
17.3	0	0	0	5 x 2
17.5	0	0	3 x 2	0
17.6	0	0	0	0
18.4r	1,5 x 2	1 x 0,5	5 x 0,1	0
18.4b	0	0	0	0
19.3	0	0	0	0
20.2	0	0	0	0
20.3	0	0	0	0
20.4	0	2 x 0,5	0	0
21.2	0	0	0	0
23.4	0	0	0	0

⁽¹⁾ Repetição = um rizoma aparentemente sadio com 5 cm de comprimento, com três gemas.

Devido à alta infestação dos rizomas disponíveis, houve o aparecimento de sintomas também nas testemunhas não inoculadas, nos dois ensaios.

Pode-se observar que os isolados 3.4, 7.1, 7.2, 7.3, 19.3, 20.2 e 23.4 não causaram lesões nos rizomas em ambos os ensaios, mostrando-se não patogênicos. No caso dos isolados 3.5, 6.1, 10.6, 14.6, 17.5, 17.6 e 20.3, somente uma das sete repetições apresentou lesões.

Pelos resultados obtidos, o isolado mais agressivo é o 18.4r que causou lesões em seis das sete repetições dos dois ensaios realizados.

2.3.2 Termoterapia

2.3.2.1 Ensaio 1

No primeiro ensaio, observou-se quanto à brotação, que os tratamentos realizados com um maior tempo de exposição ao calor apresentaram um maior número de brotos quando comparados aos de menor exposição (Tabela 3). O tratamento em água a 45°C por 180 min foi o que apresentou o maior valor, diferindo estatisticamente de todos os tratamentos a 50°C e da maioria daqueles a 45°C. Pode-se verificar que os tratamentos em água a 45°C por 120 e 180 minutos e em tiofanato a 45°C por 120 minutos foram os únicos a diferirem estatisticamente de suas respectivas testemunhas.

Quanto à emergência, somente três tratamentos em calda com *Bacillus subtilis* mostraram redução, tendo uma emergência entre 80 a 90%, ou seja, dos dez vasos plantados, houve desenvolvimento da planta em oito ou nove vasos (Tabela 3).

Tabela 3 - Número médio de brotos e porcentagem de emergência de rizomas de gengibre após tratamento térmico a 45°C por zero, 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por zero, dez e 20 minutos em três diferentes caldas

Caldas	Temp. (°C)	Tempo (minutos)	Brotos/planta		Emergência (%)
			Média ⁽¹⁾	Tukey ⁽²⁾	
Água	45°C	testemunha	3,25	c	100
		60	4,25	bc	100
		120	5,88	ab	100
		180	7,25	a	100
	50°C	testemunha	3,50	c	100
		10	3,50	c	100
		20	3,38	bc	100
Caldo fermentado por <i>B.subtilis</i>	45°C	testemunha	3,13	c	100
		60	4,00	bc	90
		120	5,00	abc	90
		180	5,38	abc	80
	50°C	testemunha	3,75	c	100
		10	4,00	bc	100
		20	4,25	bc	100
Tiofanato metílico (50g/100L)	45°C	testemunha	3,63	bc	100
		60	4,25	bc	100
		120	6,00	ab	100
		180	4,38	bc	100
	50°C	testemunha	4,13	bc	100
		10	4,38	bc	100
		20	3,88	bc	100

⁽¹⁾ média de oito repetições, constituídas de uma planta/vaso;

⁽²⁾ médias seguidas por diferentes letras, diferem estatisticamente (Tukey 5%).

Quanto à altura, os tratamentos realizados com um maior período de exposição (60 a 180 minutos), mostraram-se inferiores à testemunha, não diferindo, no entanto estatisticamente da mesma, com exceção do tratamento a 45°C por 180 minutos em água. Os tratamentos que receberam um menor período de exposição apresentaram alturas iguais ou superiores às

testemunhas (não diferindo estatisticamente), com exceção daquele a 50°C por dez minutos em tiofanato (Figura 1).

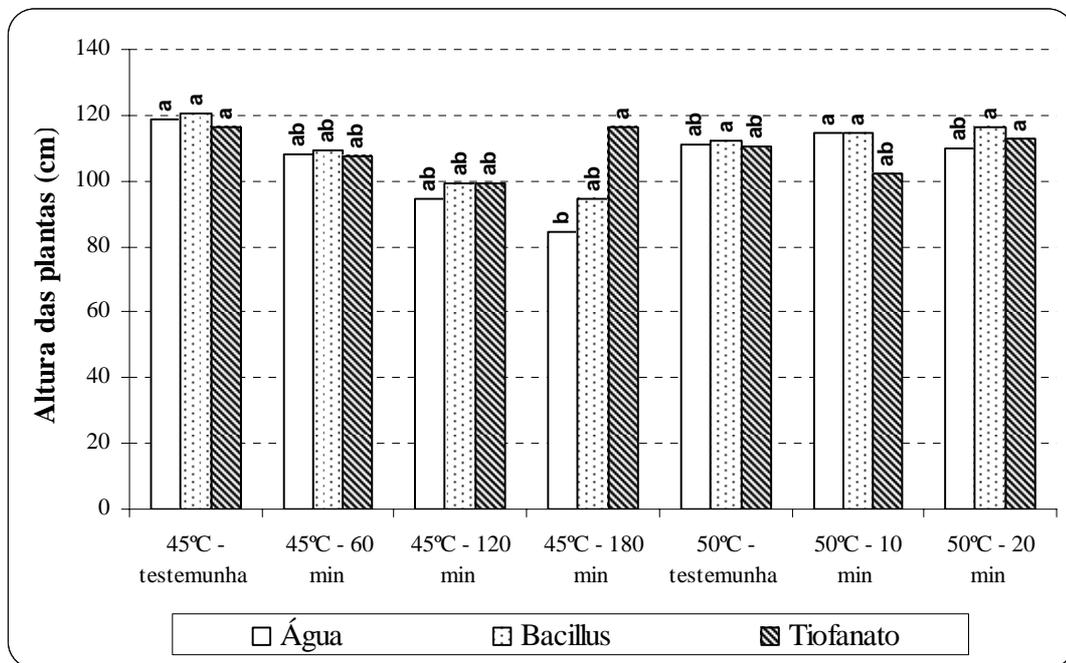


Figura 1 - Altura das plantas oriundas de rizomas de gengibre que receberam tratamento térmico a 45°C por 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L). Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Com relação ao peso da matéria fresca da parte aérea, pode-se observar que o tratamento em tiofanato a 45°C por 180 min e os tratamentos a 50°C por 10 e 20 min nas diversas caldas apresentaram valores superiores à testemunha, porém, não houve diferença estatística (Figura 2).

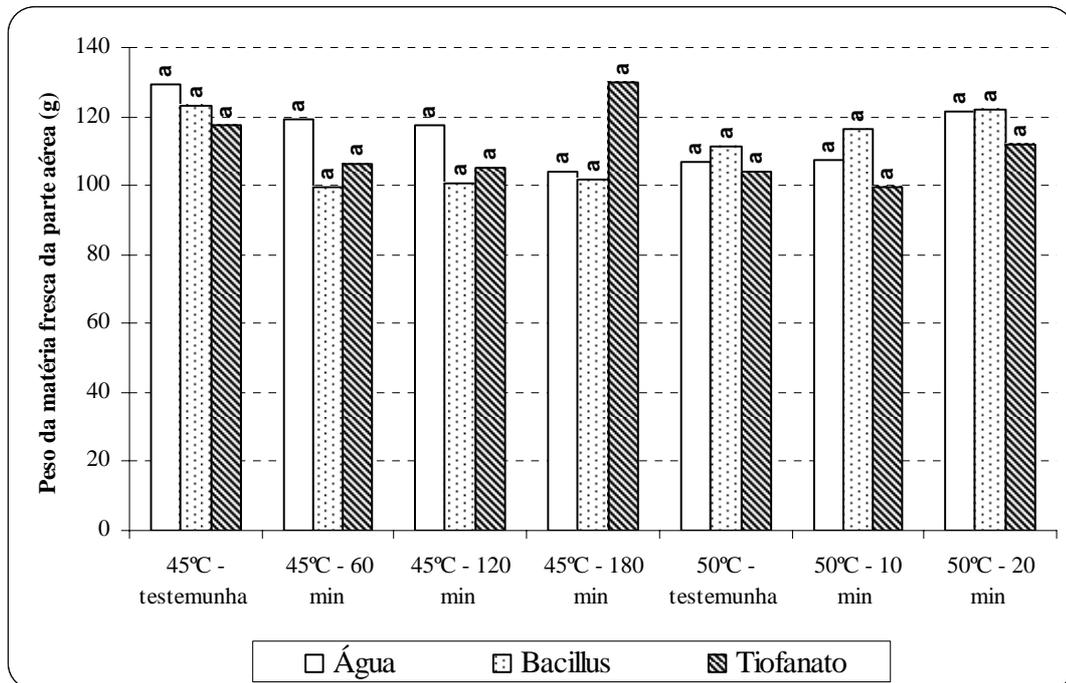


Figura 2 - Peso da matéria fresca da parte aérea das plantas oriundas de rizomas de gengibre que receberam tratamento térmico a 45°C por 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L). Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Quando a característica observada foi à produção, a maioria dos tratamentos mostrou-se superior as suas respectivas testemunhas, mas assim como para o peso da parte aérea, não houve diferenças estatísticas (Figura 3).

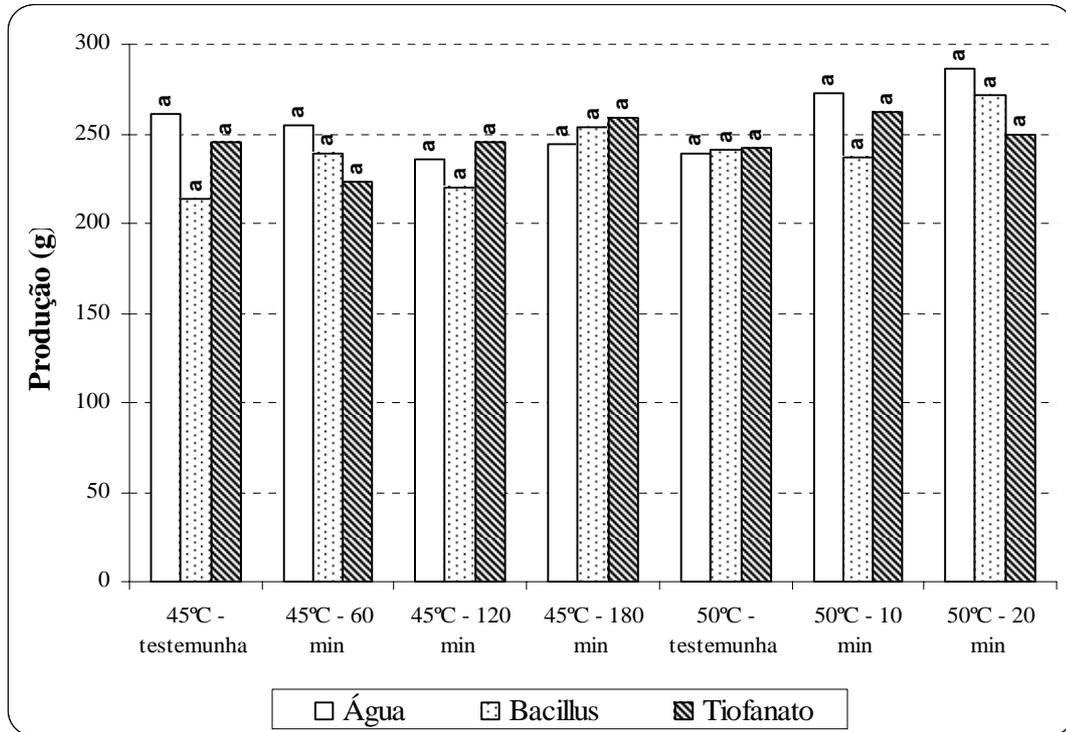


Figura 3 - Produção obtida das plantas oriundas de rizomas de gengibre que receberam tratamento térmico a 45°C por 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L). Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Pode-se verificar que o tratamento térmico com os tempos e temperaturas usadas neste ensaio, não influenciou na emergência, altura, peso da matéria fresca da parte aérea e produção das plantas de gengibre, não sendo prejudicial ao hospedeiro, o que permite o uso da técnica.

No plaqueamento realizado logo após o tratamento térmico, observou-se que os tratamentos que apresentaram um menor número de segmentos com o fungo foram em água a 45°C por 60 minutos e a 50°C por 10 min; em caldo fermentado por *Bacillus* a 45°C por 180 min e em tiofanato metílico a 45°C por 180 min e a 50°C por 20 min (Figura 4).

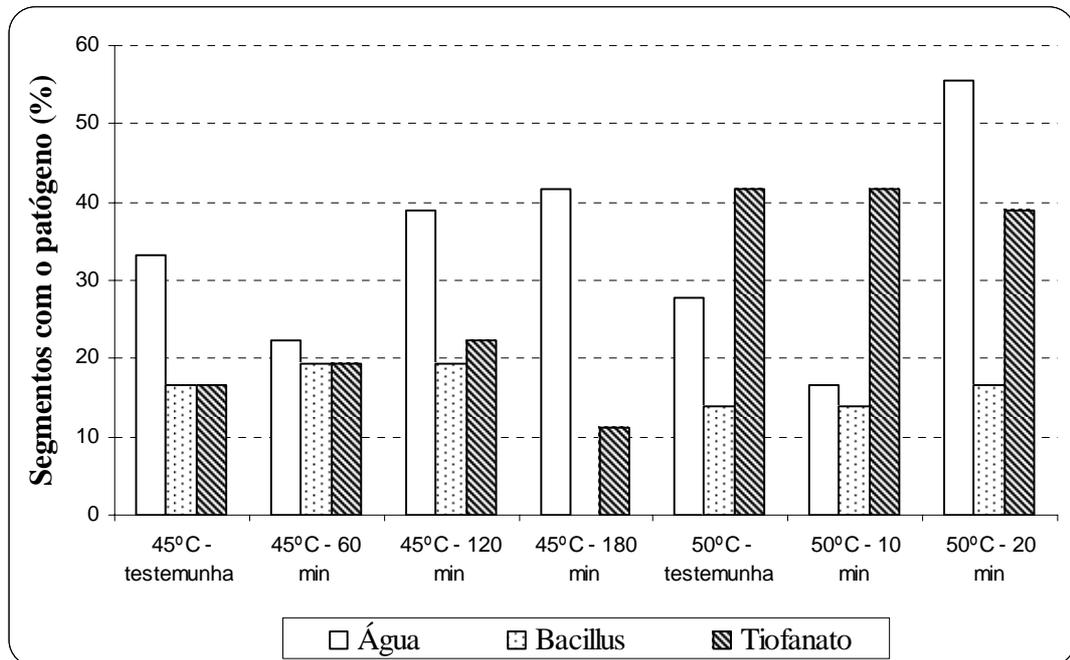


Figura 4 - Porcentagem de segmentos de rizomas de gengibre plaqueados logo após a realização da termoterapia a 45°C por 60,120 e 180 minutos e a 50°C por dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L), que apresentaram crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* após uma semana de incubação

Em relação ao plaqueamento dos tratamentos após a coleta do experimento, os resultados observados encontram-se inseridos na Tabela 4. Pode-se verificar que o patógeno foi recuperado com maior frequência no caule e nas raízes.

Tabela 4 - Número médio de segmentos de caule, raiz e rizoma de gengibres colhidos após 210 dias de cultivo, originários de rizomas que passaram por tratamento térmico a 45°C por zero (testemunha), 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por zero (testemunha), dez e 20 minutos em três caldas diferentes antes do plantio, que apresentaram crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* após uma semana de incubação

Caldas	Temp. (°C)	Tempo (minutos)	Caule		Raiz		Rizoma	
			Média ⁽¹⁾	Tukey ⁽²⁾	Média	Tukey	Média	Tukey
Água	45°C	testemunha	1,50	a	1,75	a	0,12	a
		60	2,25	a	2,37	a	0,37	a
		120	3,50	a	1,25	a	0,25	a
		180	4,75	a	1,62	a	0,62	a
	50°C	testemunha	2,00	a	2,62	a	0,25	a
		10	2,75	a	1,87	a	0,25	a
		20	1,87	a	1,87	a	0,50	a
Caldo fermentado por <i>B.subtilis</i>	45°C	testemunha	2,25	a	2,50	a	0,50	a
		60	2,37	a	1,87	a	0,87	a
		120	1,75	a	0,25	a	0,25	a
		180	3,00	a	2,62	a	1,00	a
	50°C	testemunha	2,00	a	2,75	a	0,12	a
		10	3,75	a	3,12	a	0,37	a
		20	2,87	a	2,62	a	0,12	a
Tiofanato metílico (50g/100L)	45°C	testemunha	3,12	a	3,00	a	0,25	a
		60	4,00	a	3,37	a	2,62	a
		120	4,50	a	0,37	a	0,25	a
		180	3,00	a	3,00	a	1,62	a
	50°C	testemunha	4,50	a	2,87	a	1,00	a
		10	2,75	a	1,50	a	0,12	a
		20	2,37	a	3,50	a	1,87	a

⁽¹⁾ média de oito repetições, constituídas de uma planta/vaso;

⁽²⁾ médias seguidas por diferentes letras, diferem estatisticamente (Tukey 5%). Trabalhou-se com dados transformados, ou seja, com a raiz quadrada dos dados originais de caule, raiz e rizomas.

Tendo como referência o número médio de segmentos de caule que apresentaram o fungo, verificou-se que os tratamentos que apresentaram os melhores resultados (menor número de segmentos infectados) foram em caldo fermentado por *Bacillus* a 45°C por 60 e 120 min, e em calda de tiofanato metílico a 45°C por 180 min e a 50°C por 10 e por 20 min (Tabela 4).

Quando a referência é o número médio de segmentos de raiz, vários tratamentos apresentaram uma redução no número quando comparados à testemunha, destacando-se os tratamentos a 45°C por 120 min em caldo fermentado por *Bacillus* e em tiofanato metílico (Tabela 4).

Com relação ao rizoma, todos os tratamentos realizados em água, mostraram um maior número de segmentos com o patógeno quando comparados à testemunha. No tratamento com o caldo fermentado por *Bacillus*, somente o tratamento a 45°C por 120 minutos foi melhor que a testemunha. Em calda de tiofanato metílico, destaca-se o tratamento a 50°C por 10 min (Tabela 4).

Devido a alta variabilidade dos dados dentro de cada tratamento, não houve diferenças estatísticas significativas entre os mesmos.

Os rizomas utilizados no ensaio foram oriundos de uma área de produção com a presença do patógeno, mas não foi possível confirmar a presença do patógeno em todos os rizomas antes de sua utilização. Assim sendo, há a possibilidade de que alguns dos rizomas não estivessem contaminados, o que explicaria a variabilidade dos dados quando do isolamento do patógeno. Para resolver esta questão é que o ensaio em laboratório foi realizado (item 4.2.5.).

2.3.2.2 Ensaio em campo

No experimento em campo, verificou-se que assim como ocorreu em casa de vegetação, as alturas das plantas que foram expostas por um maior período de tempo ao calor, foram inferiores aos tratamentos testemunhas e aquelas expostas a uma maior temperatura, mas por um menor tempo, mostraram alturas semelhantes ou superiores as suas testemunhas (Figura 5). É possível observar que não houve, entretanto, diferença estatística entre os tratamentos.

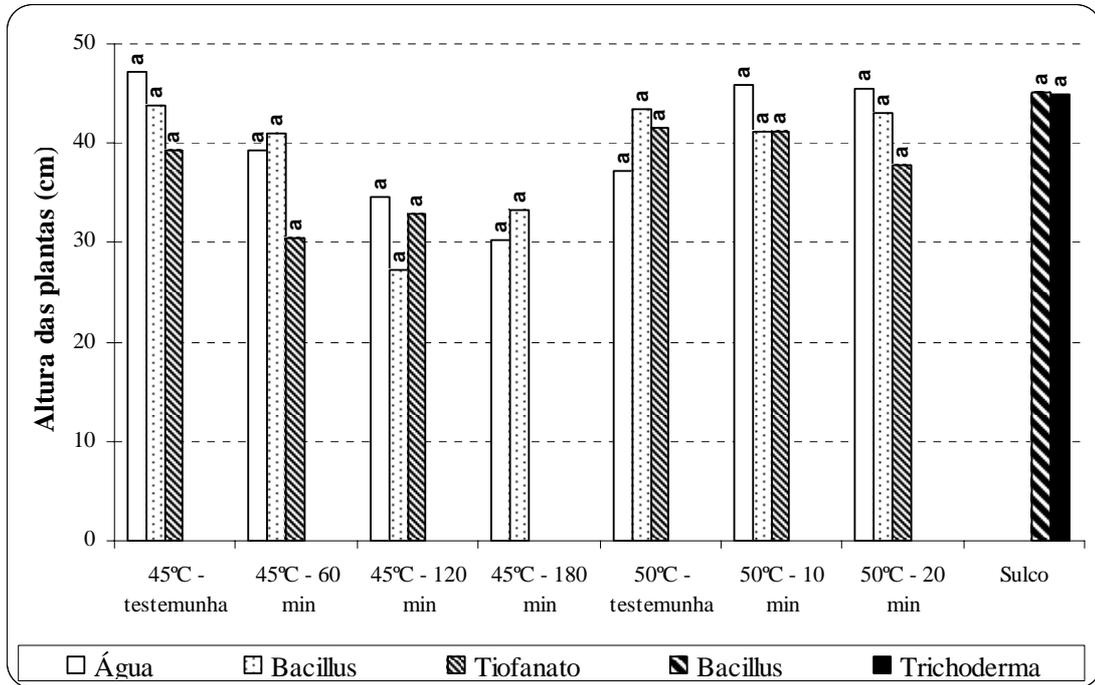


Figura 5 - Altura das plantas oriundas de rizomas de gengibre que receberam tratamento térmico a 45°C por 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L) e de rizomas não tratados que receberam aplicação de *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. em sulco de plantio, cultivados em área produtora de gengibre em Tapiraí-SP. Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Pela figura 5 também é possível observar que os tratamentos com aplicação em sulco de plantio de caldo fermentado por *Bacillus* e de *Trichoderma* apresentaram alturas iguais ou superiores as demais plantas originadas de rizomas tratados.

Após a coleta do experimento, foi possível verificar que quanto ao peso da matéria fresca das plantas de gengibre, os tratamentos em água a 45°C por 60 minutos e a 50°C por dez e 20 minutos, mostraram-se superiores as testemunhas, não diferindo, porém estatisticamente (Figura 6). Já em caldo fermentado por *Bacillus* e em tiofanato metílico, somente o tratamento a 50°C por dez min foi superior à testemunha.

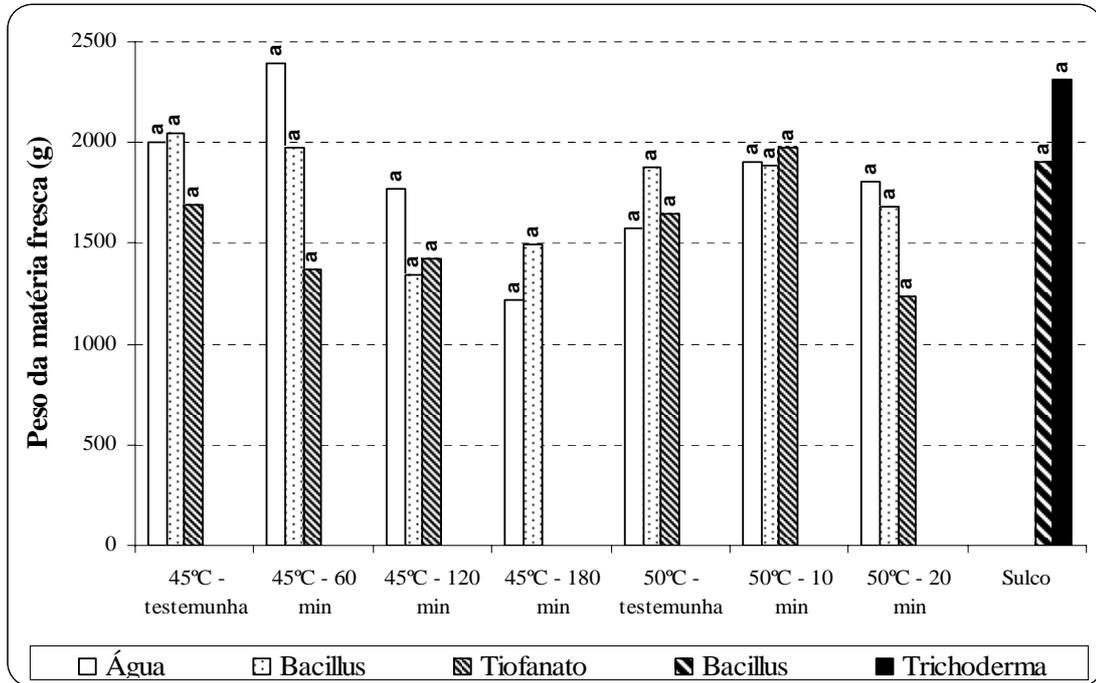


Figura 6 - Peso da matéria fresca das plantas (parte aérea, rizomas e raízes) oriundas de rizomas de gengibre que receberam tratamento térmico a 45°C por 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L) e de rizomas não tratados que receberam aplicação de *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. em sulco de plantio, cultivados em área produtora de gengibre em Tapiraí-SP. Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Os tratamentos realizados com a incorporação de *B. subtilis* e *Trichoderma* em sulco de plantio mostraram pesos de matéria fresca semelhantes às testemunhas, o que era esperado visto que os mesmos não sofreram exposições ao calor.

Quanto ao plaqueamento das plantas, verificou-se que em água, somente os tratamentos a 45°C por 60 minutos e a 50°C por 20 minutos mostraram valores inferiores à testemunha em relação à recuperação do patógeno no caule (Tabela 5). Em caldo fermentado por *Bacillus*, todos os tratamentos obtiveram valores inferiores às testemunhas. E em calda de tiofanato metílico, o melhor resultado foi obtido a 50°C por dez minutos. Nas aplicações em sulco, o tratamento com *Trichoderma* mostrou um menor número de segmentos com a presença do patógeno.

Tabela 5 - Número médio de segmentos de caule, raiz e rizoma de gengibres colhidos em campo, na cidade de Tapiraí-SP, originários de rizomas que passaram por tratamento térmico a 45°C por zero (testemunha), 60, 120 e 180 minutos e a 50°C por zero (testemunha), dez e 20 minutos em três caldas diferentes antes do plantio e de rizomas não tratados que receberam aplicação de *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. em sulco de plantio, que apresentaram crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* após uma semana de incubação

Caldas	Temp. (°C)	Tempo (minutos)	Caule		Raiz		Rizoma	
			Média ⁽¹⁾	Tukey ⁽²⁾	Média	Tukey	Média	Tukey
Água	45°C	testemunha	2,33	a	2,00	a	0,33	a
		60	1,50	a	5,00	a	1,50	a
		120	3,00	a	5,00	a	3,67	a
		180	2,67	a	2,67	a	2,00	a
	50°C	testemunha	1,00	a	3,33	a	1,00	a
		10	3,67	a	2,00	a	6,33	a
		20	0,50	a	2,00	a	0,67	a
Caldo fermentado por <i>B.subtilis</i>	45°C	testemunha	4,00	a	3,67	a	0,67	a
		60	3,00	a	1,33	a	1,00	a
		120	2,50	a	1,33	a	2,00	a
		180	2,00	a	3,33	a	2,67	a
	50°C	testemunha	3,33	a	5,33	a	1,33	a
		10	2,33	a	0,67	a	0,67	a
		20	2,67	a	1,67	a	0,67	a
Tiofanato metílico (50g/100L)	45°C	testemunha	2,00	a	1,67	a	1,33	a
		60	4,00	a	5,33	a	2,33	a
		120	2,00	a	2,33	a	1,00	a
		180	-	-	-	-	-	-
	50°C	testemunha	3,67	a	2,33	a	0,33	a
		10	1,50	a	1,00	a	1,67	a
		20	4,00	a	0,67	a	1,67	a
Aplicação em sulco de plantio			Caule		Raiz		Rizoma	
			Média*	Tukey**	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Bacillus subtilis</i>			3,00	a	3,00	a	1,67	a
<i>Trichoderma</i> sp.			1,33	a	2,33	a	0,67	a

Nota: Sinal convencional utilizado:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

⁽¹⁾ média de três repetições, constituídas de uma parcela, onde foram plantados três rizomas;

⁽²⁾ médias seguidas por diferentes letras, diferem estatisticamente (Tukey 5%). Trabalhou-se com dados transformados, ou seja, com a raiz quadrada dos dados originais de caule, raiz e rizomas.

Quando a parte analisada foi o rizoma, observou-se que em água, somente o tratamento a 50°C por 20 minutos foi superior à testemunha, mostrando um menor número de segmentos com o patógeno (Tabela 5). Em caldo fermentado, os dois tratamentos a 50°C (dez e vinte minutos) mostraram valores inferiores à testemunha. Já em tiofanato metílico, somente o tratamento a 45°C por 120 minutos foi superior a testemunha. Novamente o tratamento em sulco com *Trichoderma* apresentou um bom resultado.

Finalmente, quando a parte observada é a raiz, é possível verificar que em água e tiofanato, os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos a 50°C (Tabela 5). Em caldo fermentado, todos os tratamentos mostraram menores números de segmentos infectados com o patógeno quando comparados às testemunhas.

Neste experimento também foi possível observar, que assim como em casa de vegetação, a recuperação do patógeno é menor no rizoma quando comparado à raiz e ao caule.

2.3.2.3 Ensaio 2

No segundo ensaio, quanto à brotação dos rizomas, observou-se que nos tratamentos a 50°C, somente o realizado por 60 min em caldo fermentado por *Bacillus* e por 30 min em tiofanato metílico foram inferiores as suas respectivas testemunhas (Tabela 6). Já a 55°C, os tratamentos que se mostraram com menores números de brotos foram por dez minutos nas caldas compostas por água e tiofanato metílico. Não houve, porém, diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Quando a emergência é analisada, pode-se notar que o tratamento em caldo fermentado por *B.subtilis* a 50°C por 60 minutos apresentou uma emergência de apenas 10%, o que impossibilitou sua inclusão nas análises estatísticas. Os demais tratamentos mostraram uma boa emergência, que variou de 70 a 100% (Tabela 6).

Tabela 6 - Número médio de brotos e porcentagem de emergência de rizomas de gengibre após tratamento térmico a 50°C por zero (testemunha), 30 e 60 minutos e a 55°C por zero, dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L)

Caldas	Temp. (°C)	Tempo (minutos)	Brotos/planta		Emergência (%)
			Média ⁽¹⁾	Tukey ⁽²⁾	
Água	50°C	testemunha	4,33	a	100
		30	4,00	a	100
		60	5,00	a	80
	55°C	testemunha	4,83	a	100
		10	2,83	a	100
		20	6,00	a	100
Caldo fermentado por <i>B.subtilis</i>	50°C	testemunha	3,33	a	100
		30	5,50	a	100
		60	-	-	10
	55°C	testemunha	2,66	a	100
		10	3,83	a	90
		20	5,00	a	100
Tiofanato metílico	50°C	testemunha	4,16	a	100
		30	2,66	a	100
		60	4,16	a	100
	55°C	testemunha	5,00	a	100
		10	4,00	a	80
		20	5,83	a	70

Nota: Sinal convencional utilizado:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

⁽¹⁾ média de seis repetições, constituídas de uma planta/vaso;

⁽²⁾ médias seguidas por diferentes letras, diferem estatisticamente (Tukey 5%).

Quanto à altura, nenhum dos tratamentos apresentou diferença estatística em relação a sua respectiva testemunha. Houve diferença somente entre os tratamentos em água a 50°C por 60 minutos e em tiofanato a 55°C por 20 minutos em relação ao tratamento em água a 55°C por dez minutos (Figura 7).

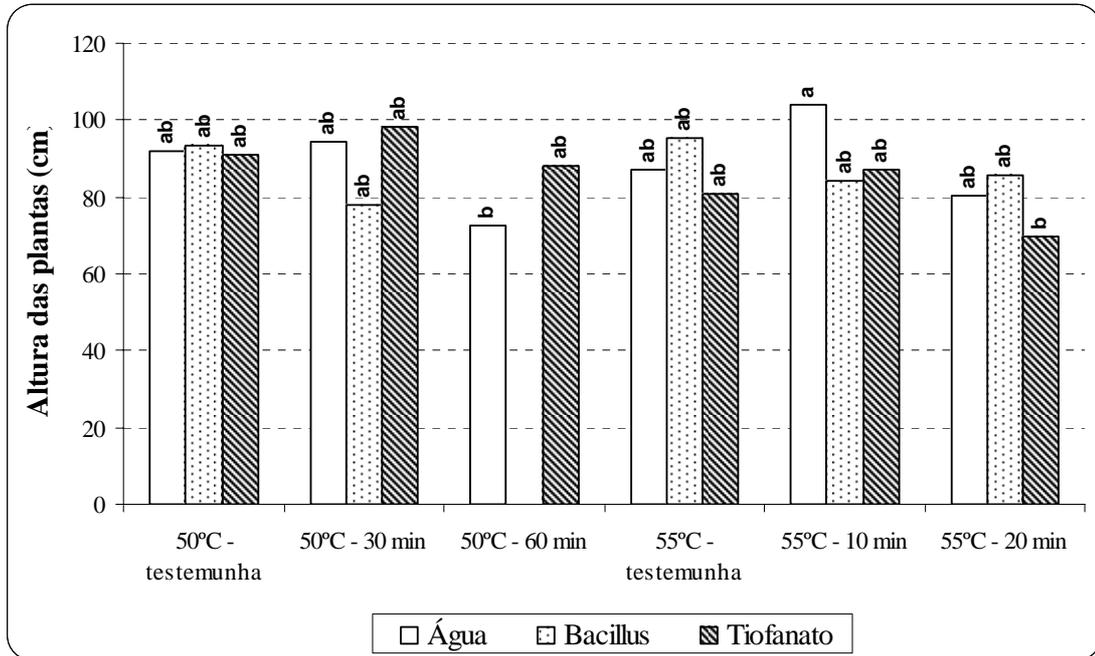


Figura 7 - Altura das plantas oriundas de rizomas de gengibre que receberam tratamento térmico a 50°C por zero (testemunha), 30 e 60 minutos e a 55°C por zero, dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L). Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Com relação ao peso da matéria fresca da parte aérea (Figura 8), todos tratamentos em caldo fermentado por *Bacillus* mostraram-se superiores as testemunhas, não havendo, no entanto diferença estatística entre os tratamentos. Em tiofanato metílico e em água, somente os tratamentos a 55°C por dez minutos superaram suas respectivas testemunhas.

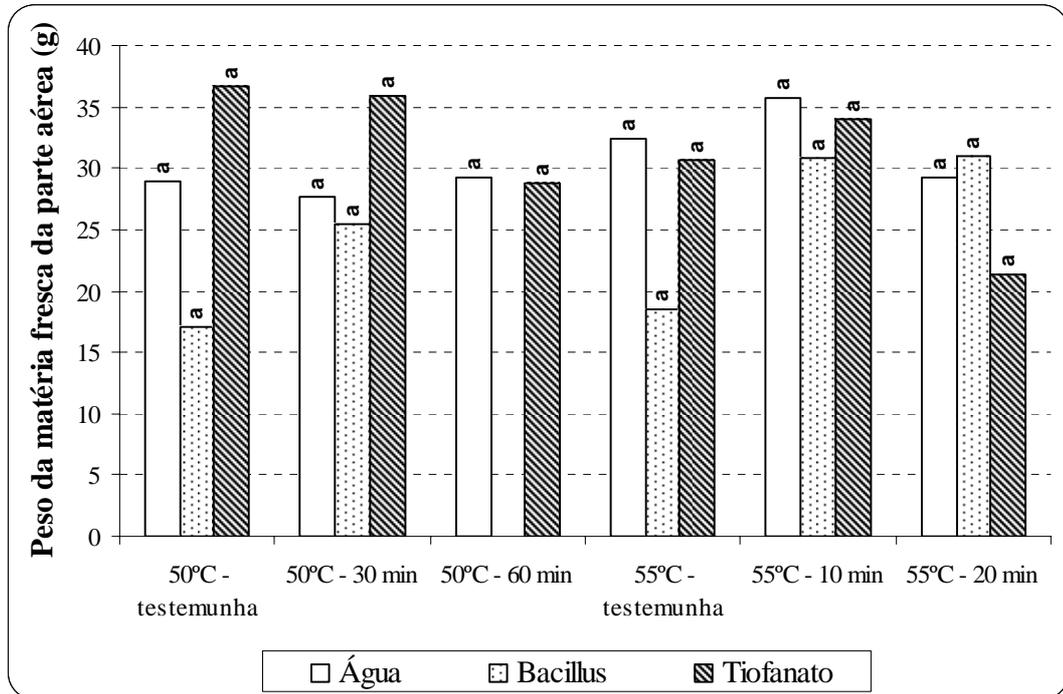


Figura 8 - Peso da matéria fresca da parte aérea de plantas de gengibre oriundas de rizomas que receberam tratamento térmico a 50°C por zero (testemunha), 30 e 60 minutos e a 55°C por zero, dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L). Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Quanto à produção (Figura 9), somente os tratamentos com *Bacillus* a 55°C por 10 e 20 minutos mostraram produções superiores quando comparados as suas testemunhas, mas não diferiram estatisticamente.

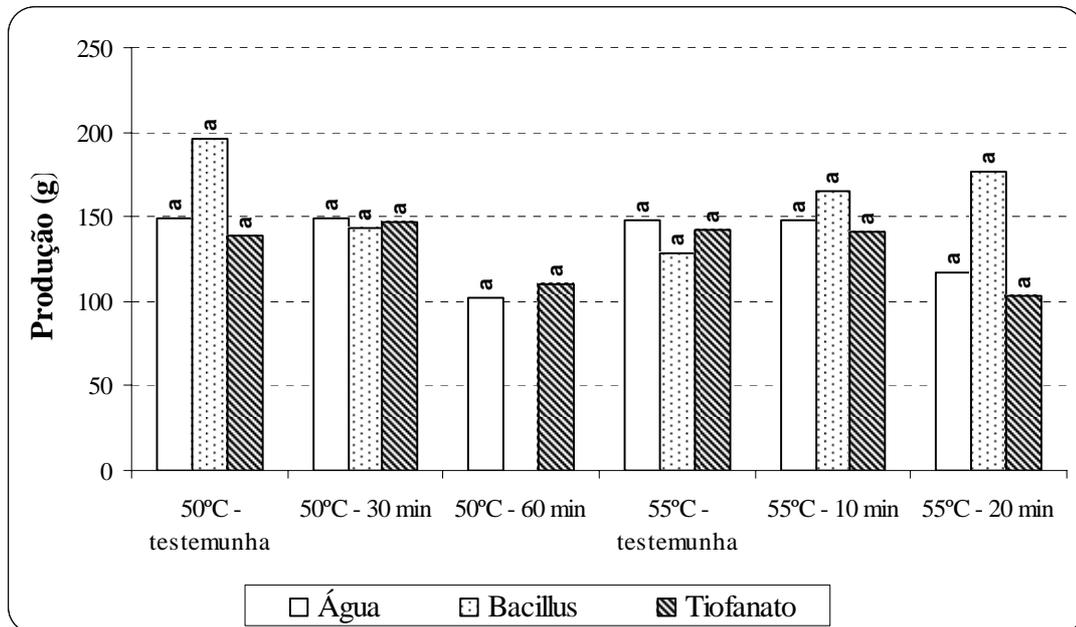


Figura 9 - Produção obtida de plantas de gengibre oriundas de rizomas que receberam tratamento térmico a 50°C por zero (testemunha), 30 e 60 minutos e a 55°C por zero, dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L). Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Assim como foi observado para o ensaio 1 (item 4.2.1.), o tratamento térmico com os tempos e temperaturas usadas neste ensaio não influenciou significativamente na emergência, altura, peso da matéria fresca da parte aérea e produção das plantas de gengibre, não sendo prejudicial ao hospedeiro, o que permite o uso da técnica.

Em relação ao plaqueamento dos tratamentos após a coleta do ensaio, os resultados observados encontram-se inseridos na Tabela 7. Neste ensaio o patógeno foi recuperado com maior frequência no rizoma e nas raízes.

Tabela 7 - Número médio de segmentos de caule, raiz e rizoma de gengibres, originários de rizomas que passaram por tratamento térmico a 50°C por zero (testemunha), 30 e 60 minutos e a 55°C por zero (testemunha), dez e 20 minutos em três caldas diferentes antes do plantio, que apresentaram crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* após uma semana de incubação

Caldas	Temp. (°C)	Tempo (minutos)	Caule		Raiz		Rizoma	
			Média ⁽¹⁾	Tukey ⁽²⁾	Média	Tukey	Média	Tukey
Água	50°C	testemunha	2,00	ab	6,83	a	2,83	a
		30	0,83	b	5,17	a	2,17	a
		60	3,50	ab	7,83	a	3,83	a
	55°C	testemunha	1,83	ab	3,17	a	3,17	a
		10	3,50	ab	8,33	a	6,50	a
		20	6,17	a	8,00	a	4,17	a
Caldo fermentado por <i>B.subtilis</i>	50°C	testemunha	1,33	ab	6,00	a	4,33	a
		30	3,17	ab	9,00	a	5,50	a
		60	-	-	-	-	-	-
	55°C	testemunha	1,00	b	6,50	a	5,83	a
		10	1,17	b	6,00	a	3,17	a
		20	3,33	ab	5,67	a	4,17	a
Tiofanato metílico (50g/100L)	50°C	testemunha	1,00	b	4,50	a	2,67	a
		30	1,00	b	7,50	a	3,33	a
		60	2,83	ab	7,00	a	5,50	a
	55°C	testemunha	2,83	ab	6,50	a	4,83	a
		10	2,17	ab	4,67	a	4,50	a
		20	1,67	ab	4,67	a	1,67	a

Nota: Sinal convencional utilizado:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

⁽¹⁾ média de seis repetições, constituídas de uma planta/vaso;

⁽²⁾ médias seguidas por diferentes letras, diferem estatisticamente (Tukey 5%). Trabalhou-se com dados transformados, ou seja, com a raiz quadrada dos dados originais de caule, raiz e rizomas.

Tendo como referência o número médio de segmentos de caule que apresentaram o fungo, verificou-se que os tratamentos que apresentaram os melhores resultados (menor número de segmentos infectados) foram em água a 50°C por 30 minutos, que diferiu estatisticamente de sua testemunha, e em calda de tiofanato metílico a 55°C por 10 e por 20 minutos, onde não houve diferença estatística em relação à testemunha (Tabela 7).

Quando a referência é o número médio de segmentos de raiz e rizoma, o tratamento em água a 50°C por 30 minutos, em caldo fermentado por *Bacillus* a 55°C por dez e 20 minutos e em

tiofanato metílico a 55°C por 10 e 20 minutos apresentaram bons resultados (Tabela 7), mas não houve diferença estatística em relação à testemunha.

2.3.2.4 Ensaio 3

Quanto à brotação dos rizomas, observou-se que a 50°C, os tratamentos por 20 min em caldo fermentado e em tiofanato foram superiores às suas respectivas testemunhas; a 55°C, os tratamentos que se mostraram superiores foram em água por dez min, em caldo fermentado por 20 min e em tiofanato por dez min; e a 60°C o tratamento em caldo fermentado por dez min mostrou-se superior (Tabela 8).

Quanto à emergência, a maioria dos tratamentos apresentou uma porcentagem significativamente inferior às testemunhas, com exceção do tratamento em caldo fermentado por *Bacillus* que teve porcentagens próximas a testemunhas, com o tratamento a 50°C por dez minutos superando o mesmo. Neste ensaio, foi possível observar que os tratamentos a 55°C em água e tiofanato mostraram taxas muito baixas de emergência, ao contrário do observado no ensaio 2 (item 4.2.2.) onde foram utilizados os mesmos tempos e temperaturas. O fato pode ser explicado pela época de plantio, já que a época ideal é de agosto a setembro, e o ensaio 2 foi plantado em outubro ao contrário do presente, que teve seu plantio efetuado no mês de janeiro. Já os tratamentos a 60°C em todas as caldas inibiram a emergência, mostrando-se prejudiciais ao hospedeiro (Tabela 8).

Tabela 8 - Número médio de brotos, porcentagem de emergência e porcentagem de segmentos de plantas infectados com *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*, de plantas de gengibre oriundas de rizomas que receberam tratamento térmico a 50°C, 55°C e 60°C por zero, dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L)

Caldas	Temp. (°C)	Tempo (minutos)	Brotos/planta	Emergência (%)	Segmentos Infectados (%) ⁽²⁾
			Média ⁽¹⁾		
Água	50°C	Testem.	2,40	70	38
		10	0,50	20	6
		20	0,30	20	4
	55°C	Testem.	1,00	40	32
		10	0,30	10	12
		20	0,00	0	22
	60°C	Testem.	3,40	90	70
		10	0,00	0	2
		20	0,00	0	2
Caldo fermentado por <i>B. subtilis</i>	50°C	Testem.	2,30	90	40
		10	2,40	100	20
		20	2,90	80	18
	55°C	Testem.	2,80	90	30
		10	2,80	90	22
		20	1,60	50	22
	60°C	Testem.	2,10	80	26
		10	0,90	20	16
		20	0,00	0	2
Tiofanato metílico	50°C	Testem.	2,30	80	66
		10	1,00	40	0
		20	0,80	10	0
	55°C	Testem.	1,80	80	74
		10	0,70	20	2
		20	0,00	0	0
	60°C	Testem.	2,20	90	54
		10	0,00	0	4
		20	0,00	0	0

⁽¹⁾ média de dez repetições, constituídas de uma planta/vaso.

⁽²⁾ total de 50 segmentos/tratamento.

Devido a baixa emergência observada nos tratamentos, não foi possível analisar estatisticamente os resultados obtidos.

No plaqueamento logo após a realização do tratamento, foi possível observar que todos os tratamentos realizados apresentaram uma menor porcentagem de segmentos com o patógeno em relação as suas respectivas testemunhas (Tabela 8).

Em relação à altura, todos os tratamentos realizados em água mostraram-se inferiores as suas respectivas testemunhas (Figura 10). Os tratamentos realizados em caldo fermentado por

Bacillus que germinaram, foram superiores as suas testemunhas e dos realizados em tiofanato, somente aquele a 50°C por dez minutos superou a testemunha.

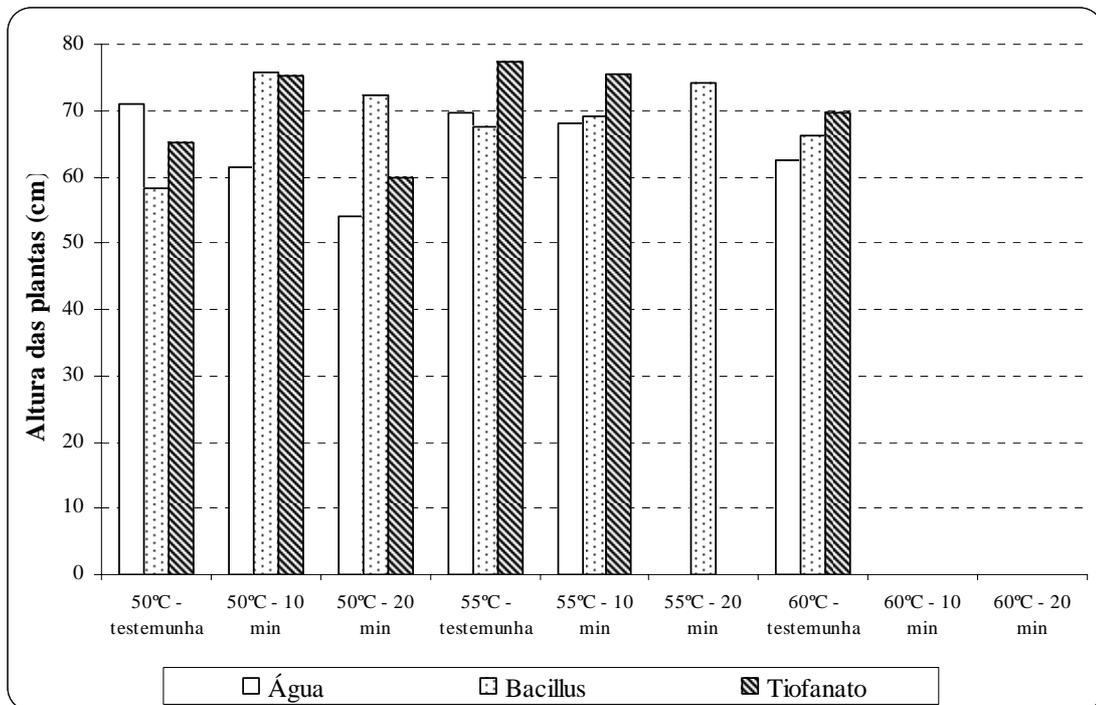


Figura 10 - Altura das plantas oriundas de rizomas que receberam tratamento térmico a 50°C, 55°C e 60°C por zero, dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L)

Quanto ao peso da matéria fresca da parte aérea, a 50°C, todos os tratamentos em caldo fermentado e em tiofanato foram superiores as suas respectivas testemunhas (Figura 11). A 55°C, o tratamento em água por dez minutos e em caldo fermentado por dez e vinte minutos mostraram-se melhores.

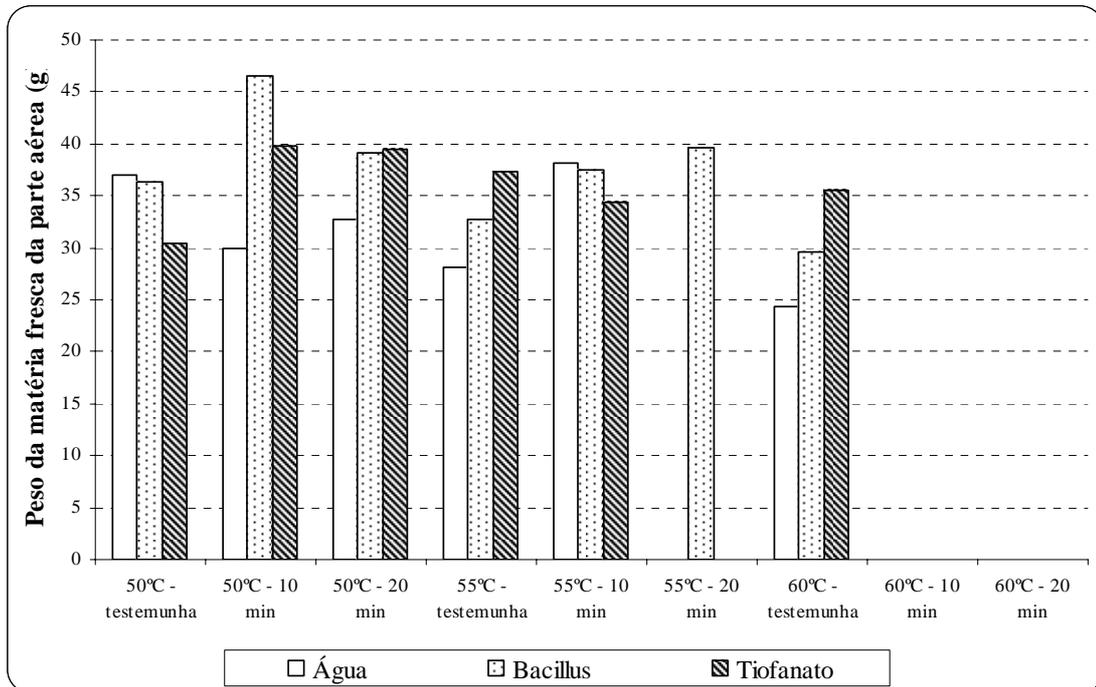


Figura 11 - Peso da matéria fresca da parte aérea das plantas oriundas de rizomas de gengibre que receberam tratamento térmico a 50°C, 55°C e 60°C por zero, dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L)

Em relação à produção, os tratamentos em água a 55°C por dez minutos, em caldo fermentado a 50°C por dez minutos e a 55°C por dez e vinte minutos, e em tiofanato a 50°C por 20 minutos mostraram valores superiores as sua respectivas testemunhas (Figura 12).

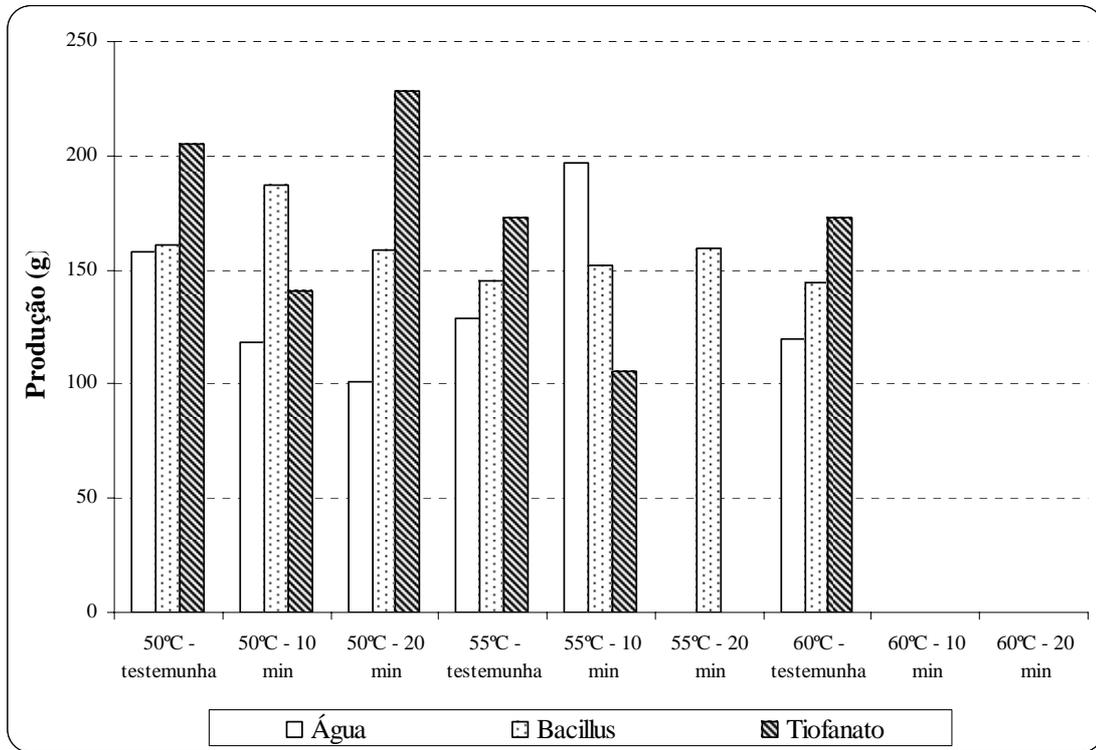


Figura 12 - Produção das plantas oriundas de rizomas de gengibre que receberam tratamento térmico a 50°C, 55°C e 60°C por zero, dez e 20 minutos em três caldas diferentes: água, caldo fermentado por *B. subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L)

No plaqueamento realizado após a coleta do experimento, foi possível verificar que para caule, os tratamentos em caldo fermentado a 55°C por dez e vinte minutos e em tiofanato a 50°C por 20 minutos e a 55°C por dez minutos mostraram um menor número de segmentos infectados em relação as suas respectivas testemunhas. Quando se observou o segmento de raiz, somente o tratamento em caldo fermentado a 50°C por dez minutos mostrou-se inferior a testemunha. Para rizoma, os melhores tratamentos foram: água 50°C por dez minutos, caldo fermentado 50°C por dez e 20 minutos e tiofanato 50°C e 55°C por dez minutos (Tabela 9).

Tabela 9 - Número médio de segmentos de caule, raiz e rizoma de gengibres, originários de rizomas que passaram por tratamento térmico a 50°C, 55°C e 60°C por zero (testemunha), dez e 20 minutos em três caldas diferentes antes do plantio, que apresentaram crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* após uma semana de incubação

Caldas	Temp. (°C)	Tempo (minutos)	Caule	Raiz	Rizoma
Água	50°C	Testemunha	5,50	8,50	8,25
		10	10,00	10,00	10,00
		20	8,00	10,00	8,00
	55°C	Testemunha	6,75	6,00	6,25
		10	7,00	6,00	2,00
		20	-	-	-
	60°C	Testemunha	6,33	8,83	7,50
		10	-	-	-
		20	-	-	-
Caldo fermentado por <i>B. subtilis</i>	50°C	Testemunha	4,75	7,75	7,00
		10	5,43	6,29	6,14
		20	6,00	8,00	6,00
	55°C	Testemunha	6,14	8,00	6,43
		10	5,60	7,90	7,50
		20	4,20	8,20	9,40
	60°C	Testemunha	6,00	5,86	5,86
		10	-	-	-
		20	-	-	-
Tiofanato metílico (50g/100L)	50°C	Testemunha	4,43	5,14	5,71
		10	6,67	5,67	5,33
		20	4,00	6,00	10,00
	55°C	Testemunha	6,29	5,00	7,00
		10	3,50	7,50	5,50
		20	-	-	-
	60°C	Testemunha	5,50	6,13	6,63
		10	-	-	-
		20	-	-	-

Nota: Sinal convencional utilizado:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

2.3.2.5 Ensaio Laboratório

No experimento realizado em laboratório, foi possível observar que todos os tratamentos apresentaram resultados melhores que suas respectivas testemunhas, com exceção do tratamento em água a 55°C por dez minutos, que foi igual à testemunha (Figura 13). Observa-se também que os melhores resultados foram obtidos a 55°C por 20 minutos em todas as caldas.

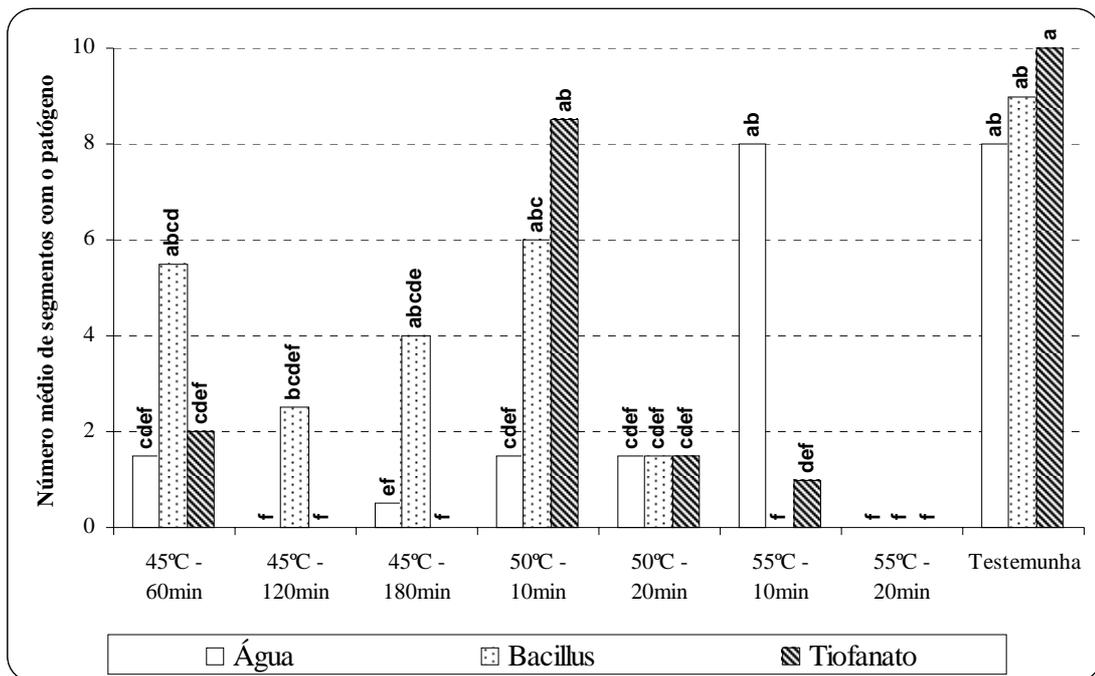


Figura 13 - Número médio de segmentos de caule, raiz e rizomas de gengibres que receberam tratamento térmico a 45°C por 60, 120 e 180 minutos e a 50°C e 55°C por dez e 20 minutos em três diferentes caldas: água, caldo fermentado por *Bacillus subtilis* e Tiofanato metílico (50g/100L), que apresentaram o crescimento do patógeno (*Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*) após uma semana de incubação. Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Através deste ensaio, é possível afirmar que a calda que apresentou melhores resultados foi a água (com exceção do tratamento a 55°C por dez minutos). Nesta calda, é possível realizar o tratamento em duas temperaturas com bons resultados: a 45°C pelo tempo de 120 minutos ou a 55°C por 20 minutos.

2.3.2.6 Termoterapia: considerações finais

Através de todos os resultados obtidos nos cinco ensaios de termoterapia, é possível observar que vários tempos e temperaturas podem ser utilizados para o tratamento sem que haja prejuízos a produção do gengibre.

Em todos os ensaios, com exceção do ensaio 3 (4.2.3.), a emergência das plantas não se mostrou comprometida pelo uso da técnica, assim como sua altura, produção de matéria fresca e produtividade.

O ensaio em campo mostrou bons resultados, que agradaram ao agricultor da área utilizada, mostrando produtividade igual ou superior a por ele obtida.

A contradição encontrada em alguns resultados pode ser explicada pela alta variabilidade, a qual é resultado da utilização de materiais vindos diretamente do campo, que poderiam estar livres do patógeno antes de seu tratamento. Essas contradições foram desfeitas no ensaio em laboratório, onde se partiu de materiais previamente inoculados com o patógeno para garantia de sua presença.

Os bons resultados encontrados no ensaio em laboratório mostram a possibilidade de utilização da técnica com sucesso no auxílio ao controle da doença.

2.3.3 Indução de supressividade de solo com o uso de casca de camarão (quitina)

No teste com o uso da casca de camarão, pode-se observar que no decorrer das semanas houve uma tendência de diminuição da população de *Fusarium* do solo e aumento da comunidade de actinomicetos nos solos que receberam a incorporação de casca de camarão (Figura 14). O solo sem incorporação mostrou pouca variabilidade durante o mesmo período. Isto indica que este aumento da comunidade de actinomicetos está relacionado a incorporação efetuada. A diminuição da população de *Fusarium oxysporum* por sua vez, deve estar relacionada ao aumento dos actinomicetos, uma vez que estes são agentes de biocontrole.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Buxton et al. (1965) que demonstraram que a adição de quitina ao solo causa a diminuição da murcha provocada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*, em diversas variedades de ervilha, tanto em experimentos de campo, quanto em casa de vegetação. Essa indução de supressividade foi atribuída ao estímulo do desenvolvimento de microrganismos antagônicos ao patógeno, uma vez que a diluição do solo tratado e seu plaqueamento mostraram não só o decréscimo da população de *Fusarium*, como o aumento da população de actinomicetos, os quais atuam no controle biológico do patógeno.

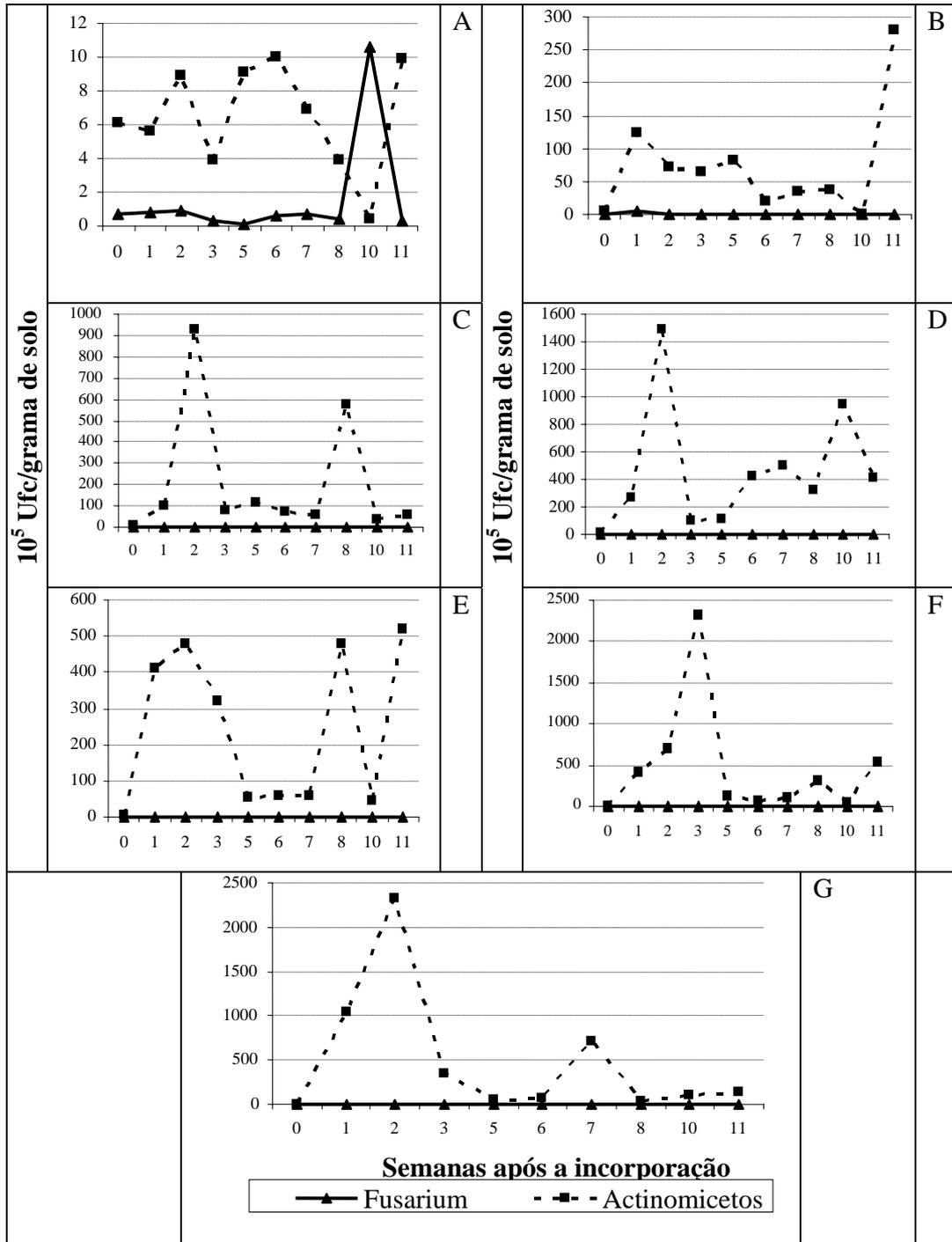


Figura 14 - População de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* e comunidade de actinomicetos, obtidos pelo plaqueamento de solo infestado com *F. oxysporum* f. sp. *zingiberi* e tratado com incorporação de casca de camarão em diferentes porcentagens: A-Sem incorporação de casca de camarão; B-2,5% (v/v); C-5%; D-7,5%; E-10%; F-15%, e G-20%

No último plaqueamento, realizado uma semana antes da coleta do experimento, pode-se observar que a população de *Fusarium* no solo que não recebeu a incorporação era maior que todos os tratamentos que receberam incorporação (Figura 15), diferindo estatisticamente dos mesmos. A comunidade de actinomicetos do solo sem incorporação só diferiu estatisticamente daquele onde houve incorporação de 15% de casca de camarão, mas mesmo assim, devido a grande população de *Fusarium* presente neste solo, pode-se afirmar que todos os tratamentos foram superiores a ele, proporcionando o controle do patógeno.

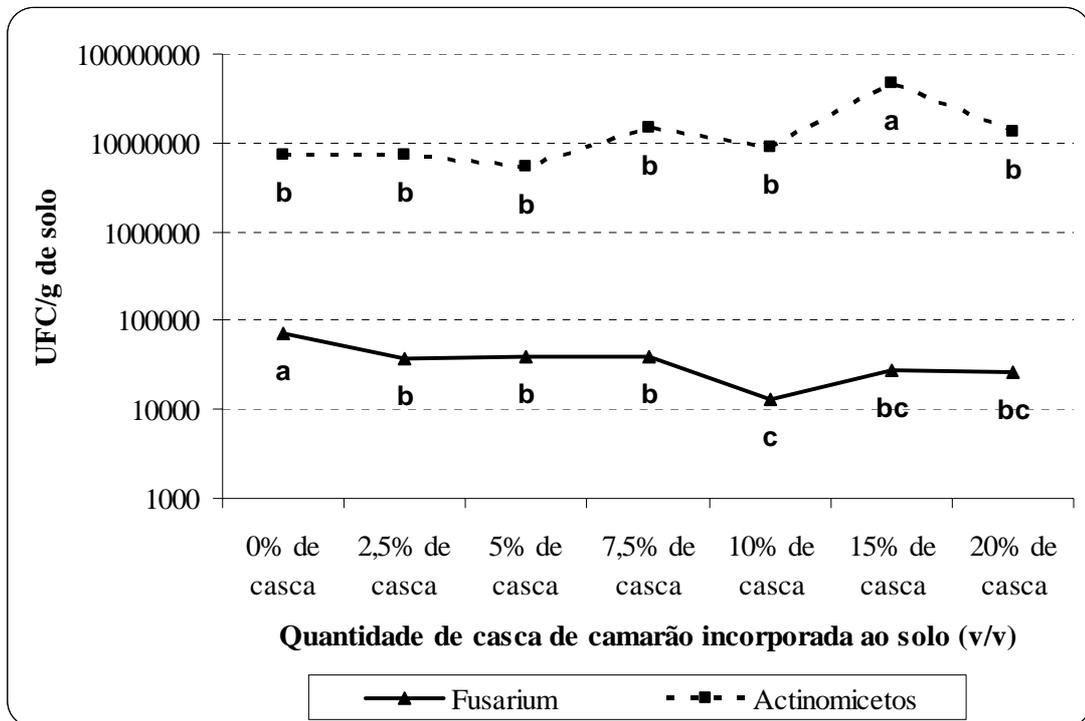


Figura 15 - População de *Fusarium oxysporum* f sp. *zingiberi* (Ufc/g de solo) e comunidade de actinomicetos (Ufc/g de solo), obtidos a partir do plaqueamento de solo infestado com o patógeno (*Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*) e tratado com incorporação de casca de camarão, uma semana antes da coleta do ensaio. Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Quanto à altura das plantas, todos os tratamentos foram superiores a testemunha sem incorporação de casca de camarão (Figura 16). Os tratamentos com incorporação de casca não diferiram entre si.

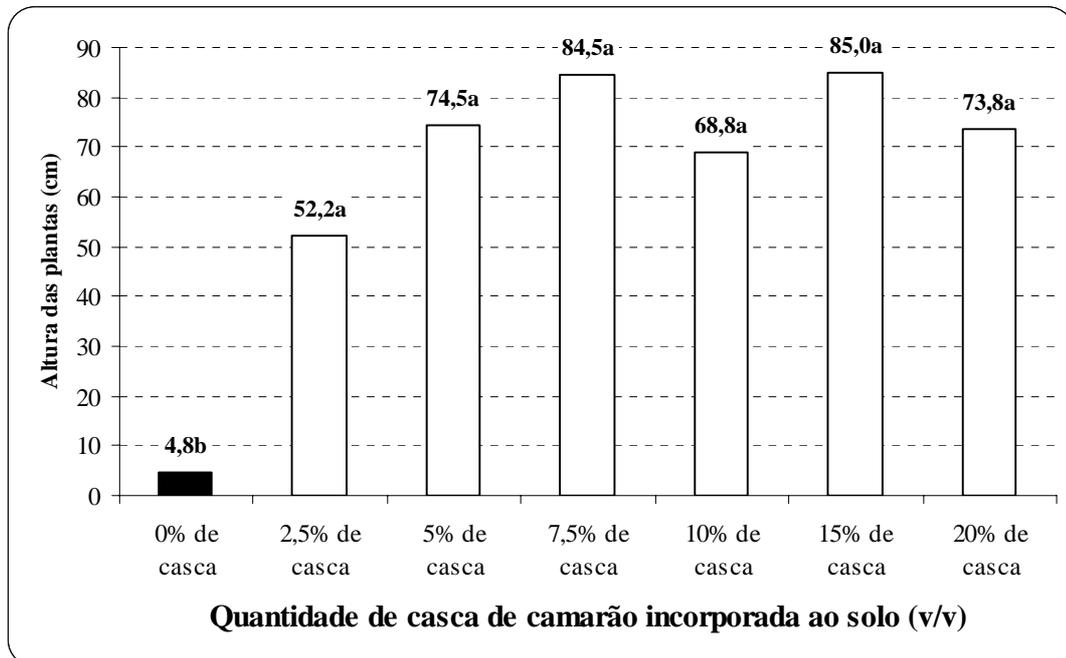


Figura 16 - Altura das plantas de gengibre (cm) que foram plantadas em solo infestado artificialmente com *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* e tratado com incorporação de casca de camarão. Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Quando se avaliou o peso da matéria fresca da parte aérea, observou-se que o tratamento testemunha foi inferior aos demais tratamentos. Entre os tratamentos com incorporação de casca de camarão, o tratamento com 15% (v/v) superou o tratamento com 2,5% (v/v), não diferindo dos demais (Figura 17).

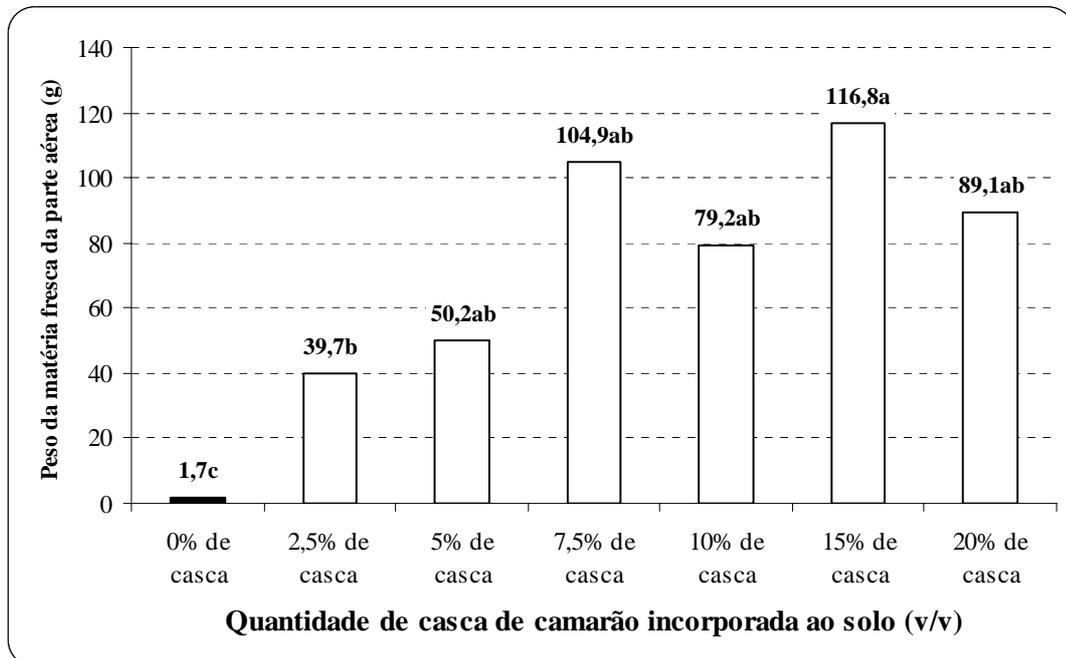


Figura 17 - Peso da matéria fresca da parte aérea de plantas de gengibre cultivadas em solo infestado artificialmente com *Fusarium oxysporum* f sp. *zingiberi* e tratado com incorporação de casca de camarão. Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

Em relação à produção, também houve diferença estatística entre a testemunha sem incorporação e os tratamentos em que a mesma ocorreu (Figura 18). O tratamento com incorporação de 15% de casca (v/v), mostrou um valor de produção superior a todos os outros tratamentos com incorporação, não diferindo, no entanto dos mesmos.

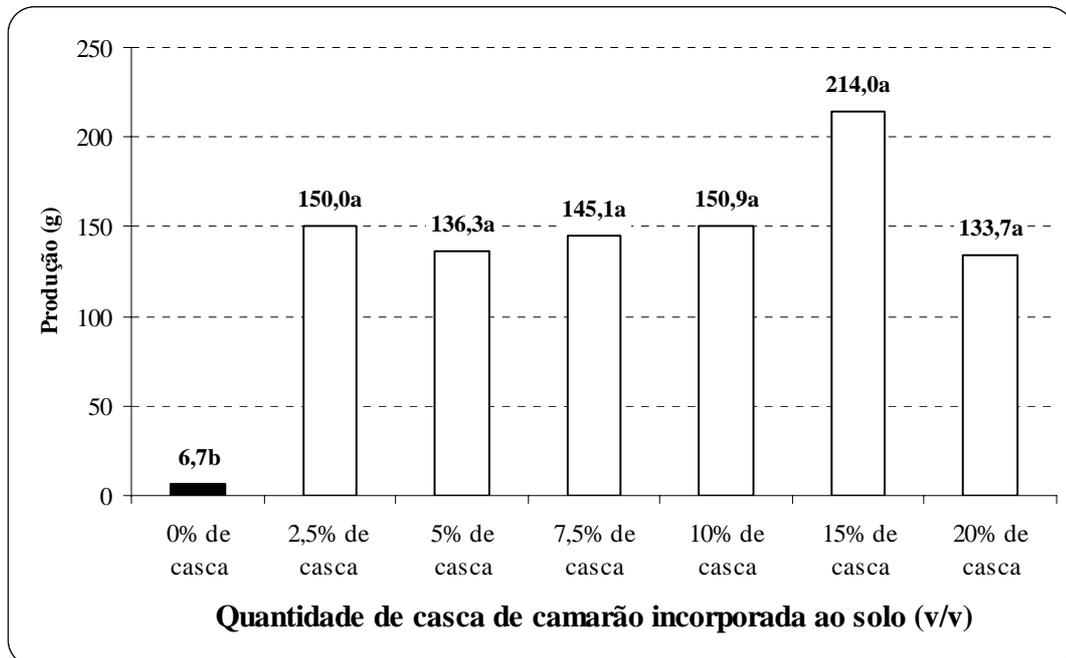


Figura 18 - Produção de plantas de gengibre cultivadas em solo infestado artificialmente com *Fusarium oxysporum* f sp. *zingiberi* e tratado com incorporação de casca de camarão. Médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente (Tukey 5%)

No plaqueamento realizado após a coleta do ensaio, houve a recuperação do patógeno em todos os tratamentos, mas é preciso observar que não existem dados do tratamento controle, uma vez que o mesmo foi dizimado pela doença, enquanto os demais conseguiram uma boa produção (Tabela 10).

Tabela 10 - Número médio de segmentos de caule, raiz e rizoma de gengibres, originários de rizomas saudáveis que foram plantados em solo anteriormente infestado com *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* e que recebeu incorporação de casca de camarão nas porcentagens de 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 15 e 20 (v/v), que apresentaram crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* após uma semana de incubação

Casca de camarão incorporada ao solo (%)	Caule		Raiz		Rizoma	
	Média ⁽¹⁾	Tukey ⁽²⁾	Média	Tukey	Média	Tukey
0 ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-
2,5	4,80	ab	5,33	a	7,50	a
5	7,33	a	7,33	a	8,50	a
7,5	3,83	ab	5,33	a	6,50	a
10	2,00	b	5,00	a	6,17	a
15	2,00	b	5,33	a	8,00	a
20	3,67	ab	5,33	a	7,67	a

Nota: Sinal convencional utilizado:

- dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

⁽¹⁾ média de seis repetições, constituídas de uma planta/vaso;

⁽²⁾ médias seguidas por diferentes letras, diferem estatisticamente (Tukey 5%);

⁽³⁾ Este tratamento não apresentou plantas após a coleta, não sendo possível o plaqueamento.

Neste ensaio foi possível observar que a incorporação da casca de camarão ao solo proporcionou a chance de se obter uma produção de gengibre mesmo em solo com alto teor de infestação. Sem a incorporação isto não seria possível.

A diferença entre os tratamentos pode ser vista claramente na Figura 19.

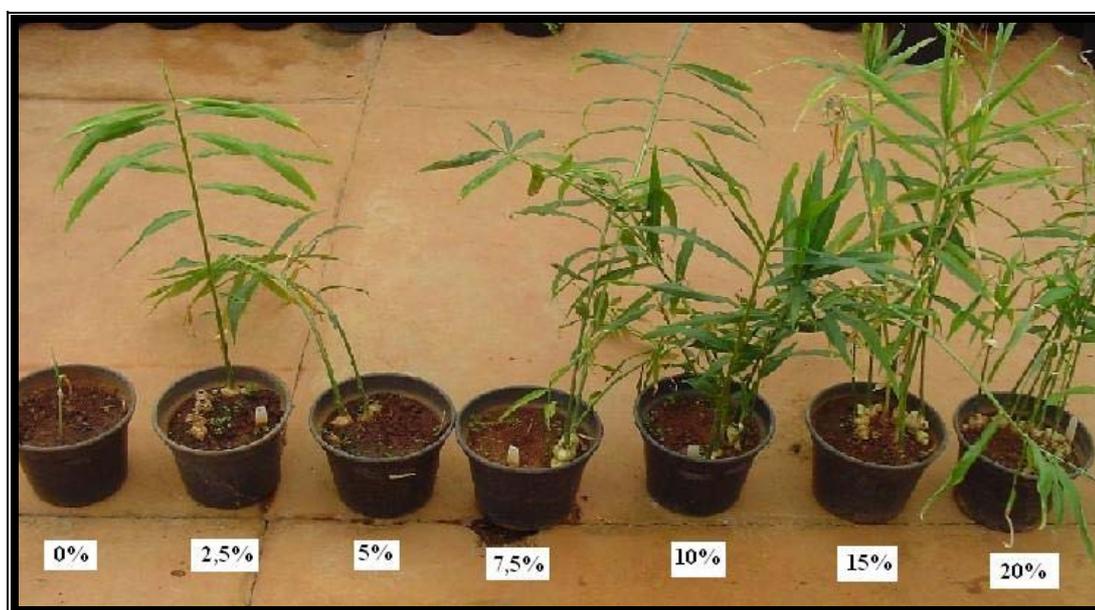


Figura 19 - Amostra contendo um vaso de cada tratamento em casa de vegetação, um dia antes da coleta do ensaio com incorporação de casca de camarão. As porcentagens indicam a quantidade de casca de camarão incorporada ao solo. O solo presente nos vasos foi artificialmente infestado com *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* antes da incorporação da casca e do plantio

3 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir que:

1. O tratamento térmico pode ser utilizado como auxiliar no tratamento do Amarelo ou Murcha de Fusarium em gengibre;
2. As melhores combinações tempo/temperatura foram a 45°C pelo tempo de 120 minutos ou a 55°C por 20 minutos em todas as caldas;
3. A adição de casca de camarão ao solo é uma técnica que pode ser empregada em solos onde o patógeno esteja presente permitindo assim o plantio do gengibre

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. S. de. **A construção social da relação com o meio ambiente: análise das percepções e representações sociais de risco ecológico de um município da Mata Atlântica brasileira.** Campinas, 2002. 374p. Tese (Doutorado) – Universidade de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.
- ALABOUVETTE, C.; SCHIPPERS, B.; LEMANCEAU, P.; BAKKER, P. A. H. M. Biological control of Fusarium wilts. In: BOLAND, G. J.; KUYKENDALL, L. D. **Plant-microbe interactions and biological control**, New York: Marcel Dekker, 1998. p. 15-35.
- AMIR, H.; ALABOUVETTE, C. Involvement of soil abiotic factors in the mechanisms of soil suppressiveness to Fusarium wilts. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, n.2, p.157-164, 1993.
- BAKER, K. F. Principles of heat treatment of soil and planting material. **The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Sydney, June, v.28 p. 118-126, 1962a.
- BAKER, K. F. Thermotherapy of Planting Material. **Phytopathology**, Saint Paul, v.52, Dec, p.1244-1255, 1962b.
- BAKER, K.F.; COOK, R.J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: Freeman, 1974. 433p
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos Supressivos. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Ed.) **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**, Recife: EFRPE, Imprensa Universitária, 2005, p.125-152.
- BLANCO, M. C. S. G. Gengibre (*Zingiber officinale*). In: **CATI Manual técnico das culturas**. 2 ed.v.2. Olerícolas, Medicinais e Ornamentais. 2 ed. Campinas: CATI, 1997.p.179-182.

- BUXTON, E. W.; KHALIFA, O.; WARD, V. Effect of soil amendment with chitin on pea wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v.55, p.83-88, 1965.
- CASTELLANI, A. Viability of some pathogenic fungi in distilled water. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, London, v.24, p.270-276, 1939.
- CERESINI, P. C.; NAZARENO, N. R. X. Doenças do Gengibre (*Zingiber officinale* Rosc.). In: KIMATI, H; AMORIM, L; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). 3.ed. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**, v.2, São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 421-426.
- FRANCO, M.; VALENCIA, H. Evaluation of actinomycetes as growth inhibitors of *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* in carnations (*Dianthus caryophyllus* var *rosana*). **ASCOLFI-Inforna**. Cali, Colombia, v.27, n.6, p.40-43, 2001.
- GHINI, R.; BETTIOL, W. Coletor solar para desinfestação de substratos. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.17, p.281-286,1991.
- GHINI, R. & BETTIOL, W. Controle Físico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**, 3ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 1995.v.1. p. 786-803.
- HÖPER, H.;ALABOUVETTE, C. Importance of physical and chemical soil properties in the suppressiveness of soils to plant disease. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, n.32, v.1, p.41-58, 1996.
- KIMATI, H.; GIMENES-FERNANDES, N.; SOAVE, J.; KUROZAWA, C.; BRIGNANI NETO, F.; BETTIOL, W. **Guia de fungicidas: recomendações por cultura**. Grupo Paulista de Fitopatologia. 2 ed. Jaboticabal: Grupo Paulista de Fitopatologia, 1997.281p.

- KOMADA, H. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soil. **Review of Plant Protection Research**, Tokyo, v.8, p.114-125, 1975.
- LAZZARETTI, E. Influência de *Bacillus subtilis* e seus metabólitos sobre *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* e *Rhizobium phaseoli*. 1999. 85p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu, 1999.
- MALUF, W. R.; JUNQUEIRA, G. D. A.; PIEDADE, R. Produção de gengibre. **Boletim Técnico de Hortaliças**, Lavras: UFLA. n.25, jul.1999. 4p.
- RANA, K. S.; SHARMA, B. K. Role of seed and soil borne inoculum in the spread of ginger yellows and efficacy of fungicides against seed borne infection. **Himachal Journal of Agricultural Research**, Palampur, v.25, n.1/2, p.27-30, 1999 (publ. 2001).
- RANA, K. S. Effect of seed selection in the management of yellows disease of ginger. **Indian Journal of Mycology and Plant Pathology**, Udaipur, v.21, n.2, p.183-185, 1991.
- SHARMA, S. K.; DOHROO, N. P. Effect of soil hydrothermal regimes on the development of ginger yellows. **Indian Journal of Plant Pathology**, New Delhi, v.7, n.2, p.109-111, 1989.
- TRUJILLO, E.E. Fusarium yellows and rhizome rot of common ginger. **Phytopathology**, Saint Paul, v.53, p.1370-1371, 1963.
- VADHERA, I.; TIWARI, S. P.; DAVE, G. S. Plant parasitic nematodes associated with ginger (*Zingiber officinale*) in Madhya Pradesh and denematization of infested rhizome by thermotherapy for management. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.68, n.7, p.367-370, 1998.

WELLER, D. M.; RAAIJMAKERS, J. M.; MCSPADDEN GARDENER, B. B.; THOMASHOW, L. S. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.40, p.309-348, 2002.

WITTLING, C. S.; HOUOT, S.; ALABOUVETTE, C. Increase soil suppressiveness to *Fusarium* wilt of flax after addition of municipal solid waste compost. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.28, n.9, p.1207-1214, 1996.