



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ELISANGELA MARIA DOS SANTOS

TECNOLOGIAS DE RESFRIAMENTO AMBIENTAL E BIOFERTILIZANTE BOVINO
NO CULTIVO DE MORANGO NO LITORAL CEARENSE

FORTALEZA – CE

2015

ELISANGELA MARIA DOS SANTOS

**TECNOLOGIAS DE RESFRIAMENTO AMBIENTAL E BIOFERTILIZANTE BOVINO
NO CULTIVO DE MORANGO NO LITORAL CEARENSE**

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana

Coorientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa

FORTALEZA – CE

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- S234t Santos, Elisangela Maria dos.
Tecnologias de resfriamento ambiental e biofertilizante bovino no cultivo de morango no litoral cearense. / Elisangela Maria dos Santos.– 2015.
101 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.
Orientação: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana.
Coorientação: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.
1. *Fragaria x ananassa*. 2. Morango - Cultivo. 3. Frutas - Cultivo - Ambiente protegido. I.
Titulo.

ELISANGELA MARIA DOS SANTOS

**TECNOLOGIAS DE RESFRIAMENTO AMBIENTAL E BIOFERTILIZANTE BOVINO
NO CULTIVO DE MORANGO NO LITORAL CEARENSE**

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Aprovada em 18 de Dezembro de 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Coorientador)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto
Instituto Federal do Ceará (IFCE/Sobral)

Prof. Dr. João Gutemberg Leite Moraes
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

AGRADECIMENTO

À Deus por ter me dado forças nas horas difíceis, tornando possível mais esse sonho.

À minha família, pois sem ela eu não tinha chegado até aqui.

À CAPES pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia Agrícola pelos conhecimentos adquiridos aos longos desses anos.

Ao Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana por sua valorosa orientação, amizade, paciência e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Geocleber Gomes pela amizade, co-orientação, paciência, ensinamentos e imprescindível colaboração.

Aos professores participantes da Banca examinadora Dr. Marcus Bezerra, Dr. Luís Gonzaga e Dr. João Gutemberg, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da Estação Meteorológica da UFC, Fábio, Luiz Alves, Amanda, Aldiel, Thamires, Lais, Keivia, Bruno, Kleiton Saraiva, Alan Diniz, Fabrício, Anderson, Paulo Gleidson, Professor Seabra, Patrícia e Marcio Davi pela amizade e alegre convivência.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, pela harmoniosa convivência.

Aos funcionários da Estação Meteorológica, Marilac, Crisóstomo, Siqueira, Ricardo e Carlos pela atenção e colaboração.

Aos meus pais Maria Neuza e Manoel, que foram os maiores responsáveis pela minha formação humana. Meu orgulho.

OFEREÇO

Ao meu esposo Silvio Bernardo, meus filhos João Victor, João Davi e Lara por esse amor incondicional, companheirismo, incentivo e apoio. Porque sem eles eu não teria chegado até aqui. Tudo o que faço é por eles, minha família meu bem mais precioso.

DEDICO

“As raízes do estudo são amargas, mas seus frutos são doces”.

(Aristóteles).

TECNOLOGIAS DE RESFRIAMENTO AMBIENTAL E BIOFERTILIZANTE BOVINO NO CULTIVO DE MORANGO NO LITORAL CEARENSE

RESUMO

No Brasil tem se registrado que 90% da produção do morango está sob a direção de pequenos e médios produtores e 10% advém dos empreendimentos empresariais. Apesar disso, os pequenos e médios produtores são carentes de informações científicas e tecnológicas que visem contribuir significativamente para o desenvolvimento da Agricultura familiar no país e a maioria das áreas de produção de morango localiza-se em regiões de clima subtropical, onde se produz para consumo in natura e industrialização. Em consequência, no Nordeste brasileiro a cultura do morango alcança grande valor de mercado, pois a produção ainda é pequena para suprir a demanda, o que pode produzir bons lucros para a agricultura familiar. Entretanto as condições climáticas da região não são propícias para o cultivo do morango em campo aberto. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar sistemas alternativos de resfriamento ambiental; junto a isso, avaliar também o efeito da adubação com biofertilizante bovino na cultura do morangueiro, no litoral cearense. Nesse contexto, o experimento foi desenvolvido, em dois ciclos de produção, na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici, Fortaleza, Ceará. Os tratamentos consistiram da combinação de 03 ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, denominado A1; a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, A2; e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, A3, que constituíram as parcelas, com 5 tratamentos nas subparcelas, diferenciadas por meio da aplicação de 05 dosagens de biofertilizante bovino (0, 500, 750, 1.000 e 1.250 mL planta⁻¹ semana⁻¹), com 5 repetições. A unidade experimental foi formada por 3 vasos, com 1 planta cada, totalizando 225 plantas. Foram analisadas características climáticas do local e de crescimento, de produtividade e de pós-colheita do morangueiro. A maioria das variáveis de crescimento, de produção e de pós-colheita do morango cultivado no telado apresentaram valores superiores aos obtidos em campo aberto, indicando a viabilidade de se reduzir a temperatura para uma maior eficiência no cultivo. O uso da nebulização mostrou-se eficiente, pois os valores da maioria das variáveis analisadas mostraram-se superiores no ambiente A2, quando comparados com os obtidos em A3. O uso do biofertilizante bovino possibilitou a elevação na condutância estomática e transpiração nos ambientes (A1 e A2). O incremento nas doses do biofertilizante, no primeiro e no segundo ciclos, associado às mudanças nos fatores microclimáticos do telado elevaram as médias da maioria das variáveis. Apesar das baixas produtividades obtidas neste estudo, comparadas com às ocorrentes nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, observou-se que é possível se produzir morango no litoral cearense e, que, a biofertilização e as técnicas de resfriamento possibilitam elevações no total produzido. Entretanto, necessitam-se de avaliações econômicas para se aferir a viabilidade ou não do cultivo do morango na região.

PALAVRAS-CHAVE: *Fragaria x Ananassa Duch.* Insumo orgânico. Ambiente protegido

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES AND COOLING BIOFERTILIZER BEEF IN STRAWBERRY CROP IN COASTAL CEARENSE

RESUME

In Brazil has registered that 90% of strawberry production is under the direction of small and medium producers and 10% comes from business ventures. Nevertheless, the small and medium producers are lacking in scientific and technological information aimed at significantly contributing to the development of family farming in the country and most of the strawberry production areas located in subtropical climate regions, which produces for consumption fresh and industrialization. Consequently, in the Brazilian Northeast strawberry crop reaches great market value, since production is still small to meet demand, which can produce good profits for family farming. However the climatic conditions of the region are not conducive to the strawberry cultivation in the open. Therefore, this study aimed to evaluate alternative systems of environmental cooling; next to it, also evaluate the effect of fertilization with bovine biofertilizer in strawberry culture in Ceará. In this context, the experiment was conducted in two production cycles in the experimental area of the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Ceará, in the Campus of Pici, Fortaleza, Ceará. The treatments consisted of the combination of 03 cultivation environments: protected environment of the greenhouse type, with nebulization with ice water and on white floor, called A1; full sun, with nebulization with ice water and on white floor, A2; and full sun without fogging and on floor concreted unpainted, A3, which constituted the plots with five treatments in subplots, differentiated by the application of 05 doses of bovine biofertilizer (0, 500, 750, 1,000 and 1,250 ml plant⁻¹ week⁻¹) with 5 replications. The experimental unit consisted of 3 vessels, with one plant each, totaling 225 plants. climatic characteristics of the site and growth, productivity and postharvest of strawberry were analyzed. Most of the growth variables, production and post-harvest of cultivated strawberry in greenhouse showed higher values than those obtained in the open, indicating the feasibility of reducing the temperature to greater efficiency in cultivation. The use of fogging was efficient, because the values of most of the analyzed variables were higher in A2 environment when compared with those obtained in A3. The use of bovine biofertilizer enabled the increase in stomatal conductance and transpiration in environments (A1 and A2). The increase in biofertilizer doses, the first and second cycles, associated with changes in the microclimate factors of greenhouse raised the average of most variables. Despite the low yields obtained in this study, compared with the occurring in the South and Southeast of Brazil, it was observed that it is possible to produce strawberry in Ceará and that the Biofertilization and cooling techniques allow increases in total production. However, need is economic evaluations to assess the feasibility or otherwise of strawberry cultivation in the region.

KEYWORDS: *Fragaria x ananassa* Duch. Organic Input. Protected environment

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Planta adulta do morangueiro.....	23
Figura 2	– Mudas antes do transplântio (A), mudas enraizadas (B) e no vaso após o transplântio nos estádios de florescimento (C) e de frutificação (D). Fortaleza, CE, 2014.....	34
Figura 3	– Ambientes de cultivo (A1, A2 e A3), com diferentes tecnologias de resfriamento ambiental apresentados na sequência. Fortaleza, CE, 2014...	36
Figura 4	– Caixa d'água com blocos de gelo utilizados para o resfriamento ambiental, durante a nebulização. Fortaleza, CE, 2013-2014.....	37
Figura 5	– Processo de fermentação do biofertilizante aeróbico. Fortaleza, CE, 2013.	38
Figura 6	– Tensiômetros instalados nos vasos com morangueiro. Fortaleza, CE, 2014.	42
Figura 7	– Frutos prontos para serem colhidos (A) e levados (B) para serem avaliados. Fortaleza, CE, 2014.....	43
Figura 8	– Leituras das trocas gasosas utilizando o analisador de gás infravermelho portátil (IRGA) em folhas do morangueiro. Fortaleza, CE, 2013.....	45
Figura 9	– Medição do comprimento (CF) e do diâmetro do fruto (DF) do morangueiro, utilizando um paquímetro digital (A), e uso do refratômetro para a medição do ° Brix (B). Fortaleza, CE, 2013- 2014.....	46
Figura 10	– Variações horárias dos valores médios mensais da temperatura do ar coletados durante o primeiro (FIG 10 A, C e E) e segundo ciclos (FIG 10 B, D e F) nos ambientes A1, A2 e A3, respectivamente, Fortaleza, CE, 2013-2014.....	50
Figura 11	– Correlações entre valores máximos de temperaturas do ar coletados durante o primeiro (FIG 11 A, C e E) e segundo ciclos (FIG 11 B, D e F) nos ambientes A1, A2 e A3, respectivamente Fortaleza, CE, 2013-2014.	52
Figura 12	– Variações horárias dos valores médios mensais da umidade relativa do ar coletados durante o primeiro (FIG 12 A, C e E) e segundo ciclos (FIG 12 B, D e F) nos ambientes A1, A2 e A3, respectivamente. Fortaleza, CE, 2013-2014.....	55
Figura 13	– Correlações entre valores máximos de umidade relativa do ar coletados durante o primeiro (FIG 11 A, C e E) e segundo ciclos (FIG 11 B, D e F) nos ambientes A1, A2 e A3, respectivamente. Fortaleza, CE, 2013-2014	57
Figura 14	– Variação da condutância estomática em função das doses de biofertilizante bovino utilizadas, Fortaleza, CE, 2013.....	59
Figura 15	– Valores médios da condutância estomática por planta de morango em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a	60

	pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo experimental, Fortaleza, CE, 2013.....	
Figura 16	Variações da taxa fotossintética, em função de doses de biofertilizante, de plantas de morango cultivadas em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2013.....	62
Figura 17	– Variações da taxa de transpiração de plantas de morango, em função de doses de biofertilizante, cultivadas em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2013.....	64
Figura 18	– Matéria seca da parte área no primeiro (A) e no segundo ciclos (B) do morango em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), Fortaleza, CE, 2013-2014.....	66
Figura 19	– Matéria seca da parte aérea do morango em função das doses do biofertilizante, no segundo ciclo. Fortaleza, CE, 2014.....	67
Figura 20	– Matéria seca da raiz do morangueiro, no segundo ciclo, em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3). Fortaleza, CE, 2014.....	69
Figura 21	– Matéria seca total do morango no primeiro (A) e no segundo ciclos (B) em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3). Fortaleza, CE, 2013-2014	70
Figura 22	– Matéria seca total do morango em função de doses de biofertilizante, no segundo ciclo. Fortaleza, CE, 2014.....	71
Figura 23	– Número de frutos por planta de morango em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo experimental, Fortaleza, CE, 2013.....	74

Figura 24	- Números de frutos, em função das doses de biofertilizante bovino, por planta de morango cultivada em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2014.....	74
Figura 25	- Massa média de frutos, em função das doses de biofertilizante bovino, por planta de morango cultivada em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2013.....	76
Figura 26	Produtividade do morangueiro, em função das doses de biofertilizante bovino, por planta de morango no primeiro (A) e segundo(B) ciclo de cultivo, cultivada em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2013-2014.....	78
Figura 27	- Comprimento do fruto do morangueiro em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo de experimental. Fortaleza, CE, 2013.....	80
Figura 28	- Efeito dos ambientes de cultivo no comprimento dos frutos do morangueiro, Fortaleza, CE, 2013.....	81
Figura 29	- Comprimento dos frutos do morangueiro, no primeiro ciclo, em função das doses de biofertilizante. Fortaleza, CE, 2013.....	82
Figura 30	- Valores do comprimento do fruto do morango em função de diferentes doses de biofertilizante cultivado em diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲), Fortaleza, CE, 2013-2014.....	83
Figura 31	- Diâmetro do fruto do morango em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo experimental, Fortaleza, CE, 2013.....	84

Figura 32	– Diâmetro dos frutos do morangueiro no primeiro ciclo em função das doses de biofertilizante, Fortaleza, CE, 2013.....	85
Figura 33	– Valores do diâmetro do fruto do morango em função das doses de biofertilizante cultivado em ambiente tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲), Fortaleza, CE, 2013-2014.....	86
Figura 34	– Valores médios do teor de sólidos solúveis dos frutos de morango em função de diferentes ambientes de cultivo ambiente do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo experimental. Fortaleza, CE, 2013.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Resultado da análise química do substrato utilizado no morangueiro antes da aplicação dos tratamentos. Fortaleza, CE, 2013-2014.....	35
Tabela 2	– Composição de macro e de micronutrientes essenciais na matéria seca do biofertilizante bovino de fermentação aeróbica. Fortaleza, CE, 2013-2014.....	39
Tabela 3	– Estimativa do fornecimento de nutrientes pelo substrato e necessidades de complementação nutricional. Fortaleza, CE, 2013-2014.....	39
Tabela 4	– Estimativa do total de nutrientes fornecidos a partir da aplicação do biofertilizante, nas diferentes doses. Fortaleza, CE, 2013-2014.....	40
Tabela 5	– Estimativa do total de nutrientes fornecidos ao morangueiro. Fortaleza, CE, 2013-2014.....	41
Tabela 6	– Valores médios mensais das variáveis temperatura, umidade relativa e velocidade do vento e totalização mensal da precipitação durante a condução do experimento, Fortaleza, CE, 2013 e 2014.....	48
Tabela 7	– Valores médios mensais da temperatura (°C) observados durante a condução do experimento nos diferentes ambientes de cultivo estudados, Fortaleza, CE, 2013 e 2014.....	49
Tabela 8	– Valores médios mensais da Umidade relativa (%) durante a condução do experimento nos diferentes ambientes de cultivo estudados, Fortaleza, CE, 2013 e 2014.....	54
Tabela 9	– Resumo da análise de variância e níveis de significância para as variáveis condutância estomática (gs), transpiração (E) e fotossíntese (A) em plantas de morango cultivadas em diferentes ambientes e adubada com doses de biofertilizante bovino, observadas durante o primeiro ciclo (setembro a dezembro de 2013), Fortaleza, CE.....	58
Tabela 10	– Resumo das análises de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores médios matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) do morangueiro, Fortaleza, CE, 2013-2014.....	65
Tabela 11	– Resumo das análises de variância e níveis de significância para o número de fruto por planta (NFPP), massa média de fruto (MMFP) e produtividade (PROD) em plantas de morango cultivadas em diferentes ambientes e adubada com diferentes doses de biofertilizante bovino, Fortaleza, CE, 2013-2014.....	72
Tabela 12	– Resumos das análises de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores médios de comprimento dos frutos (CF), do diâmetro dos frutos (DF), e de sólidos solúveis (SS) do morangueiro, Fortaleza, CE, 2013-2014.....	80

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1.Hipótese.....	20
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Objetivos gerais.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1 Origem e aspectos botânicos da cultura do morangueiro.....	22
2.2 Importância da cultura do morangueiro.....	24
2.3 Aspectos climáticos da cultura do morangueiro.....	25
2.4 Cultivo do morango em ambiente protegido.....	27
2.5 Tecnologias de resfriamento.....	29
2.6 Biofertilizantes.....	30
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Localização experimental.....	33
3.2 Clima da região.....	33
3.3 Delineamento experimental.....	33
3.4 Condução da cultura.....	34
3.5 Enchimento dos vasos.....	35
3.6 Ambientes de cultivo.....	35
3.7 Manejo do resfriamento ambiental.....	37
3.8 Condução e preparo do biofertilizante.....	38
3.9 Manejo da irrigação.....	41
3.10 Tratos culturais.....	42

3.11 Colheita	43
3.12 Variáveis Analisadas	44
<i>3.12.1 Dados micrometeorológicos</i>	44
<i>3.12.2 Biomassa</i>	44
<i>3.12.3 Trocas Gasosas</i>	44
<i>3.12.4 Características de produção</i>	45
<i>3.12.5 Variáveis de pós-colheita</i>	45
3.13 Análises estatísticas	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Condições climáticas	48
4.2 Variáveis micrometeorológicas dentro de cada ambiente	49
4.3 Trocas gasosas	58
<i>4.3.1 Condutância estomática</i>	59
<i>4.3.2 Fotossíntese</i>	61
<i>4.3.3 Transpiração</i>	63
4.4 Biomassa	64
<i>4.4.1 Massa seca da parte aérea</i>	65
<i>4.4.2 Massa seca da raiz</i>	68
<i>4.4.3 Massa seca total</i>	70
4.5 Variáveis de produção	72
<i>4.5.1 Número de frutos por planta</i>	73
<i>4.5.2 Massa média dos frutos</i>	75
<i>4.5.3 Produtividade</i>	76
4.6 Variáveis de pós-colheita	79

4.6.1 Comprimento do fruto.....	79
4.6.2 Diâmetro do fruto.....	84
4.6.3 Sólidos Solúveis (° Brix).....	87
5 CONCLUSÕES.....	89
6 REFERÊNCIAS.....	90

1. INTRODUÇÃO

No País tem se registrado que cerca de 90% da produção do morango está sob a direção de pequenos e médios produtores e aproximadamente 10% advém dos empreendimentos empresariais. Apesar disso, os pequenos e médios produtores são carentes de informações científicas e tecnológicas que visem contribuir significativamente para o desenvolvimento da Agricultura familiar no País.

O processo de globalização está levando a uma reorganização do sistema produtivo, principalmente na introdução de novos modelos e protocolos de cultivos. A partir da metade do século 20, as instituições de pesquisa vêm colocando à disposição da cadeia produtiva do morangueiro (*Fragaria x ananassa Duch.*) diferentes tecnologias para a diversificação das formas produtivas, atendendo além das demandas quantitativas, também às qualitativas exigidas pelos agricultores e consumidores (CHAVARRIA; SANTOS, 2012).

No Brasil, a maioria das áreas de produção de morango localiza-se em regiões de clima subtropical, onde se produz para consumo in natura e industrialização. Em consequência, no Nordeste brasileiro a cultura do morango alcança grande valor de mercado, pois a produção ainda é pequena para suprir a demanda, o que pode produzir bons lucros para a agricultura familiar. Mas, as condições gerais da região não são propícias para o cultivo do morango em campo aberto.

Apesar disso, recentemente, iniciou-se a produção de morango em regiões serranas do estado do Ceará, mais especificamente na chapada do Araripe, no Cariri cearense, onde segundo reportagem do Nordeste Rural (2010) a cultura da fruta é nova e a produção pequena, mas o projeto do morango, que fica em Barbalha já distribuiu mais de 20 mil mudas para moradores, agricultores e escolas da região. Do mesmo modo, também já existe produção comercial na região da Ibiapaba, em Ubajara.

Nestas regiões serranas cearenses, as temperaturas máximas médias anuais são em torno de 28 °C e as mínimas em torno de 18 °C, portanto constituídas com microclima privilegiado, diferentes do observado no litoral, tornando-se viável pelas condições ambientais serem semelhantes àquelas encontradas nas principais regiões produtoras.

Entretanto, uma das possibilidades para a produção de morango em regiões mais quentes, como no litoral nordestino, é por meio do cultivo em ambientes protegidos com a utilização de tecnologias de resfriamento no interior do mesmo. Desse modo, pode-se manter a temperatura em uma faixa adequada para que se obtenha uma boa produtividade e frutos com qualidade.

Podem ser descritos quatro fatores como sendo responsáveis pela redução da temperatura em estruturas de ambiente protegido: a ventilação ou renovação do ar; a evapotranspiração das plantas; a redução da radiação solar e o uso dos sistemas de resfriamento evaporativo. Em muitos casos, a ventilação natural pode ser utilizada com eficiência ou associada com sombreamento e/ou ventilação mecânica (BOILY, 1999).

Entretanto, sistemas sofisticados podem inviabilizar lucros no cultivo de morangos e serem inviáveis ao agricultor familiar. Por isso, se fazem necessários sistemas alternativos de menor custo, visando redução de custos para o agricultor familiar, denominado alternativo.

Outro fator bastante preocupante é o impacto ambiental da atividade agrícola, no qual a agricultura familiar necessita de apoio para reduzi-lo e produzir alimentos mais saudáveis, valorizando a família agricultora, o seu trabalho e a sua cultura. Uma das maneiras para se contribuir para este fato é através da substituição dos adubos químicos pelos biofertilizantes.

Os biofertilizantes são compostos bioativos, resíduo final da fermentação de compostos orgânicos, contendo células vivas ou latentes de microrganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e por seus metabólitos, além de quelatos organominerais (ALVES *et al.*, 2001). São produzidos em biodigestores por meio de fermentação aeróbica e/ou anaeróbica da matéria orgânica. Esses compostos são ricos em enzimas, antibióticos, vitaminas, toxinas, fenóis, ésteres e ácidos, inclusive de ação fitohormonal.

Em consequência, a utilização de insumos naturais, como os esterco líquido ou biofertilizantes, deve ser estimulada tanto na pulverização das plantas como diretamente aplicados nos solos ou por meio de irrigação (biofertilirrigação). Além disso, a sua utilização se justifica por ser um insumo menos agressivo ao ambiente e por possibilitar o desenvolvimento de uma agricultura menos dependente de produtos industrializados.

Por conseguinte, o cultivo de espécies como o morangueiro, no litoral cearense, sob sistemas alternativos de resfriamento e de constituição ambiental e doses de biofertilizante poderá ser uma alternativa viável para a agricultura familiar e ambientalmente menos impactante.

Sendo assim, estudos sobre a adaptação e produção, bem como alternativas para minimizar impactos ambientais com esta cultura mostram-se importantes já que até o momento pouco se conhece sobre o cultivo do morangueiro na região. Por ser uma cultura que requer pequenas áreas, o agricultor familiar será o principal beneficiário de uma possível expansão dessa cultura no litoral do Ceará.

1.1 HIPÓTESES

- O cultivo do morango em condições de ambientes com diferentes tecnologias de resfriamento pode estabelecer microclima que possibilite à planta desenvolver-se em condições satisfatórias, proporcionando maiores produtividades e melhor qualidade de fruto.
- A utilização de biofertilizante líquido bovino poderá suprir nutricionalmente a cultura do morangueiro.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar um sistema alternativo de resfriamento e constituição ambiental e doses de biofertilizante na produção e na pós-colheita do morangueiro visando uso na agricultura familiar.
- Pretende-se também gerar tecnologia, para ser difundida entre os agricultores familiares, sobre o manejo do morangueiro sob sistema alternativo de resfriamento e constituição ambiental e doses de biofertilizante.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os efeitos de um sistema alternativo de resfriamento e constituição ambiental em ambiente protegido.
- Avaliar a produção e a pós-colheita do morangueiro sob diferentes tecnologias de resfriamento e constituição ambiental.
- Estudar o efeito de diferentes doses de biofertilizante na produção do fruto do morangueiro.

- Avaliar os efeitos da interação tecnologias de resfriamento e constituição ambiental versus dosagens de biofertilizante na produção e pós-colheita do fruto do morangueiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e aspectos botânicos da cultura do morangueiro

O cultivo racional do morangueiro é relativamente recente e teve início a partir do século XIX. O morangueiro cultivado (*Fragaria x Ananassa Duch*) foi obtido de cruzamento entre as espécies *Fragaria chiloensis*, *Fragaria virginiana* e *Fragaria ovalis*, oriundas do continente americano (PASSOS, 1991).

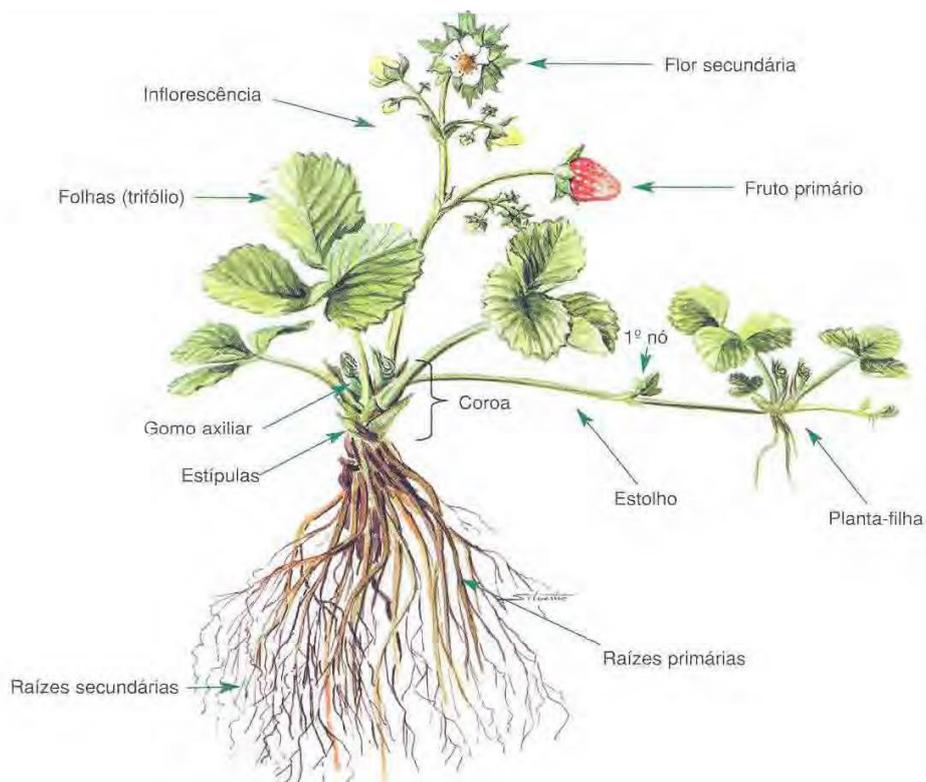
Os frutos do morangueiro são comercializados em todo mundo, por apresentar um sabor característico que é resultado de uma mistura complexa de numerosos compostos voláteis, açúcares e ácidos orgânicos, combinados com características, como a textura. A qualidade nutricional do morango está intimamente correlacionada com a presença de açúcares solúveis, ácidos orgânicos, aminoácidos e alguns metabólitos secundários (GOMES, 2013).

O morangueiro (*Fragaria x ananassa Duch.*), figura 1, é uma planta perene, herbácea, estolonífera, pertencente à família das rosáceas, suas flores são hermafroditas, cíclicas, diclamídeas, de simetria radial com receptáculo bem desenvolvido e elevado em relação à flor. Ovário formado por carpelos livres entre si e muito numerosos. (JOLY, 1993).

Os frutos do morangueiro são denominados não climatéricos, sendo assim após a colheita não ocorre amadurecimento e suas características organolépticas não melhoram, entretanto há aumento na atividade respiratória. Colhido verde, permanecerá como tal, sem que aconteça a melhoria de sua qualidade comestível (CANTILLANO, 2006).

A reprodução do morangueiro é assexuada, onde ocorre a partir dos estolões que a planta emite, formando as mudas; é cultivado como planta anual, e possui processo tecnológico especial de produção (RONQUE, 1998). Segundo o autor, o que é vulgarmente chamado de fruto do morangueiro, na verdade, é um pseudofruto constituído por um receptáculo floral hipertrofiado, doce, carnoso e suculento, de tamanho e contornos regulares e uniformes, polpa firme, de coloração vermelha, com ótimo sabor e aroma, rico em material de reserva, onde se prendem os verdadeiros frutos, chamados aquênios.

Figura 1- Planta adulta do morangueiro



Fonte: Mexia *et al.*, 2005.

A parte central da planta é formada por entrenós bem curtos e circundada pela parte foliar, sendo denominada de coroa (GROPPO *et al.*, 1997). A parte da coroa que sobressai da terra origina o eixo caulinar. Também é dela que se originam as ramificações.

A muda é um dos principais insumos do sistema de produção de morango. A mesma está diretamente relacionada com a produtividade e a qualidade do fruto, sendo a base para uma melhor resposta às tecnologias empregadas no processo produtivo. As principais cultivares de morango utilizadas no Brasil provém dos Estados Unidos, destacando-se Aromas, Camarosa, Camino Real, Diamante, Dover, Oso Grande, Sweet Charlie e Ventana (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

O cultivo do morangueiro encontra-se difundido em regiões brasileiras de clima temperado, subtropical e até tropical, onde se produz morango para o consumo in natura e para industrialização (DIAS *et al.*, 2007). Produzido predominantemente por pequenos produtores de agricultura familiar, destaca-se pela alta rentabilidade por área,

podendo a produção ser destinada ao mercado de frutas frescas e à industrialização (RESENDE *et al.*, 1999). As propriedades que se dedicam ao cultivo do morangueiro são, em sua grande maioria, familiares, com área cultivada de 0,5 a 1,0 ha. Porém, também existem empresas com áreas cultivadas superiores a 8 ha.

No Brasil poucos estudos têm sido realizados para o desenvolvimento da cultura do morangueiro em condições de clima mais quente, sendo que a temperatura é considerada o principal fator limitante para o crescimento da cultura no país. Esta expansão, para ser concretizada, fica na dependência do desenvolvimento de técnicas relacionadas à qualidade e à produtividade do cultivo em regiões de clima quente (FILGUEIRA, 2012).

2.2 Importância da cultura do morangueiro

A cadeia produtiva do morango, dentro do conjunto dos cultivos dos pequenos frutos, é de grande importância em termos socioeconômicos, por mobilizar produtores com escalas produtivas bem variadas, que abrangem tanto mercados globais como locais (SPECHT; BLUME, 2009).

A comercialização do morango no Brasil pode ser realizada em diferentes estados, devido à adaptabilidade climática das diferentes cultivares, sendo possível o cultivo tanto em clima tropical e temperado. Que apesar de ser uma cultura com poucas informações estatísticas e de manejo, vem sendo observado uma crescente nos números de produção devido às oportunidades no mercado interno (VICENZI, 2014).

O morangueiro é produzido e apreciado nas mais variadas regiões do mundo, devido suas características produtivas e comerciais, sendo a espécie de maior expressão econômica entre as pequenas frutas (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

A comercialização do morangueiro no Brasil é relativamente nova, não tendo registro exato de seu início. As poucas informações existentes na literatura relatam que se deu na década de 1950, na região da encosta da serra do sudeste do Rio Grande do Sul, de onde se expandiu para o restante do país (DUARTE FILHO, 2006).

A produção brasileira de morango tem sido concentrada nas regiões Sul e Sudeste, evidenciando os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo (ANTUNES; REISSER JÚNIOR, 2007). Na comercialização do fruto cerca de 70 % da

produção é destinada a industrialização e 30 % para o consumo in natura, sendo que a maioria da produção é realizada por produtores rurais e seus familiares, devido estas características, o cultivo do morango se destaca tanto pela sua relevância econômica como social (SPECHT; BLUME, 2009).

A produção mundial de morangos é de aproximadamente 4,2 milhões de toneladas por ano, sendo os Estados Unidos, Turquia, Espanha, Coréia e Egito os principais produtores (FAO, 2015), e a produção nacional de morango foi de 133 mil toneladas em 2013, sendo que os principais produtores são os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2014).

Desde 2009 vem sendo realizado o cultivo do morangueiro no estado do Ceará (BRAGA, 2011), sendo predominante a cv. Oso Grande.

No estado do Ceará o cultivo do morangueiro está em expansão, sendo a Serra da Ibiapaba o principal local de produção. Os primeiros cultivos começaram em meados de 2009 por produtores que vieram da região de Pouso Alegre-MG e se instalaram em São Benedito- CE. Estes produtores mostraram, através de seus primeiros cultivos, que o morangueiro se adaptava bem ao clima da região, com redução do tempo para o início da colheita e menor incidência de pragas e doenças, em relação aos plantios do Sudeste do Brasil. Como consequência, há uma redução de custos de produção. Uma vez que os mercados próximos ainda são abastecidos por frutos provenientes de regiões distantes e com altos custos, a boa rentabilidade da cultura tem estimulado o crescimento da área cultivada (ALMEIDA, 2013).

2.3 Aspectos climáticos da cultura do morangueiro

A produtividade e a qualidade dos frutos do morangueiro são extremamente influenciadas pelos elementos micrometeorológicos e pelas práticas de manejo. Dessa forma, as cultivares de morangueiro diferem de acordo com a adaptação regional, fazendo com que uma cultivar que se desenvolve satisfatoriamente em uma região não apresente o mesmo desempenho em condições ambientais diferentes (UENO, 2004).

Em condições naturais, o crescimento e o desenvolvimento do morangueiro são controlados essencialmente pela ação do fotoperíodo e da temperatura. Assim, a planta cresce e desenvolve-se consoante as épocas do ano, apresentando um ciclo fisiológico

anual onde se sucedem períodos de dormência, de crescimento vegetativo e de reprodução (PALHA, 2005).

Para cada função vital do morangueiro, existem temperaturas ótimas e críticas. Em temperaturas acima de 10 °C e comprimento do dia maior ou igual 12 horas, a planta tende a vegetar com aumento da produção de estolhos. Temperaturas abaixo de 20 °C favorecem o desenvolvimento floral, em torno de 25 °C inibem a diferenciação floral e acima de 32 °C podem causar o abortamento floral (RONQUE, 1998).

No período de crescimento vegetativo, durante a rizogênese, a temperatura ótima ao nível das raízes, situa-se entre 17 e 30°C e, acima dos 30°C, as temperaturas são prejudiciais ao desenvolvimento do sistema radicular. No Outono, as temperaturas inferiores a 15°C, são favoráveis à acumulação das reservas nas raízes e no rizoma. Durante esta fase, dá-se inicialmente o crescimento da coroa principal e das coroas secundárias, seguindo-se o desenvolvimento das folhas. A temperatura ótima para o crescimento das folhas situa-se entre os 18 e 28°C. Por fim, dá-se a formação dos estolhos que é estimulada por temperaturas altas e dias longos (PALHA, 2005).

A iniciação floral, durante o período reprodutivo ocorre quando o meristema passa da fase vegetativa para a reprodutiva. As condições ambientais que promovem a floração do morangueiro são o resultado de uma interação bastante complexa entre o fotoperíodo e a temperatura, e é em função da resposta a estas condições que se distinguem os vários tipos de cultivares (PALHA, 2005).

No Brasil, poucos estudos têm sido realizados para determinar o comportamento da cultura morangueiro em condições de clima mais quente. Segundo Passos (1991) e Camargo; Passos (1993), as cultivares de morangueiro atualmente utilizadas no País comportam-se como de dias curtos, ou seja, necessitam de diminuição do fotoperíodo e da temperatura para iniciar a floração e a frutificação.

O cultivo do morangueiro vem sendo realizado em áreas de clima tropical, em pequenas propriedades da região serrana do estado do Ceará, tornando-se viável pelas condições ambientais serem semelhantes àquelas encontradas nas principais regiões produtoras. Os primeiros cultivos na região mostraram boa adaptação ao clima, com redução do tempo para o início da colheita e menor incidência de pragas e doenças.

2.4 Cultivo do morango em ambiente Protegido

O crescimento da demanda pelo morango no Brasil e no mundo vem despertando o interesse por novas e melhores técnicas de cultivo, procurando-se aumentar a produtividade e, conseqüentemente, a lucratividade dessa cultura. O cultivo do morangueiro por quase todo o ano, sob ambiente protegido, é uma alternativa para os clássicos problemas: produção concentrada em alguns meses, escassez de mão de obra, qualidade de pseudofrutos e pouca lucratividade (LIETEN, 1993).

O cultivo em ambiente protegido é uma importante alternativa para superar limitações climáticas, especialmente considerando sua eficiência quanto à captação da energia radiante e aproveitamento da temperatura, água e nutrientes disponíveis às plantas (HORA, 2003). O ambiente protegido é um sistema de produção agrícola que se caracteriza pela construção de uma estrutura para a proteção das plantas contra os agentes meteorológicos que permita a passagem da luz, pois esta é essencial à realização da fotossíntese. Conforme Andriolo (1999), nas últimas décadas, o cultivo de plantas em ambiente protegido, especialmente em estufas, veio revolucionar a fisiologia da produção das hortaliças, em função da possibilidade de ajustar o ambiente à planta.

O ambiente protegido possibilita produtividades superiores às de campo. De acordo com Cermeño (1990), a produtividade dentro do ambiente protegido pode ser duas ou três vezes maior que as no campo e com qualidade superior. Além do controle parcial das condições edafoclimáticas, o ambiente protegido permite a realização de cultivos em épocas que normalmente não seriam escolhidas para a produção ao ar livre.

No cultivo do morangueiro, o uso do ambiente protegido possibilita vantagens comparado com o campo, pois além de proteger a cultura de ventos, granizos, chuvas, geadas e baixas temperaturas, minimiza o ataque de pragas e de doenças, proporcionando melhores condições ao desenvolvimento da planta, aumentando a frutificação total e a produção comercial (ANTUNES *et al.*, 2007).

A utilização do ambiente protegido vem recebendo adesão maciça dos produtores por estes estarem preocupados com a rentabilidade dos cultivos e a estabilidade da produção. O insumo mais básico, que é a muda, exige um aporte significativo, com preço médio de R\$ 0,70 a unidade. A proteção dos cultivos permite o incremento do rendimento, a qualidade, a segurança da colheita e sua rentabilidade. (PORTAL DO AGRONEGOCIO, 2015).

De acordo com Gomes (2013), outro bom motivo para se produzir em ambiente protegido é o melhor aproveitamento dos recursos de produção (nutrientes, luz solar e CO₂), resultando em precocidade de produção (redução do ciclo da cultura) e redução do uso de insumos, como fertilizantes (fertirrigação) e defensivos.

As alterações do ambiente, provocadas pela utilização do cultivo protegido, estão relacionadas principalmente à temperatura do ar (RONQUE, 1998). Com relação às temperaturas mínimas do ar, essas tendem a ser iguais ou ligeiramente superiores à observada externamente, sendo afetadas pelo tipo de ambiente protegido e manejo da ventilação durante o dia (BURIOL *et al.*, 1993).

Exemplos de mecanismos para melhorar o cultivo são as telas coloridas e refletoras. As telas de sombreamento no interior do ambiente protegido, sob o filme de polietileno, podem proporcionar condição microclimática apropriada para o desenvolvimento de cultivos, reduzindo, principalmente, os efeitos nocivos da alta taxa de incidência da radiação solar e da temperatura sob a planta (SHAHAK *et al.*, 2004).

Segundo Boily (1999), as plantas se desenvolvem dentro de uma ampla faixa satisfatória de condições ambientais definidas principalmente pela temperatura e pela umidade relativa do ar. Devido a este aspecto, controlar o meio ambiente na casa de vegetação, não significa manter constantes as variáveis climáticas, mas mantê-las numa faixa específica para aperfeiçoar a produção, minimizar o consumo de energia e maximizar os lucros.

Apesar de inúmeras vantagens, os ambientes protegidos comportam-se insatisfatoriamente do ponto de vista térmico, uma vez que durante o dia ocorrem temperaturas elevadas, que dificilmente são evitadas pela ventilação natural e, à noite, com frequência, ocorrem temperaturas inferiores às críticas das plantas cultivadas. Uma das possibilidades para se atenuar as elevadas temperaturas nestes ambientes é se utilizando de tecnologias de resfriamento (DA SILVA *et al.*, 2000).

2.5 Tecnologias de resfriamento

O método mais eficiente para o resfriamento de uma planta é através de sua transpiração natural realizada nos estômatos; apesar disto, se ainda não for suficiente para

um bom desenvolvimento da planta, deve-se utilizar métodos artificiais para tal finalidade, sendo os métodos de resfriamento evaporativo os mais utilizados pelos produtores (SEGINER, 1994).

Os sistemas de resfriamento evaporativo surgiram da necessidade de se manter uma temperatura de cultivo ideal para cada tipo de cultura, mantendo-se a produtividade e a qualidade dos produtos mesmo durante os períodos de altas temperaturas. As melhores técnicas de condicionamento do microclima de ambientes protegidos são aquelas que atuam na redução da carga térmica incidente de radiação solar sem prejudicar o desenvolvimento da planta. Desta forma, é necessário estudar e conhecer melhor as necessidades ou capacidades das culturas no que se refere ao aproveitamento da radiação solar (MONTEIRO *et al.*, 2000).

Montero e Antón (1994) citado por Furlan em 2001 relatam quatro fatores que influenciam a redução de temperatura: ventilação ou renovação do ar, evapotranspiração da cultura, radiação solar e evaporação de água dentro do ambiente protegido.

Para o resfriamento evaporativo em casa de vegetação, existem três tipos de tecnologias: Sistema meio poroso-ventilador (“Pad and Fan”); Sistema antecâmara com nebulização (“Pad-House”) e Sistema nebulizador com ou sem ventilador (“Fogging ou Mist”).

Com relação ao sistema nebulizador, consiste na evaporação da água com partículas de tamanho muito pequeno, 10 μm , geradas por bicos nebulizadores em uma mistura de ar e água. Esse método não exige necessariamente o uso de ventilação forçada, porém melhores resultados são obtidos com taxas de 1 troca de ar/minuto e uma vazão de água de 1,2 L/minuto (GIACOMELLI; ROBERTS, 1989).

A principal vantagem do sistema de resfriamento por nebulização é a uniformidade de resfriamento em todo ambiente, eliminando a necessidade de ventilação de ar forçada, resultado em um resfriamento mais efetivo e de fácil adaptação em ambiente protegido (FURLAN, 2001).

Entretanto, apresenta às desvantagens de ter um custo de instalação alto, necessidade do uso de água de qualidade excelente, aumento da ferrugem nas estruturas metálicas e nos equipamentos do ambiente protegido. Montero e Antón (1994) salientaram também que o tamanho da gota é muito importante e que deve ter no máximo 10 microns de diâmetro para evitar o problema de molhamento das plantas. Uma das vantagens do

sistema de resfriamento por nebulização, citado por Alpi e Tognoni (1991), é que este sistema permite o resfriamento em ambientes protegidos sem a necessidade de criar sombra e ao mesmo tempo permite baixas temperaturas e fortes intensidades de luz, permitindo no verão, boas condições para muitas espécies de plantas, tanto ornamentais como hortícolas.

Portanto, caberá ao produtor à decisão de como deverá proceder para se obter uma eficiência desejada, a qual estará em função dos métodos de resfriamento existentes, avaliando o melhor regime de temperatura e umidade relativa do ar para as necessidades de seu cultivo, considerando ainda o clima local, a facilidade de utilização, as culturas produzidas e o potencial benefício do uso do resfriamento (GIACOMELLI; ROBERTS, 1989; FANG, 1995;).

2.6 Biofertilizantes

A matéria orgânica, fornecida a partir de esterco animal e compostos orgânicos, além de melhorar características físicas e químicas do solo, tem sido utilizada a fim de se reduzir a utilização de adubos químicos (GALBIATTI *et al.*, 2007).

No âmbito da agricultura moderna são exigidos produtos isentos do uso de adubos sintéticos e agrotóxicos para garantia de qualidade para os produtores e consumidores, agredindo menos o meio ambiente e o homem (CANTILLANO; CASTAÑEDA, 2005). Nesse sentido, a utilização de insumos naturais, como os estercos líquidos e biofertilizantes, deve ser estimulada tanto na pulverização das plantas como diretamente aplicados nos solos.

Por ser uma alternativa viável na produção orgânica, o uso de biofertilizantes vem aumentando em todo o país. Na busca por insumos menos agressivos ao ambiente e que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura menos dependente de produtos industrializados, vários produtos têm sido utilizados (DELEITO *et al.*, 2000).

Os biofertilizantes se destacam por apresentarem alta atividade microbiana e bioativa capaz de induzir maior resistência às plantas contra o ataque de agentes externos (pragas e doenças). Além disso, esses compostos quando aplicados, também atuam nutricionalmente sobre o metabolismo vegetal e na ciclagem de nutrientes no solo (ALVES *et al.*, 2001; MEDEIROS, 2002).

Os biofertilizantes são compostos bioativos, resíduo final da fermentação de compostos orgânicos, contendo células vivas ou latentes de microorganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e seus metabólitos, além de quelatos organominerais (ALVES *et al.*, 2001). São produzidos em biodigestores por meio de fermentação aeróbica e/ou anaeróbica da matéria orgânica. Esses compostos são ricos em enzimas, antibióticos, vitaminas, toxinas, fenóis, ésteres e ácidos, inclusive de ação fitohormonal.

A produção do biofertilizante se dá pela digestão anaeróbia (ausência de oxigênio) de material orgânico de origem animal e vegetal em meio líquido, em um equipamento chamado biodigestor. O resultado desse processo é um sistema de duas fases: uma sólida, usada como adubo orgânica e outra líquida, como adubo foliar para o controle de doenças e pragas. O biofertilizante pode ainda ser preparado mediante digestão aeróbia com as mesmas finalidades (BETTIOL *et al.*, 1998).

A composição química do biofertilizante varia conforme o método de preparo e o material que o origina. Para Bettiol *et al.* (1998), uma das principais características do biofertilizante é a presença de microrganismos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, que resulta na produção de gás e liberação de metabólicos, especialmente antibióticos e hormônios.

A riqueza nutricional e biológica que os compostos orgânicos conferem ao solo e às plantas auxiliam sobremaneira no cultivo de plantas em sistemas orgânicos, permitindo melhorar as qualidades químicas, físicas e biológicas do solo e propiciando um crescimento vegetativo adequado à obtenção de produções técnicas e economicamente viáveis (SOUZA, 1997). Nesse sentido, aumento nos teores de N, P, K, Ca e Mg no solo e concentração considerável de micro nutrientes como B, Cu, Cl, Fe, Mo, Mn e Z foram observados por Oliveira e Estrela (1984), em função do fornecimento de biofertilizante. Além de sua ação nutricional já conhecida, tem sido atribuída aos biofertilizantes a ação indutora de resistência e apresentam propriedades fungicidas, bacteriostáticas, repelentes, inseticidas e acaricidas sobre diversos organismos alvos.

Além dos efeitos promovidos na estruturação física do solo, o esterco bovino líquido aplicado na superfície do substrato forma uma camada de impedimento às perdas elevadas de água por evaporação, o que possibilita às células vegetais permanecerem

túrgidas por mais tempo em relação às plantas que não receberam o insumo (CAVALCANTE *et al.*, 2010).

Para o sucesso da cultura do morangueiro, a adubação orgânica é considerada base fundamental proporcionando maiores índices de produtividade, sendo dificilmente substituída totalmente pela adubação inorgânica. É uma prática largamente utilizada na cultura do morangueiro no Brasil e em outros países produtores (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado na área experimental da Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Fortaleza, Ceará, com coordenadas geográficas 03° 45' S, 38° 33' W e 19,6 m, durante dois ciclos. O primeiro ciclo produtivo foi desenvolvido durante a estação seca, no período de setembro a dezembro de 2013, enquanto, e o segundo ciclo ocorreu, no período de maio a agosto de 2014.

3.2. Clima da região

O clima da região segundo a classificação de Koeppen é do tipo Aw', tropical chuvoso, com temperaturas elevadas e com estação chuvosa predominante no outono.

As condições microclimáticas da área experimental foram monitoradas por estações automáticas instaladas em cada ambiente de cultivo utilizado.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por três ambientes de cultivo (ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, A1; a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, A2; e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, A3). Já as subparcelas foram constituídas por cinco doses de biofertilizante (D1=0,0; D2=500; D3= 750; D4=1000; e D5= 1250 mL planta⁻¹. semana⁻¹), com cinco repetições. Cada unidade experimental foi formada por 3 vasos, contendo 1 planta em cada, totalizando 225 plantas.

3.4 Condução da cultura

No cultivo, foram utilizadas mudas de morango da variedade Oso Grande, provenientes de um viveirista da cidade de Estiva, Minas Gerais. As mudas foram transportadas em bandejas de isopor com 128 células (Figura 2), acondicionadas em caminhão refrigerado.

Figura 2- Mudanças antes do transplante (A), mudas enraizadas (B) e no vaso após o transplante nos estágios de florescimento (C) e de frutificação (D). Fortaleza, CE, 2013



Fonte: Autora, 2013.

Para cada vaso, foi transplantada uma muda, essas mudas foram transplantadas no final da tarde com o objetivo de proporcionar uma melhor aclimação.

3.5 Enchimento dos vasos

As mudas foram transplantadas para um vaso com capacidade de 11 litros, contendo substrato na proporção 4:4:2 (arisco, areia grossa e composto orgânico, respectivamente) posto sobre uma camada de brita. A análise química do substrato utilizado antes da aplicação dos tratamentos encontra-se na tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da análise química do substrato utilizado no morangueiro antes da aplicação dos tratamentos, Fortaleza, Ce, 2013-2014

Características químicas											
MO	N	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB	CTC	V	P	pH
(g kg ⁻¹)						mmol _c dm ⁻³			(%)	(mg dm ⁻³)	-
19,16	0,16	26,3	0,11	25,6	45	19	105,7	124,7	85	0,34	6,9

MO – Matéria orgânica; SB – Soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ + K⁺); CTC – Capacidade de troca de cátions – [Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ + K⁺ + (H⁺ + Al³⁺)]; V – Saturação por bases – (Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ + K⁺ / CTC) x 100; o pH foi medido em extrato aquoso (1: 2,5).

3.6 Ambientes de cultivo

O primeiro ambiente estudado (A1), denominado alternativo, foi constituído por um telado antiafídeo, com 10 m de comprimento por 6 m de largura, com o piso cimentado e pintado de branco. A refrigeração deste ambiente foi realizada, por meio de técnica artesanal, a partir da colocação de blocos de gelo na água a ser utilizada na nebulização.

O segundo ambiente de cultivo (A2), ocorreu a pleno sol, sobre cimentado pintado de branco, sendo também submetido à nebulização com água gelada.

O terceiro ambiente (A3), também a pleno sol, sobre piso cimentado sem pintura e sem nebulização artificial. Os três ambientes de cultivos estão apresentados na figura 3.

Figura 3- Ambientes de cultivo (A1, A2 e A3), com diferentes tecnologias de resfriamento ambiental apresentadas na sequência, Fortaleza, CE, 2014



Fonte: Autora, 2014.

3.7 Manejo do resfriamento ambiental

Visando uma redução da radiação solar incidente dentro do ambiente A1 instalaram-se uma tela termo refletora de 50% Aluminet[®], metalizada em alumínio em ambas as faces. Esta tela permite a reflexão de parte da energia solar, proporcionando menores temperaturas na estação seca e maiores na estação chuvosa e promovendo a difusão da luz com aumento da eficiência fotossintética (COSTA, 2009).

A técnica utilizada no resfriamento foi à nebulização com água gelada. O funcionamento do sistema de nebulização era ativado por uma bomba centrífuga através de um "time" que operava através de pulsos, ou seja, de uma em uma hora a área era submetida à nebulização por 3 minutos. Essa técnica foi instalada nos ambientes A1 e A2, das 09h30min às 16h30min, totalizando-se 8 aplicações por dia. Para isso foram utilizadas 5 linhas de nebulizadores (5 nebulizadores/ linha), a uma altura de 1,60 m acima do solo.

A água utilizada na nebulização apresentava uma condutividade elétrica de 0,8 dS m⁻¹(considerada não salina). A água da nebulização era resfriada por 5 blocos de gelo (10 kg) colocados na caixa d'água. Os blocos de gelo eram colocados 20 minutos antes do início do período de nebulização (Figura 4). O uso dos blocos de gelo permitia, em média, uma redução de aproximadamente 3,0 °C na temperatura da água na caixa.

Figura 4 - Caixa d'água com blocos de gelo utilizados para o resfriamento ambiental, durante a nebulização. Fortaleza, CE, 2013-2014



Fonte: Autora, 2013

Com intuito de diminuir ainda mais a temperatura nos ambientes, o piso dos ambientes A1 e A2 foram pintados de branco.

3.8 Condução e preparo do Biofertilizante

O biofertilizante bovino simples foi preparado aerobicamente utilizando-se esterco fresco de bovinos e água na proporção 1:1, com base em volume (Figura 5). Este foi acondicionado em caixa d'água de 500 litros, deixando-se fermentar a mistura de forma aeróbica durante 20 dias. Durante o experimento foi realizado diariamente o revolvimento do biofertilizante, para melhor aeração do mesmo.

O biofertilizante foi fornecido de acordo com o resultado da análise química do substrato e do biofertilizante; para atender as exigências nutricionais das plantas seguiu-se a recomendação máxima da adubação química fornecida por Santos e Medeiros (2003).

O biofertilizante foi aplicado manualmente 1 vez por semana, nas seguintes dosagens, conforme os tratamentos (D1: 0,0; D2: 500; D3: 750; D4: 1000; e D5: 1250 mL semana⁻¹ planta⁻¹).

Figura 5- Processo de fermentação do biofertilizante aeróbico, Fortaleza, CE, 2013



Fonte: Autora, 2013.

As aplicações dos tratamentos referentes às doses de biofertilizante iniciaram-se 15 dias após o transplântio (DAT), totalizando-se 15 aplicações. As dosagens foram definidas conforme procedimento a seguir, a partir da análise química do substrato, Tabela 2.

Tabela 2- Composição de macro e de micronutrientes essenciais na matéria seca do biofertilizante bovino de fermentação aeróbica, Fortaleza, CE, 2013-2014

Biofertilizante	Elementos minerais										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	g L ⁻¹						mg L ⁻¹				
	0,82	1,4	1	2,5	0,75	0,31	0,28	141,6	1,92	68,2	14,72

Fonte: Laboratório de Solos e Água, do Departamento de Ciências do Solo do CCA/UFC.

Para se atender as exigências nutricionais do morangueiro, adotou-se a recomendação máxima da adubação química fornecida por Santos e Medeiros (2003) correspondente a: 180 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. Como referência, para um stand de 12500 plantas (espaçamento de 0,3 x 0,3 m) a dosagem máxima recomenda por planta⁻¹ no ciclo seria de: 14,4 g N; 24 g P₂O₅ e 8 g de K₂O.

A quantidade de nutrientes presentes no substrato foi calculada a partir da multiplicação da densidade do solo (1,3), pelo volume de solo colocado em cada vaso (10 L), multiplicando-se o valor encontrado (13 kg de solo por vaso) pelas quantidades de N, P e K presentes na análise do substrato, Tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa do fornecimento de nutrientes pelo substrato e necessidades de complementação nutricional, Fortaleza, CE, 2013-2014

Características químicas	Nutriente		
	N	P	K
Recomendação		(g planta ⁻¹)	
	14,4	24,0	8,0
Substrato		(g kg ⁻¹)	
	0,16	0,11	0,34
		(13 kg planta ⁻¹)	
	2,08	1,43	4,42
Necessidade de complementação nutricional		(g planta ⁻¹)	
	12,32	22,57	3,42
Necessidade de biofertilizante para complementação		(L planta ⁻¹)	
	15,02	16,12	3,42

A necessidade de complementação nutricional pode também ser verificada na Tabela 3, necessitando-se para complementação do mesmo da aplicação de aproximadamente 15,0 litros do biofertilizante no ciclo produtivo. Como foram 15 aplicações, a dosagem referência adotada foi de 1,0 L semana⁻¹. A partir desta quantificação se definiram as demais dosagens.

Na tabela 4 pode ser observado o total de nutrientes fornecidos com a aplicação do biofertilizante nas diferentes doses.

Tabela 4– Estimativa do total de nutrientes fornecidos a partir da aplicação do biofertilizante, nas diferentes doses, Fortaleza, CE, 2013-2014

Biofertilizante			
Bovino	N	P	K
Tratamentos	15 aplicações		
T1 (0 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	0	0	0
T2 (500 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	6,15	10,5	7,5
T3 (750 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	9,23	15,75	11,25
T4 (1000 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	12,30	21,00	15,00
T5 (1250 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	15,38	26,25	18,75

O total fornecido (substrato + biofertilizante) ao morango por ciclo pode ser visualizado na Tabela 5, ressaltando-se que a recomendação sugerida era de 14,4 g N; 24 g P₂O₅ e 8 g de K₂O. Por conseguinte, as recomendações de N e P₂O₅ foram atendidas a partir de T4 (1000 mL semana⁻¹ planta⁻¹) e a de K₂O a partir de T2 (500 mL semana⁻¹ planta⁻¹).

Tabela 5 – Estimativa do total de nutrientes fornecidos ao morangueiro por ciclo, Fortaleza, CE, 2013-2014

Tratamentos	Acúmulo de nutrientes*		
	Biofertilizante Bovino aeróbico		
	N	P	K
	g planta ⁻¹		
T1 (0 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	2,08	4,42	1,43
T2 (500 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	8,23	14,92	8,93
T3 (750 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	11,31	20,17	12,68
T4 (1000 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	14,38	25,42	16,43
T5 (1250 mL semana ⁻¹ planta ⁻¹)	17,46	30,67	20,18

* = Somatório da quantidade contida no substrato + quantidade aplicada por dose de biofertilizante.

3.9 Manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o localizado via gotejamento, no qual foi dimensionado para operar com um gotejador por planta com vazão média por emissor de 1,6 L h⁻¹, sendo o controle das irrigações feito por registros instalados no início de cada linha.

O tempo de irrigação no interior do ambiente protegido foi quantificado por meio da equação (1).

$$T_i = \frac{LLi * AV * F_{aj}}{E_i * q_{vi}} \times 60$$

Em que:

T_i: tempo de irrigação (min);

LLi: lâmina líquida de irrigação(ECA*KC) (mm);

Av: área do vaso (m²);

F_{aj}: fator de ajuste, (ECA interna/ECA externa), utilizou-se 0,8;

Ei: eficiência de irrigação (0,90);

q_v : vazão por vaso ($L h^{-1}$).

Para a quantificação do tempo de irrigação nos ambientes externos utilizou-se o fator de ajuste (Faj) como sendo 1,0.

O turno de rega foi diário e as medições da ECA foram quantificadas por meio de tanque Classe “A” instalado a 30 metros da área experimental.

Para o acompanhamento da umidade do solo foram instalados 12 tensiômetros a 20 cm de profundidade nos diferentes tratamentos (FIGURA 6) através de leituras em tensímetro de punção digital.

Figura 6 – Tensiômetros instalados nos vasos com morangueiro, Fortaleza, CE, 2014



Fonte: Autora, 2014.

3.10 Tratos culturais

Foram realizadas pulverizações preventivas com o objetivo de evitar a disseminação de patógenos causadores de doenças. Durante o primeiro mês de cultivo nos dois ciclos produtivos, utilizou-se de forma alternada os fungicidas Amistar[®] e

Frowncide[®]. Para a prevenção de pragas realizou-se uma pulverização utilizando agroquímicos (óleo mineral).

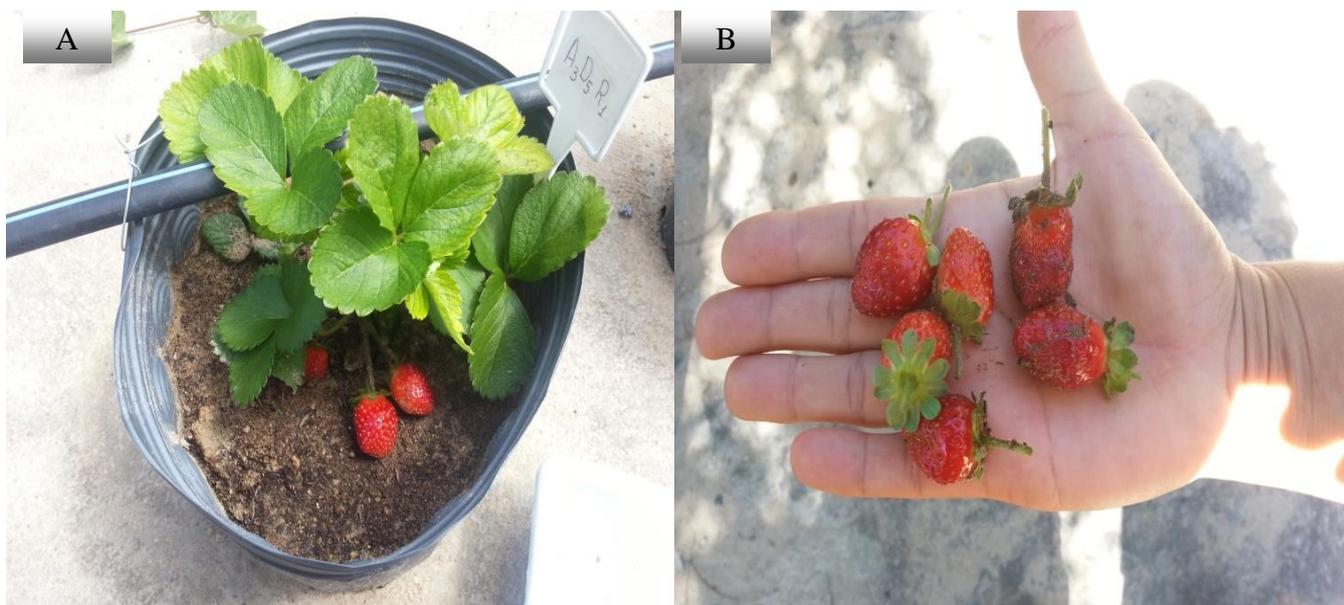
Durante o cultivo, capinas foram realizadas ao redor dos ambientes, de forma manual e regular, bem como remoções dos estolhões, evitando dessa forma proliferações de doenças e de pragas nas plantas.

3.11 Colheita

A colheita foi realizada conforme Camargo *et al.* (2009), sendo colhido os frutos que se apresentavam $\frac{3}{4}$ maduro ou com a superfície vermelho-intensa. Para quantificar a produção, observou-se o número de frutos colhidos e o peso desses frutos.

Após colhidos os foram levados ao laboratório da Estação Agrometeorológica, para a realização das análises (Figura 7).

Figura 7 – Frutos prontos para serem colhidos (A) e (B) levados para serem avaliados, Fortaleza, CE, 2014



Fonte: Autora, 2014.

3.12 Variáveis analisadas.

3.12.1 Dados micrometeorológicos

Com relação aos dados micrometeorológicos coletados no interior dos ambientes estudados, durante os dois ciclos produtivos, foram realizadas as seguintes análises:

- a) Avaliação diária dos valores médios, da temperatura do ar e da umidade relativa, ao longo do período experimental;
- b) Análises comparativas dos valores coletados no interior dos três ambientes e destes com os valores obtidos externamente.

3.12.2 Biomassa

Ao final do experimento, as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea (folha + caule) e em raiz. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e colocadas para secar em estufa a 60 °C, até atingirem um valor constante de matéria seca. As variáveis estudadas foram: matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST = MSPA + MSR), dados coletados durante os dois ciclos produtivos.

3.12.3 Trocas gasosas

As trocas gasosas (fotossíntese, transpiração, condutância estomática, e concentração interna de CO₂) foram medidas, utilizando-se um analisador de gás no infravermelho IRGA (LI 6400 XT da LICOR), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹. As leituras foram realizadas no período da manhã com as folhas completamente expandidas (Figura 8); dados coletados apenas no primeiro ciclo devido a problemas no instrumento de coleta durante o segundo ciclo.

Figura 8 - Leituras das trocas gasosas utilizando o analisador de gás infravermelho portátil (IRGA) em folhas do morangueiro, Fortaleza, CE, 2013



Fonte: Autora, 2013.

3.12.4 Características de produção

Após 60 DAT, no primeiro, e aos 64 (DAT), no segundo ciclos, foram iniciadas colheitas de frutos que foram quantificados e pesados em balança de precisão, em função de cada tratamento para se avaliar o número de frutos por planta, a massa média dos frutos e a produtividade.

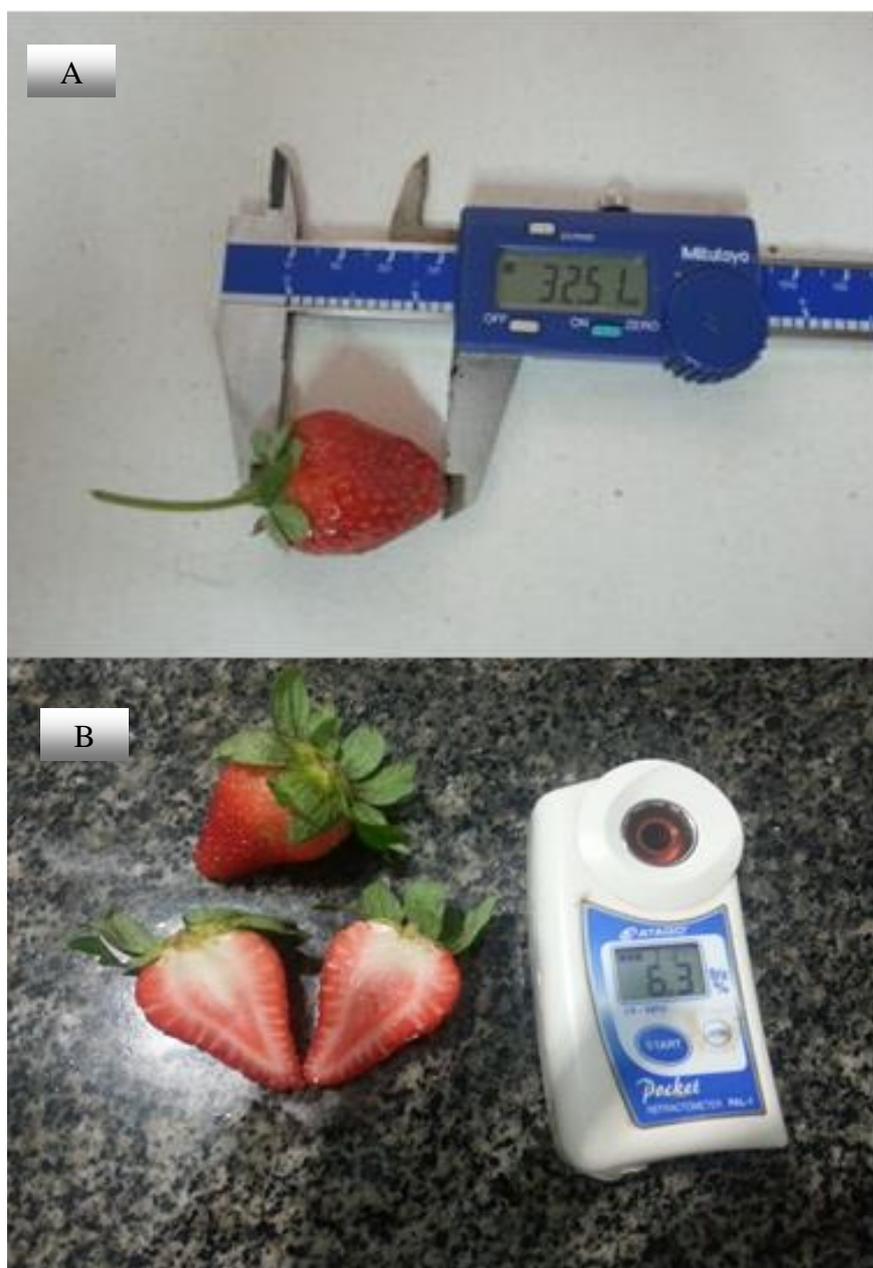
As características de produção avaliadas foram: número de frutos por planta – (NFP), realizado pelo somatório do número de frutos da parcela dividido pelo número de plantas da mesma parcela; produtividade de frutos (PT), representada pela produção média de frutos por área, expressa em kg ha^{-1} , e acumulada nas diferentes etapas de colheita; massa média de frutos (MMF), pesados em balança digital nas diferentes datas de colheita por parcela.

3.12.5 Variáveis de pós-colheita

As análises das variáveis de pós-colheita realizadas foram: teor de sólidos solúveis, expressos em graus Brix (determinado a partir do suco extraído das amostras coletadas; esse suco era extraído por meio de pressão manual dos frutos, realizando-se a

leitura por meio de um refratômetro de leitura direta, modelo Digital Refratômetro PAL-1 – ATAGO, Figura 9); diâmetro de frutos (DF), obtido pela medição em paquímetro digital; e comprimento de frutos (CF), obtido pela medição em paquímetro digital, dados coletados durante os dois ciclos de produtivos.

Figura 9 - Medição do comprimento (CF) e do diâmetro do fruto (DF) do morangueiro, utilizando-se um paquímetro digital (A), e do teor de sólidos solúveis, com um refratômetro (B), Fortaleza, CE, 2013- 2014



Fonte: Autora, 2014.

3.13 Análises estatísticas

Os dados para cada variável referente aos ambientes e as dosagens de biofertilizante foram submetidos à análise de variância (Anova). Posteriormente, os dados referentes aos ambientes (tratamentos qualitativos), quando significativos pelo teste F, foram submetidos a teste de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% (*) de probabilidade.

Já os dados referentes às dosagens do biofertilizante (subtratamentos, quantitativos) foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos. Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2), utilizando-se o programa computacional ASSISTAT. 7.6 Beta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições meteorológicas

Os valores médios mensais das variáveis meteorológicas coletadas durante os períodos experimentais encontram-se na Tabela 6. O primeiro ciclo produtivo foi desenvolvido durante a estação seca, no período de setembro a dezembro de 2013, enquanto que o segundo ciclo produtivo ocorreu no final da estação chuvosa no período de maio a agosto de 2014.

Tabela 6 - Valores médios mensais das variáveis temperatura, umidade relativa e velocidade do vento e totalização mensal da precipitação durante a condução do experimento, Fortaleza, CE, 2013 e 2014

	Temperatura média do ar	Umidade Relativa	Velocidade do Vento	Precipitação
Período	2013			
Mês	(°C)	(%)	(m s ⁻¹)	(mm)
Setembro	28,1	70,0	4,4	9,7
Outubro	27,5	68,0	4,3	5,7
Novembro	27,5	71,0	4,5	8,1
Dezembro	27,9	70,0	3,8	5,4
Mês	2014			
Maio	26,5	71,0	3,6	43,2
Junho	27,2	73,0	3,4	34,0
Julho	26,7	71,0	3,6	42,0
Agosto	26,8	68,0	4,0	10,5

Fonte: Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará (UFC).

O primeiro ciclo, que ocorreu no período de setembro a dezembro do ano de 2013, foi caracterizado por temperaturas elevadas, baixa ocorrência de chuvas e velocidade do vento elevada. Já o segundo ciclo, que compreendeu o final da quadra chuvosa, nos meses de maio a agosto de 2014, caracterizou-se por temperaturas um pouco mais baixas, elevada umidade do ar, valores mais elevados de precipitações e velocidade do vento mais baixa, em comparação com o primeiro ciclo de cultivo.

4.2 Variáveis micrometeorológicas dentro de cada ambiente.

Na tabela 7 estão dispostos os dados da temperatura média geral coletados nos ambientes de cultivo durante o primeiro e segundo ciclos experimentais.

Tabela 7- Valores médios mensais da temperatura do ar (°C) observados durante a condução do experimento nos diferentes ambientes de cultivo estudados, Fortaleza, CE, 2013 e 2014

Temperatura (°C)			
Meses (Ano 2013) / Ambiente	A1*	A2*	A3*
Setembro	27,95	29,87	30,21
Outubro	27,81	29,57	29,83
Novembro	28,82	30,12	30,51
Dezembro	28,30	29,86	29,81
Média geral	28,22	29,86	30,09
Temperatura (°C)			
Meses (Ano 2014) / Ambiente	A1	A2	A3
Maio	27,23	27,94	28,43
Junho	27,57	28,28	29,75
Julho	28,71	28,01	29,66
Agosto	27,54	27,94	29,86
Média geral	27,76	28,04	29,43

*A1, Ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco; A2, a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco; A3, a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura.

No primeiro ciclo, o ambiente que foi verificado a menor média de temperatura (28,22°C) foi o ambiente A1, com a maior média tendo sido observada no ambiente A3 (30,09 °C). No segundo ciclo de produção, do mesmo modo, o ambiente A1 obteve a menor média de temperatura (27,76 °C) e o A3 a maior média (29,43 °C).

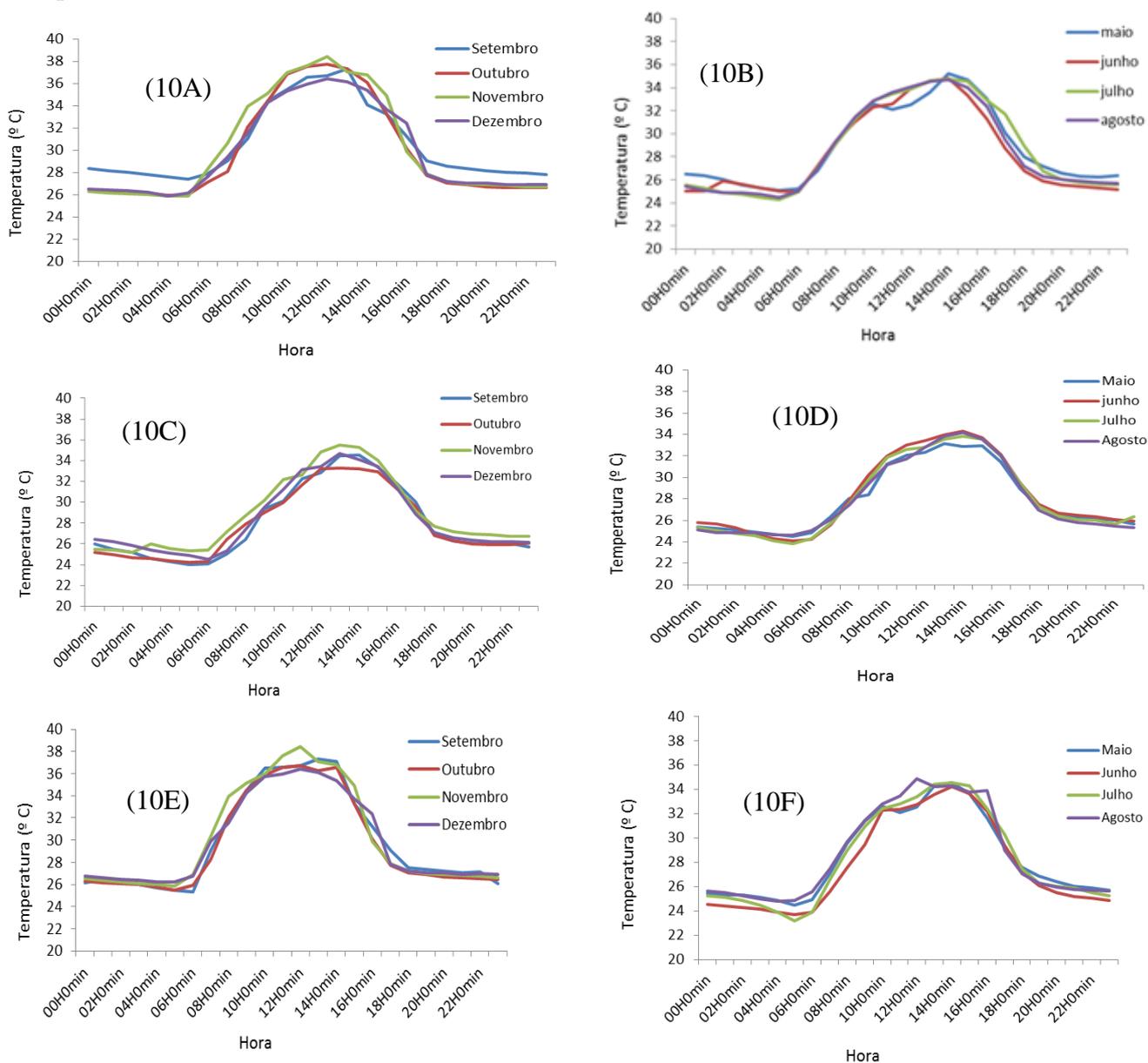
Foi observada no segundo ciclo uma redução na diferença entre as temperaturas médias dos ambientes A1 e A3 (de 1,87 °C, no primeiro, para 1,67°C). Como o segundo ciclo ocorreu no final da estação chuvosa, provavelmente, a maior nebulosidade corrente reduziu a disponibilidade de energia calorífica para o aquecimento do ar. Fato este que reduz, dentre outras variáveis, a temperatura do ar (VIANA, 2001).

Apesar das reduções de temperaturas no segundo ciclo, os valores observados durante a condução do experimento foram superiores aos indicados como ideais para o cultivo do morangueiro, que segundo Santos e Medeiros (2003) é de 15 a 25°C. No

entanto, segundo os mesmos autores, o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) permite uma maior amplitude de adaptação das cultivares comerciais, como a cultivar Oso grande, pois sua base genética é composta por uma grande variabilidade entre as espécies.

As variações horárias dos valores médios mensais da temperatura do ar coletados no primeiro e no segundo ciclos experimentais encontram-se destacados na figura 10.

Figura 10- Variações horárias dos valores médios mensais da temperatura do ar coletados durante o primeiro (FIG 10 A, C e E) e segundo ciclos (FIG 10 B, D e F) nos ambientes A1, A2 e A3*, respectivamente, Fortaleza, CE, 2013-2014



As temperaturas médias observadas durante os dois ciclos experimentais apresentaram valores elevados ao longo dia, principalmente no período de 12 às 16 horas. Nesse período, durante o primeiro ciclo as maiores temperaturas foram observadas durante o mês de novembro, enquanto que no segundo ciclo o mês com temperaturas mais elevadas foi agosto. Mas, vale ressaltar que em todas as quantificações realizadas, as temperaturas observadas no ambiente A1 tenderam a serem inferiores as observadas nos ambientes A2 e A3.

Entretanto, na maior parte do dia as temperaturas nos três ambientes não se observaram dentro da faixa ótima para a cultura, que é 24 a 26 °C, conforme LI *et al.* (2009). E, altas temperaturas reduzem o crescimento e o desenvolvimento do morangueiro (NISHIYAM; KANAHAMA, 2002; KADIR *et al.*, 2006). Do mesmo modo, a produção de frutos é reduzida pela diminuição da viabilidade do pólen e a inibição do crescimento do tubo polínico (LEDESMA; SUGIYAMA, 2005).

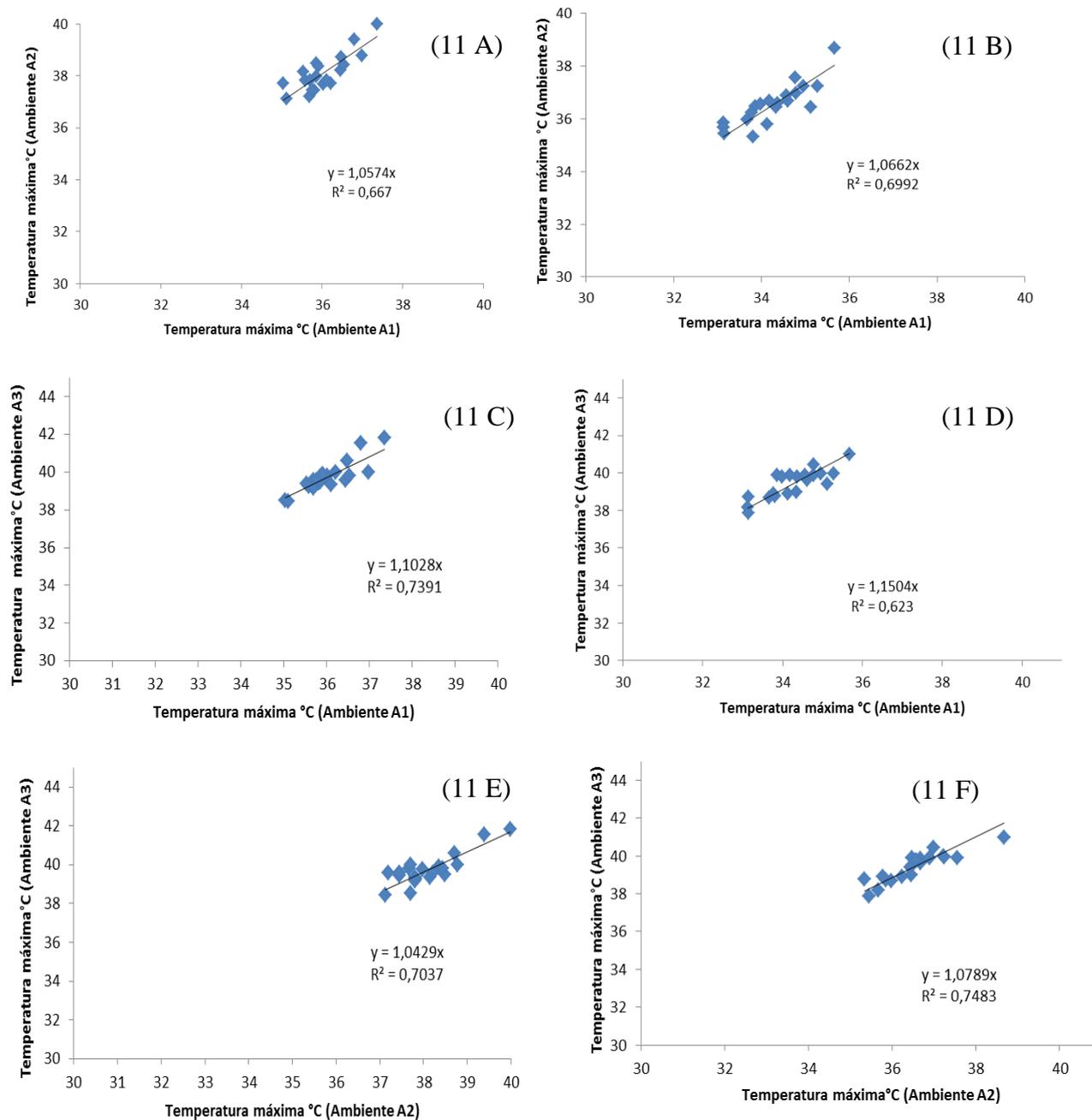
O aumento da temperatura do ar influencia também o potencial de florescimento, diminuindo o número de dias para o início da floração. Estudo realizado por Calvete *et al.* (2003) mostra que isso ocorre devido ao seu efeito nos processos metabólicos internos da planta. Mas, apesar destas alterações fisiológicas em regiões tropicais, implicando em uma menor produtividade, a cultura pode ser viável dependendo do preço pago ao produtor na região de cultivo (LI *et al.*, 2009).

E para comprovar estatisticamente a intensidade com que a variável foi influenciada pelos ambientes de cultivo, elaborou-se a Figura 11 que apresenta correlações entre valores de temperaturas máximas coletadas nos três ambientes de cultivo nos dois ciclos experimentais.

Pode-se observar que a temperatura máxima no ambiente A1 foi inferior em média 5,74% em relação à registrada no ambiente A2 no primeiro ciclo; já no segundo ciclo, a diferença foi de 6,62 %. A diferença entre o ambiente A1 e o Ambiente A3 foi de 10,28% no primeiro e de 15,04% para o segundo ciclo. E entre os ambientes A2 e A3 a diferença foi de 4,29% e 7,89% para o primeiro e o segundo ciclos, respectivamente. Estes resultados confirmam a influência das técnicas de resfriamento adotadas nos ambientes de cultivo A1 (telado + nebulização + pintura do piso em branco) e A2 (nebulização e pintura

do piso em branco) sobre a temperatura, em comparação com o ambiente A3, que foi em campo aberto e sem nenhuma técnica de resfriamento.

Figura 11 – Correlações entre valores máximos de temperaturas do ar coletados durante o primeiro (FIG 11 A, C e E) e segundo ciclos (FIG 11 B, D e F) nos ambientes A1, A2 e A3*, respectivamente, Fortaleza, CE, 2013-2014



Apesar da diferença no primeiro ciclo ser menor do que a quantificada no segundo, as correlações mantêm-se muito semelhantes, o que mostra que estas independem do período, também observado por Silva (2012).

Outro fator que também contribuiu para a maior redução das temperaturas no ambiente A1 foi a tela aluminet, que funcionou como dispositivo de proteção solar, conferindo maior oposição à passagem de radiação solar. Brito (2000), avaliando coberturas de casa de vegetação, observou redução de 4°C na temperatura quando comparou casas de vegetação com telas de sombreamento e casas de vegetação não sombreadas. Filgueira (2012) acrescenta que o uso de sombreamento diminui a temperatura interna criando assim um microclima mais favorável, mesmo sob temperatura e luminosidade elevadas, tendo efeitos positivos na fisiologia da planta elevando-se a produtividade e a qualidade dos frutos.

Mas, pode-se também afirmar que a nebulização, presentes nos ambientes A1 e A2, bem como a pintura em branco do piso foram fatores significativos para esta redução. Do mesmo modo, Montero *et al.* (1990), estudando o efeito do sistema de resfriamento evaporativo por nebulização, verificaram que a temperatura no ambiente protegido foi menor cerca de 3°C na média, quando comparado com o ambiente controle sem nebulização. Segundo Furlan (2001), a principal vantagem do sistema de resfriamento por nebulização é a uniformidade de resfriamento em todo o ambiente, resultando em resfriamento mais efetivo e de fácil adaptação em ambiente protegido.

Esses resultados corroboram com Silva (2012), que obteve diferença nas temperaturas máximas entre os ambientes estudados de 7,1 °C e 10,7 °C em relação ao ambiente protegido nebulizado e o ambiente externo. Entretanto, sem nebulização esses efeitos são menores, conforme Dias (2014) que, avaliando dois ambientes de cultivo com morangueiro, obteve uma redução de 2,5% na temperatura máxima do telado quando comparada a verificada em campo aberto.

Estão dispostos na tabela 8 os dados da umidade relativa média e geral coletados nos ambientes durante o primeiro (setembro a dezembro de 2013) e segundo ciclos (maio a agosto de 2014).

As maiores médias mensais da umidade relativa do ar no primeiro ciclo experimental foram obtidas no ambiente A1 (69,66%), sendo decrescente nos outros ambientes, A2 (68,65%) e A3 (66,27%). Esta tendência já era esperada visto que no

ambiente A1 ocorreram os menores valores de temperatura do ar, conseqüentemente, haveria uma maior probabilidade de registro dos menores valores de umidade relativa do ar neste ambiente.

Tabela 8 - Valores médios mensais da umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento nos diferentes ambientes de cultivo estudados, Fortaleza, CE, 2013 e 2014

Umidade relativa (%)			
Meses (Ano 2013) / Ambiente	A1*	A2*	A3*
Setembro	71,98	68,00	64,27
Outubro	70,53	68,34	68,75
Novembro	68,08	70,36	66,61
Dezembro	68,05	67,93	65,47
Média geral	69,66	68,65	66,27
Umidade relativa (%)			
Meses (Ano 2014) / Ambiente	A1	A2	A3
Maio	71,67	71,59	70,94
Junho	71,29	70,80	69,24
Julho	71,80	70,55	70,33
Agosto	70,82	70,40	69,09
Média geral	71,39	70,83	69,90

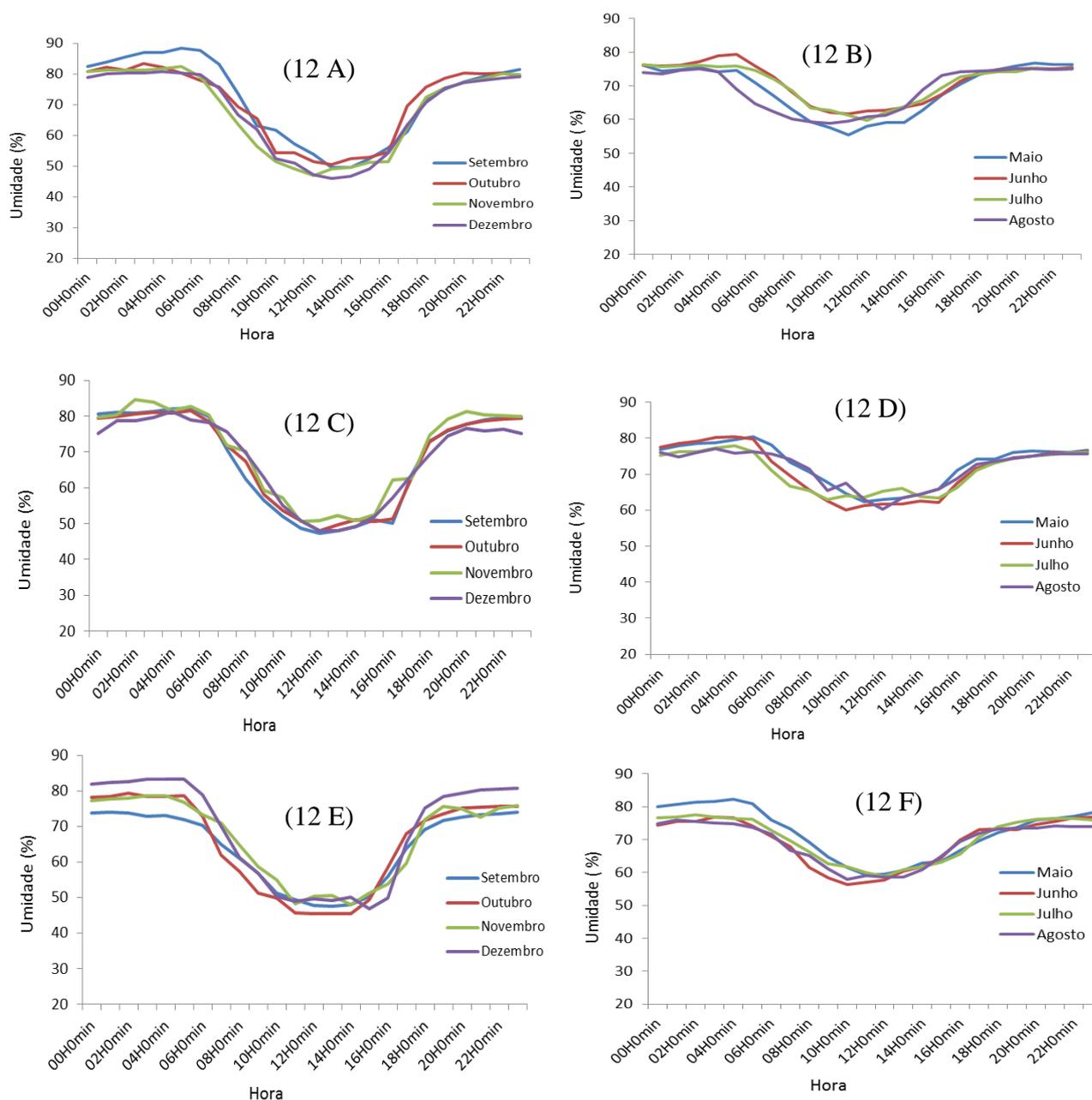
*Ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3).

No segundo ciclo, o ambiente A1 também apresentou a maior média (71,39%) em relação aos ambientes A2 (70,83%) e A3 (69,90%), sendo porém em todos os ambientes superiores as observadas no primeiro ciclo de cultivo. O aumento da umidade de um ciclo para outro, pode ser explicado pelo fato de que o primeiro ciclo ocorreu no segundo semestre onde são verificadas as maiores temperaturas e o segundo no primeiro semestre, onde as temperaturas são menores. Outro fato que possa ter influenciado esse aumento é que o segundo ciclo de cultivo ocorreu no final da estação chuvosa, quando ainda há uma maior presença de vapor d'água na área experimental.

Entretanto, nos dois ciclos a umidade relativa não se mostrou um fator restritivo, pois segundo Carmenõ (1994), a umidade relativa ótima para a cultura do morango está em torno de 70-80 %. E, para o autor, a umidade relativa influencia a transpiração, o crescimento e a fecundação das flores, sendo que altos valores de umidade relativa do ar afetam a evapotranspiração da cultura.

Na figura 12, podem ser observadas as variações horárias dos valores médios mensais da umidade relativa do ar coletados no primeiro e no segundo ciclos experimentais.

Figura 12 - Variações horárias dos valores médios mensais da umidade relativa do ar coletados durante o primeiro (FIG 12 A, C e E) e segundo ciclos (FIG 12 B, D e F) nos ambientes A1, A2 e A3*, respectivamente, Fortaleza, CE, 2013-2014



Com tendências inversas as da temperatura do ar, as médias horárias da umidade relativa do ar (UR), nos dois ciclos experimentais, apresentaram variações mensais mínimas no período diurno, principalmente no período das 10 às 16 horas. E, durante o primeiro ciclo, os menores valores médios de umidades foram verificadas no mês de dezembro, próximos a 50%, e no segundo nos meses maio e junho, em torno de 60%.

O comportamento inverso temperatura e umidade do ar é habitual. Segundo Seemann (1979), os valores de umidade relativa do ar são inversamente proporcionais à temperatura do ar e muito variáveis no interior do ambiente protegido. Entretanto, como já afirmado, a maioria dos valores observados estão dentro da faixa recomendada para a cultura do morango, não tendo sido frequentes valores superiores a 80% e nem inferiores a 50%, não sendo por este critério os ambientes de cultivo analisados desfavoráveis à condução da cultura.

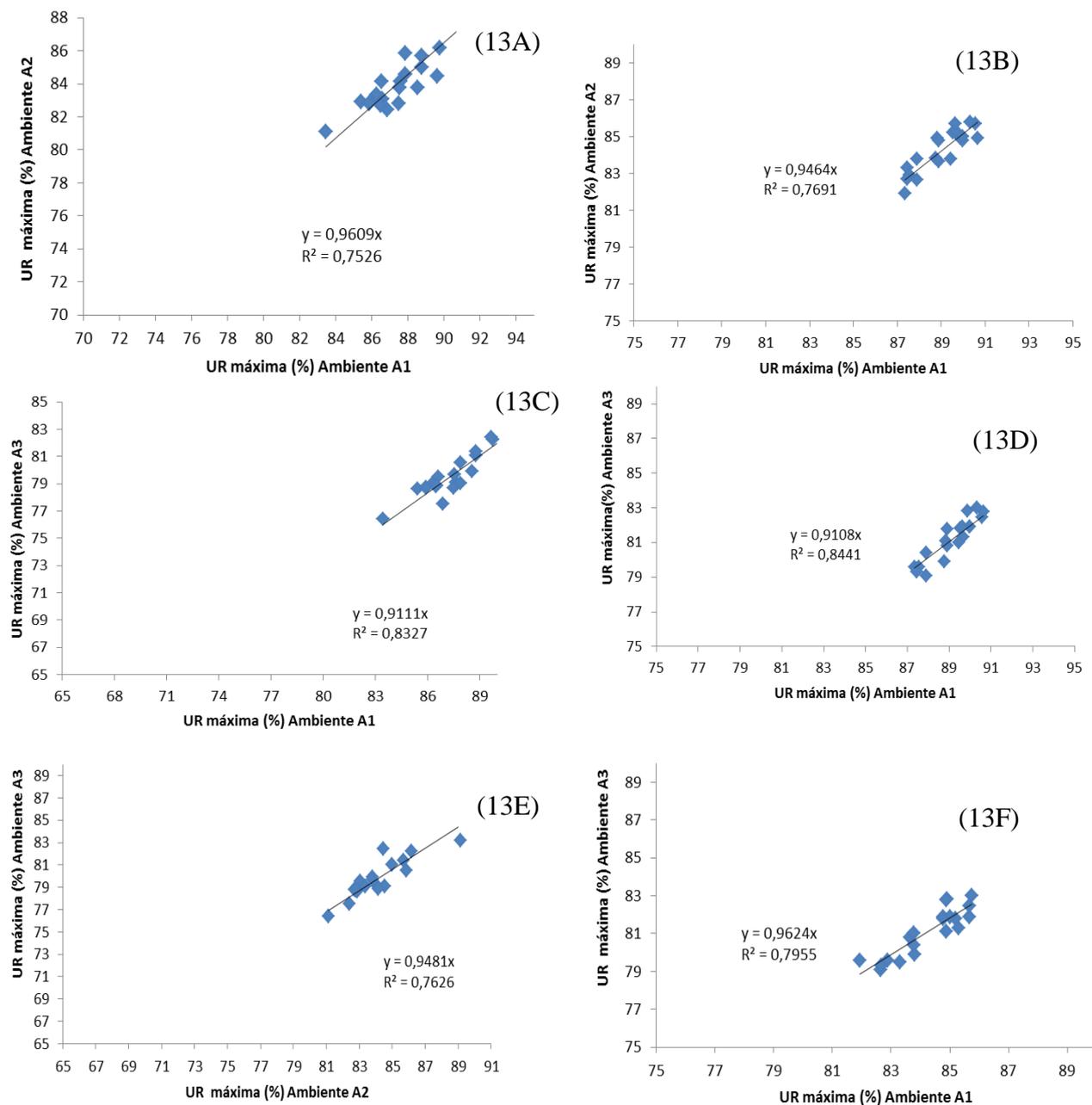
Pois, de acordo com Furlan (2001), altos valores de umidade relativa do ar reduzem a taxa de evapotranspiração da cultura, que quando associado a altas temperaturas do ar geram também condições muito favoráveis à ocorrência de doenças. Já valores muito baixos de umidade relativa também podem provocar altas taxas de evapotranspiração, o que pode reduzir a taxa fotossintética e a produtividade da cultura. E conforme Varejão-Silva (2006), a umidade relativa do ar ainda pode influenciar no desenvolvimento das plantas por interferir diretamente no processo de evapotranspiração, de forma que quanto menor a umidade relativa maior o déficit de vapor de água na atmosfera e conseqüentemente maior será a evapotranspiração.

Na Figura 14 pode-se observar a correlação entre as médias mensais das umidades relativas máximas registradas nos três ambientes de cultivo, durante os dois ciclos experimentais. No ambiente A2, campo aberto com nebulização, a umidade relativa máxima foi inferior a observada no ambiente A1, telado com nebulização. Os valores médios em A2 corresponderam a 96,06% e 94,64% dos valores observados em A1, no primeiro e no segundo ciclos, respectivamente. Já no ambiente A3, campo aberto sem nebulização, os valores observados corresponderam a 91,17 e 91,08 % dos valores obtidos em A1.

Já se comparando os dados dos ambientes A2 e A3, figuras 13 (E) e 13 (F), a umidade relativa em A3 foi em média 94,81% e 96,24% da registrada no ambiente A2,

para o primeiro e segundo ciclos, respectivamente. Por conseguinte, pode-se afirmar que os maiores valores de umidade relativa nos ambientes foram obtidos na seguinte sequência: A1 > A2 > A3.

Figura 13 – Correlações entre valores máximos de umidade relativa do ar coletados durante o primeiro (FIG 11 A, C e E) e segundo ciclos (FIG 11 B, D e F) nos ambientes A1, A2 e A3*, respectivamente, Fortaleza, CE, 2013-2014



Provavelmente, os maiores valores de UR no ambiente A1, resultado parecido ao de Silva (2012), decorrem da presença do telado, da tela aluminet, da nebulização e do piso branco. Já os menores no ambiente A3, são decorrentes da ausência destes quatro fatores. Do mesmo modo, os valores intermediários em A2 devem ser oriundos da presença de 2 dos 4 fatores citados.

4.3 Trocas gasosas

Constatou-se efeito significativo da interação entre os fatores ambientes e doses de biofertilizante bovino para a transpiração (E) e a fotossíntese (A) em nível de 0,01 e de 0,05 de probabilidade, respectivamente. Considerando-se o efeito dos fatores isoladamente verificou-se, para os fatores ambiente e doses de biofertilizantes, resposta significativa para a condutância estomática em nível de 0,05 de probabilidade (Tabela 9).

Tabela 9- Resumo da análise de variância e níveis de significância para as variáveis condutância estomática (gs), transpiração (E) e fotossíntese (A) em plantas de morango cultivadas em diferentes ambientes e adubadas com diferentes doses de biofertilizante bovino, observadas durante o primeiro ciclo (setembro a dezembro de 2013)

FV	GL	Quadrado médio		
		gs	E	A
Ambientes (A)	2	0,106**	11,377**	61,206**
Resíduo (a)	12	0,022	2,232	10,755 ^{ns}
Parcelas	14	-	-	-
Doses de BIO (B)	4	0,284*	1,542 ^{ns}	8,126 ^{ns}
Interação A x B	8	0,009 ^{ns}	4,595**	1,098*
Resíduo (b)	48	0,007	1,432	6,225
Total	74	-	-	-
CV A	-	28,17	21,75	21,28
CV B	-	21,63	17,43	23,88

FV - Fontes de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; ^{ns} - Não significativo, * - Significativo a 5% pelo teste F.

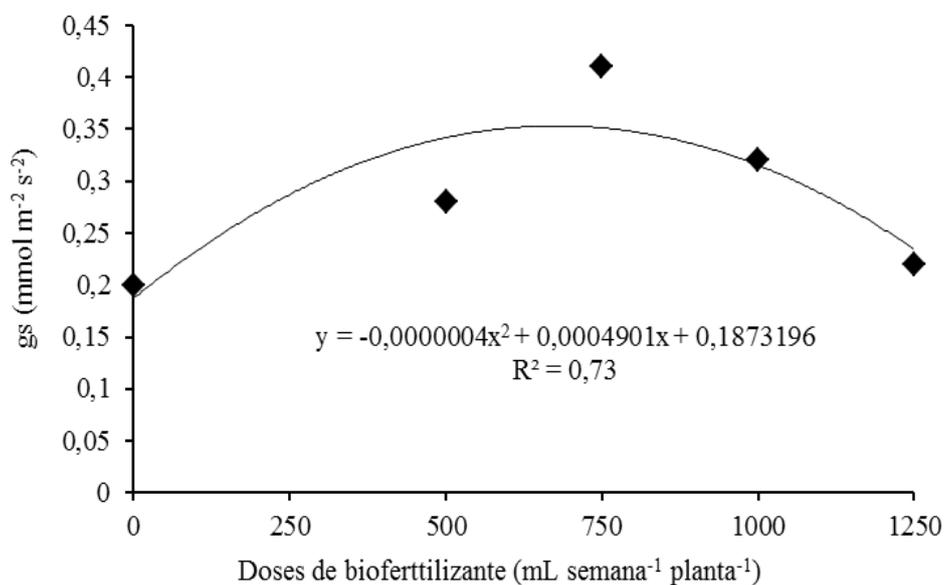
4.3.1 Condutância estomática

A partir da análise de regressão para a condutância estomática, em função das doses de biofertilizante bovino, verificou-se que o modelo polinomial quadrático foi o

mais adequado (Figura 14). Portanto, observa-se que a condutância estomática atingiu um valor máximo ($0,33 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) com uma dose de biofertilizante bovino de $612,62 \text{ mL semana}^{-1} \text{ planta}^{-1}$.

A superioridade da condutância estomática, nas plantas dos tratamentos com biofertilizante bovino em relação à testemunha, evidencia a ação positiva desse insumo orgânico. E este fechamento parcial dos estômatos, nas maiores dosagens, pode ser decorrente da concentração de sais presente no biofertilizante. Segundo Neves *et al.* (2009), esse acúmulo de sais causa um efeito osmótico, o que gera uma redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino.

Figura 14- Variação da condutância estomática em função das doses de biofertilizante bovino, Fortaleza, CE, 2013



Salienta-se que a acumulação de compostos orgânicos osmoticamente compatíveis em condições de estresse reflete a capacidade de algumas espécies de se ajustarem osmoticamente a condições adversas (EPSTEIN; BLOOM, 2006). A acumulação desses solutos provoca a diminuição do potencial hídrico da planta, facilita a absorção de água e protege as estruturas celulares (MUNNS *et al.*, 2006).

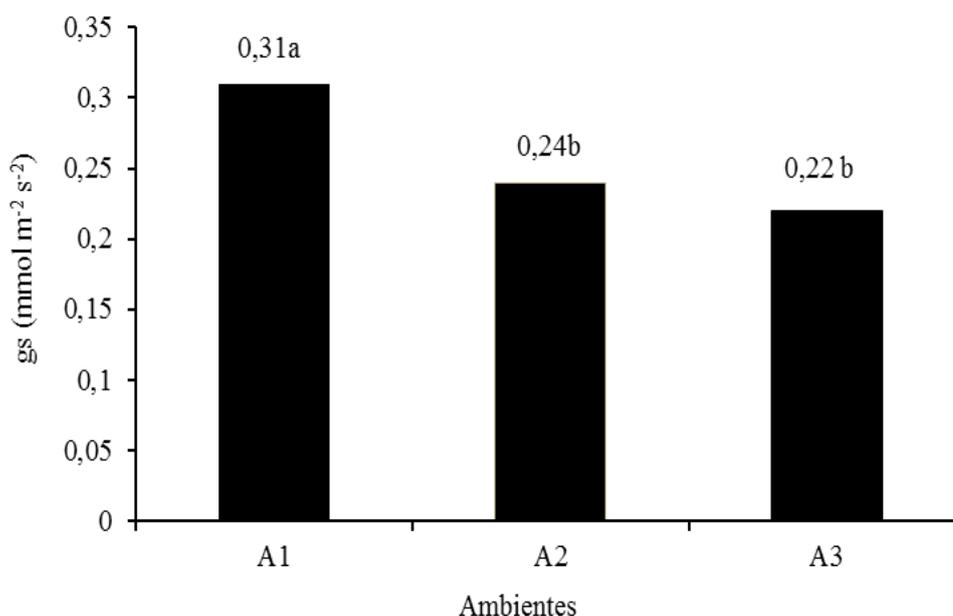
De forma semelhante, Vilanova e Silva Junior (2010), avaliando cultivo orgânico de hortaliças (couve e pimentão), observaram que a condutância estomática apresentou valores significativamente maiores no tratamento orgânico.

Silva *et al.* (2011), cultivando feijão de corda em vaso com biofertilizante bovino, constataram resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho. Similarmente, Sousa *et al.* (2013), avaliando os efeitos de doses de biofertilizante bovino em plantas de pinhão-manso, observaram um aumento da condutância estomática com o uso do mesmo.

Entre os ambientes estudados, o A1 apresentou valores superiores ($0,31 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-2}$) a A2 ($0,24 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-2}$) e a A3 ($0,22 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-2}$). A variação entre os ambientes pode ser reflexo da irradiação solar e a temperatura, Figura 15.

Possivelmente as folhas das plantas do morangueiro se adaptaram ao clima de litoral demonstrando maiores densidades estomáticas e estômatos menores. Ou seja, os estômatos permanecem abertos durante um menor tempo para captar a mesma quantidade de CO_2 , a fim de que ocorra menor perda de água pela transpiração (BALIZA *et al.*, 2012).

Figura 15- Valores médios da condutância estomática por planta de morango em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo experimental, Fortaleza, CE, 2013



Sousa Neto *et al.* (2010) destacam que malhas termorefletoras sob o filme de polietileno permitem melhor aproveitamento da radiação solar, temperatura e umidade relativa, propiciando melhores condições físico-climáticas para o desenvolvimento das culturas.

Resultados opostos ao desse estudo foram evidenciado por Lima *et al.* (2013) cultivando morango em ambiente protegido. Os autores constataram diminuição da condutância estomática no período de setembro a dezembro de 2012 no litoral cearense com a mesma cultivar sob ambiente protegido.

Viana *et al.* (2013), cultivando melão em pleno sol sem sistema de nebulização, nas mesmas condições climáticas desse estudo, registraram uma redução da condutância estomática.

4.3.2 Fotossíntese

Analisando-se o comportamento da fotossíntese em folhas de morango sob diferentes doses de biofertilizante, notou-se um aumento linear nas plantas no ambiente A2; por outro lado ocorreu uma redução da fotossíntese nas plantas cultivadas em A1 e em A3 (Figura 16).

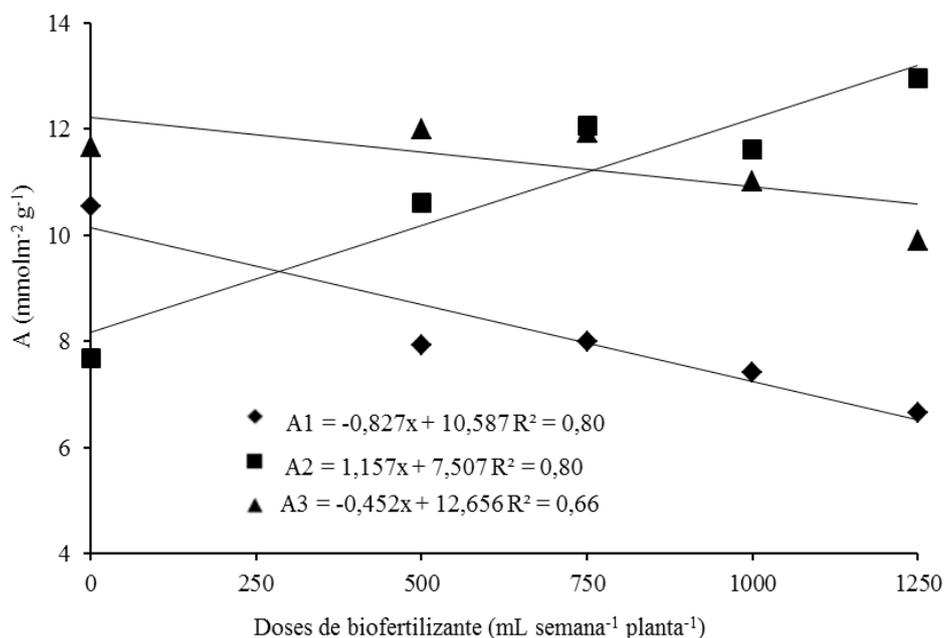
O efeito positivo das dosagens do biofertilizante bovino nas plantas no ambiente A2 pode está relacionada com o fornecimento de nutriente proporcionado pela maior atividade microbiana presente no insumo orgânico, melhorando a aeração, porosidade e a infiltração de água no solo. Em referência ao aumento dos valores de fotossíntese promovido pelo biofertilizante os dados corroboram com os de Sousa, *et al.* (2013), ao afirmarem que o insumo orgânico aumentaram a taxa fotossintética do pinhão-mansão.

Já o decréscimo da fotossíntese com o aumento das doses de biofertilizante bovino no ambiente A1 pode está relacionando a variação de temperatura, ou seja, as folhas, quando submetidas aos maiores níveis de radiação geralmente são mais espessas que as folhas cultivadas sob denso sombreamento, sendo o espessamento do mesófilo uma característica xeromórfica, contribuindo para a esclerofilia (SOUZA *et al.*, 2010).

Esses resultados permitem verificar que as folhas das plantas cultivadas em maiores níveis de radiação desenvolvem estruturas foliares com maior potencial para a

fotossíntese possibilitando a essas plantas melhores condições de desenvolvimento em campo (BALIZA *et al.*, 2012).

Figura 16- Variações da taxa fotossintética, em função de doses de biofertilizante, de plantas de morango cultivadas em ambiente do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2013



Para o ambiente A1, a fotossíntese decresceu de forma linear com o aumento das doses de biofertilizante bovino (Figura 16). Cabe ressaltar que a criação de condições microclimáticas adequadas para as culturas no interior dos ambientes protegidos pode ser uma alternativa para amenizar os efeitos da incidência da radiação solar diretamente sobre as folhas (GUISELINI *et al.*, 2010). Salienta-se que a arquitetura da planta determina a quantidade de luz interceptada por unidade de área foliar, o que resulta em baixos índices fotossintéticos em condições de sombreamento (LIMA *et al.*, 2010).

Outro aspecto que pode ter contribuído para a redução dos valores de taxa de fotossíntese é a concentração de sais presentes na composição do biofertilizante. Contrariando os dados apresentados nesse estudo, Lima *et al.* (2013) aplicando biofertilizante bovino na cultura do morango cultivar Oso Grande em ambiente protegido em Fortaleza, Ceará, verificaram que não houve efeito significativo sobre a fotossíntese.

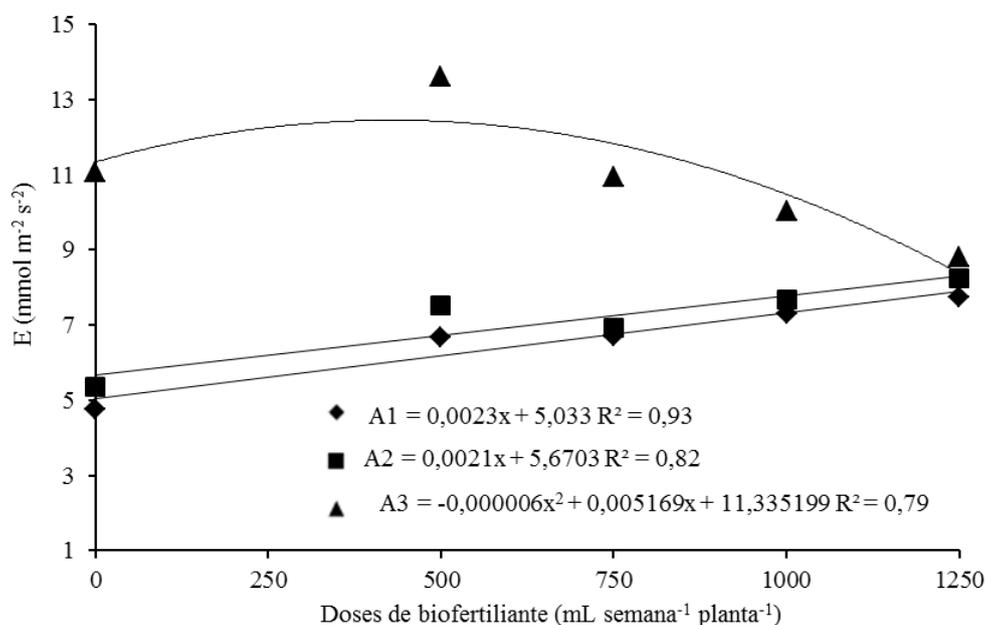
Cabe ressaltar que esse insumo orgânico apresenta um elevado teor de Na, ou seja, o aumento das dosagens proporcionou uma redução do potencial osmótico do solo, dificultando a absorção de água pelas plantas e, conseqüentemente, diminuindo a fotossíntese. O aumento do sódio provoca efeito antagônico com K, ou seja, na ausência desse nutriente ocorre diminuição na translocação de fotoassimilados no floema, o que evita o desvio de elétrons para a geração de formas reativas de oxigênio (CALVET *et al.*, 2013).

É pertinente destacar que o estresse salino reduz a taxa fotossintética líquida em decorrência do fechamento parcial dos estômatos. Silva *et al.* (2013), avaliando as trocas gasosas na cultura do feijão de corda irrigada com águas salinas sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino aplicado via foliar, concluíram que o estresse salino afetou negativamente os valores de fotossíntese. Sousa *et al.* (2013) também verificaram que o estresse salino afetou a fotossíntese das plantas de pinhão-manso.

4.3.3 Transpiração

As plantas apresentaram maiores valores de taxa transpiratória com o aumento das doses de biofertilizante bovino, apresentando modelo linear nos ambientes A1 e A2. No ambiente A3 o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático com um valor máximo de $12,44 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ para uma dose de biofertilizante bovino de $430,75 \text{ mL semana}^{-1}$ planta⁻¹ (Figura 17). Esse resultado reflete com o comportamento da fotossíntese apresentado na figura 16, ou seja, nesse ambiente as plantas se ajustaram para assimilar CO₂ na medida em que a planta transpirava.

Figura 17- Variações da taxa de transpiração de plantas de morango, em função de doses de biofertilizante, cultivadas em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2013



Lima *et al.*, (2013), avaliando as trocas gasosas em morango sob diferentes doses de biofertilizante em ambiente protegido, também constataram efeito positivo do biofertilizante para essa variável. Trabalhos que revelam efeito positivo do biofertilizante bovino sob a transpiração foram relatados por Silva *et al.*, (2013).

Outro aspecto positivo para o aumento da transpiração está na concentração de nutrientes essenciais presentes na composição do biofertilizante. Silva *et al.* (2011) afirmam que a superioridade da transpiração nas plantas adubadas com biofertilizante bovino está relacionada à melhoria na aquisição de nutrientes minerais do solo. Trabalhando em condições de campo, Freire (2011) também verificou um aumento na transpiração de plantas de maracujazeiro amarelo ao aplicar biofertilizante bovino em solo sobre cobertura morta em um Argissolo Amarelo Latossólico.

Contrariando esses resultados, Sousa *et al.* (2013), avaliando o efeito de diferentes doses de biofertilizante bovino em plantas de pinhão-manso cultivadas a pleno sol, não encontraram respostas significativas para a transpiração aos 51 dias após o transplantio.

4.4 Biomassa

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados da análise de variância para a biomassa da matéria seca da parte aérea (MSPA), da matéria seca da raiz (MSR) e da matéria seca total (MST), em função dos diferentes ambientes de cultivo e das doses de biofertilizante líquido, durante os dois ciclos de produção.

Tabela 10 - Resumo das análises de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores médios da matéria seca da parte aérea (MSPA), da matéria seca da raiz (MSR) e da matéria seca total (MST) do morangueiro, Fortaleza, Ceará, 2013-2014

		Quadrado médio					
		2013			2014		
FV	Gl	MSPA	MSR	MST	MSPA	MSR	MST
Ambientes (A)	2	1291,05**	44,016 ^{ns}	1806,066 **	521,406**	150,425**	1188,327**
Resíduo (a)	12	42,855	20,283	76,138	10,786	8,339	21,458
Parcelas	14						
Doses de BIO (B)	4	33,475 ^{ns}	17,875 ^{ns}	63,641 ^{ns}	59,829**	5,249 ^{ns}	95,907 **
Interação A x B	8	47,55 ^{ns}	24,35 ^{ns}	53,941 ^{ns}	11,412 ^{ns}	13,419 ^{ns}	13,231 ^{ns}
Resíduo (b)	48	78,202	17,102	92,652	7,353	7,479	18,162
Total	74						
CV A		21,05	24,91	17,74	22,62	34,11	20,15
CV B		28,43	22,87	19,57	18,68	32,17	18,54

FV - Fontes de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; MSR – Matéria seca da raiz (g); MSPA – Matéria seca da parte aérea (g); MST – Matéria seca total (g); ^{ns} - Não significativo, * - Significativo a 5% pelo teste F.

No primeiro ciclo verificou-se que os ambientes de cultivo causaram efeito significativo sobre a MSPA e a MST, ao nível de 5% de probabilidade, enquanto, que para a MSR não houve efeito significativo. Em relação à interação entre os tratamentos ambiente de cultivo e doses de biofertilizante líquido não houve efeito significativo para nenhuma variável analisada.

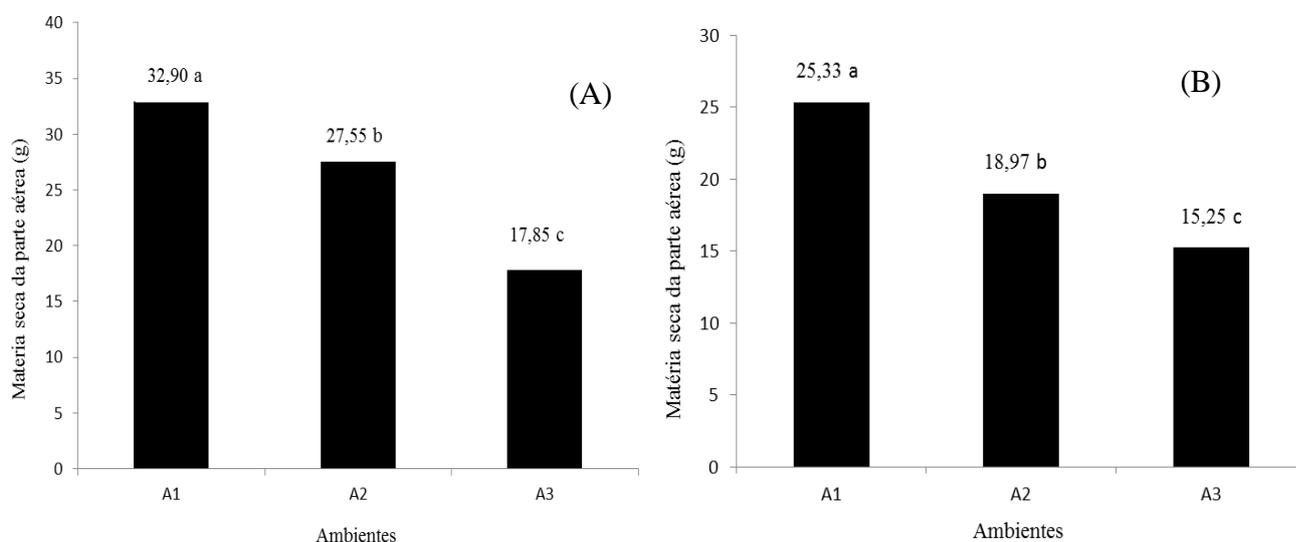
Para o segundo ciclo, as variáveis MSPA, MSR e MST sofreram influencia dos ambientes de cultivo, enquanto, que o efeito dos tratamentos das doses de biofertilizante foi significativo apenas para MSPA e MST.

A partir dos dados verificou-se que não houve interação significativa entre as doses de biofertilizante versus ambiente de cultivo nas variáveis da biomassa em nenhum dos dois ciclos estudados.

4.4.1 Matéria seca da parte aérea

Os valores médios da MSPA referentes aos dois ciclos de cultivos estão apresentados na Figura 18. Os dados mostram que a MSPA em A1 apresentou maior valor médio (32,90 g), seguido de em A2 (27,55 g) e em A3 (17,85 g), no primeiro ciclo de cultivo. Esse mesmo comportamento foi verificado no segundo ciclo, ou seja, o A1 também apresentou a maior MSPA (25,33g), seguido de A2 (18,97g) e A3 (15,25g).

Figura 18 - Matéria seca da parte aérea no primeiro (A) e no segundo ciclos (B) do morangueiro em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3). Fortaleza, CE, 2013-2014



O fato dos valores de MSPA serem maiores no ambiente A1, em ambos os ciclos, podem ser justificado devido ao microclima constituído no ambiente A1 ter sido mais favorável ao desenvolvimento vegetativo. Moraes Neto *et al.* (2000), afirmam que possivelmente a atenuação da luminosidade em ambientes protegidos estimulam mecanismos adaptativos e provocam maior MSPA.

Esse resultado está de acordo com a afirmação de Taiz e Zeiger (2004) e Kerbauy (2004). Esses autores relatam que de maneira geral o ambiente protegido proporciona melhores condições ao desenvolvimento e à sanidade das plantas, pois as condições climáticas proporcionadas por esse ambiente permitem maior expressão das

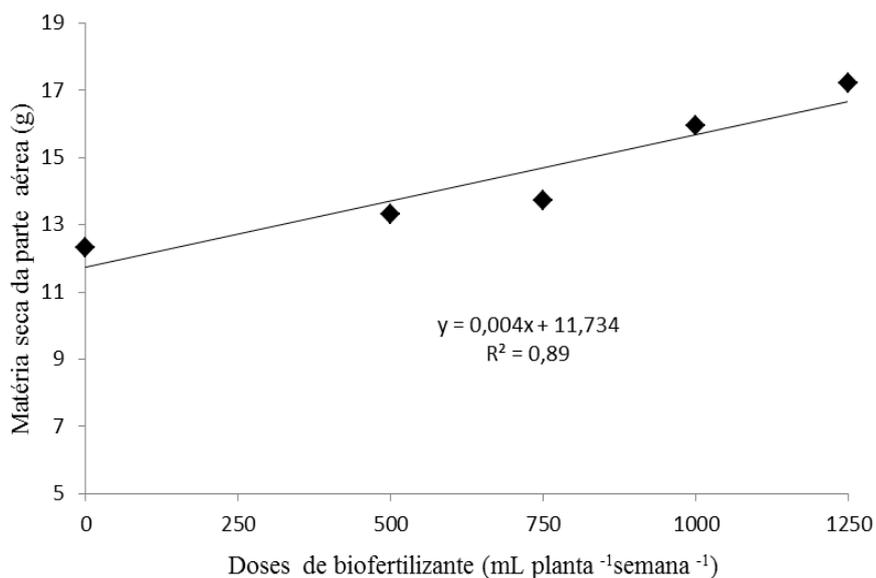
atividades fisiológicas, por meio de uma maior fotossíntese líquida e, conseqüentemente maior acúmulo de carboidratos, que resultam no incremento de massa seca e açúcares redutores e não redutores.

Esses valores foram semelhantes aos apresentados por Dias (2014), ao estudar dois ambientes de cultivo (pleno sol e telado), no município de Redenção, Ceará. Essa autora registrou uma MSPA de 15 g cultivado em pleno sol e de 25,93 g no telado.

Vignolo *et al.* (2011), avaliando o cultivo de morango no estado do Rio Grande do Sul, apresentaram uma produção de MSPA superior ao desse estudo (47,10 g). Estes valores elevados comparados aos apresentados anteriormente de MSPA podem ser justificados devido a melhor adaptabilidade da cultura as condições edafoclimáticas dessa região.

Na Figura 19, observa-se o efeito isolado das doses de biofertilizantes na matéria seca da parte aérea (MSPA), no qual, o modelo linear foi o que melhor se adequou para essa variável com coeficiente de correlação (R^2) de 0,89.

Figura 19 – Matéria seca da parte aérea do morango em função das doses de biofertilizante, no segundo ciclo. Fortaleza, CE, 2014



O efeito positivo do biofertilizante possivelmente está associado ao fato de que adubos orgânicos trazem outros benefícios além dos químicos, tais como: melhora as propriedades físico-químicas do solo, favorecia o estabelecimento dos microrganismos benéficos. Sendo assim, por esse conjunto de benefícios apresentado pelos adubos

orgânicos há um melhor ambiente para o crescimento e o desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, da parte aérea do morangueiro (SOUSA *et al.*, 2013; VIANA *et al.*, 2013; DIAS *et al.*, 2015).

Trabalhando com adubação orgânica no morangueiro, Santos *et al.* (1999) observaram incremento na produção de massa seca da parte aérea, corroborando assim com os resultados encontrado por esse trabalho. Primo *et al.* (2010), ao testarem doses de matéria orgânica na cultura do algodão BRS verde, também observaram que a elevação das doses de adubação orgânica promoveu aumento na produção de fitomassa seca da parte aérea das plantas. Por outro lado Lima *et al.* (2013), testando doses de biofertilizante bovino em morangueiro, observaram que na maior dosagem testada por eles (500 mL semana⁻¹) ocorreu redução para a MSPA.

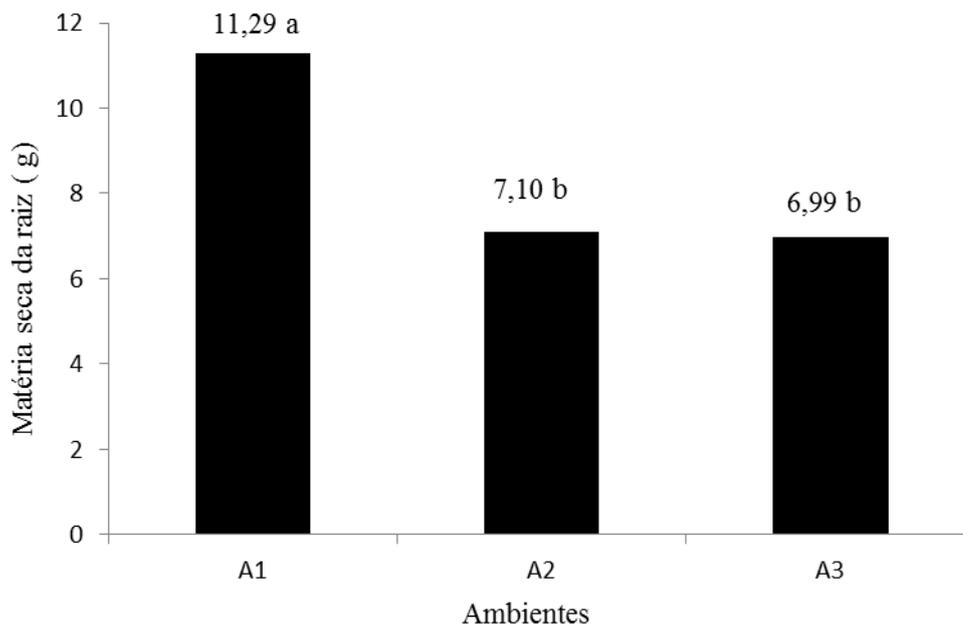
Resultados similares foram apresentados por Sousa *et al.* (2012), avaliando concentração de biofertilizante na cultura do milho, que observaram um aumento da biomassa da parte aérea à medida que aumentava a concentração do biofertilizante.

4.4.2 Matéria seca da raiz

Na Figura 20 observa-se a resposta da variável massa seca da raiz (MSR) em função dos diferentes ambientes de cultivo. O teste de médias revelou que para esta variável o ambiente A1 foi superior estatisticamente, com média de 11,29 g, tendo sido A2 (7,10g) e A3 (6,99g).

A vantagem do A1 para essa variável pode está relacionado à ideia de Palha (2005). Esse autor alerta que o período de maior crescimento vegetativo ocorre durante a rizogênese, onde a temperatura ótima ao nível das raízes situa-se entre 17 e 30°C e, acima dos 30°C, as temperaturas são prejudiciais ao desenvolvimento do sistema radicular resultando numa redução da massa seca das raízes, fato ocorrido mais frequentemente nos ambientes A2 e A3. Lima (2014), trabalhando em condições climáticas similares as do ambiente A1 com a cultura do morango, obteve valores de MSR inferiores ao encontrado neste trabalho (2,87 g por planta).

Figura 20 - Matéria seca raiz do morangueiro em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no segundo ciclo. Fortaleza, Ceará, 2014



Da mesma forma, Dias *et al.* (2015), avaliando dois tipos de ambiente de cultivo, encontraram 3,19 g de MSR em ambiente do tipo telado e 4,70 g de MSR em campo aberto. Por outro lado, Sousa *et al.* (2014), avaliando a adubação potássica na cultura do morango no litoral cearense, obtiveram valores máximos para MSR da cultivar Verão de 20,29 g por planta. Vale destacar que adubações potássicas são importantes porque não só interferem no crescimento vegetativo, mas também no rendimento e na qualidade do produto colhido (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

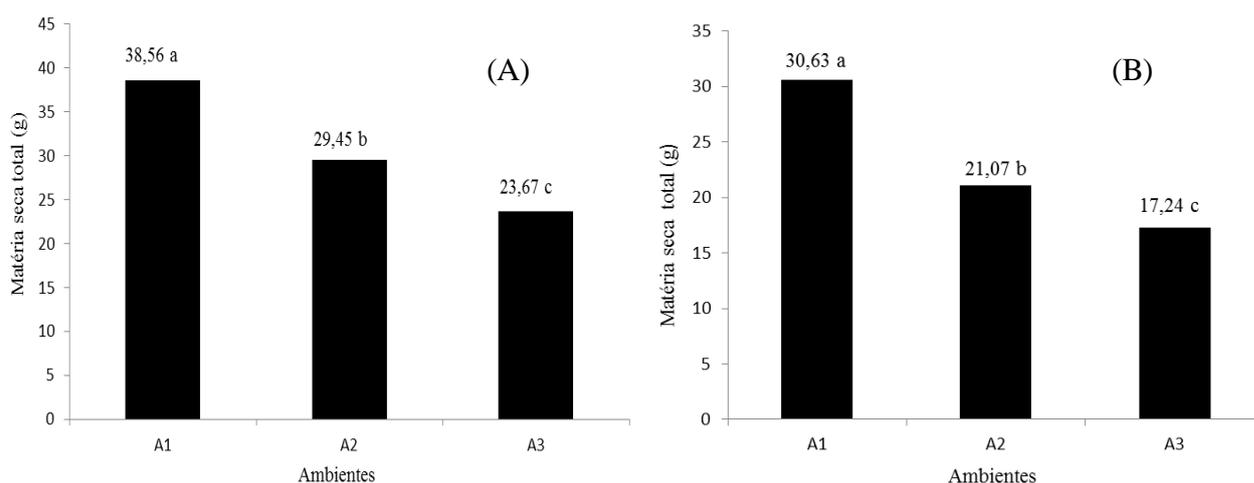
Sousa *et al.* (2013), estudando a cultura do feijão de corda (cultivar Setentão) a pleno sol nas condições climáticas de Fortaleza, Ceará, observaram uma MSR inferior ao ambiente A3 do presente trabalho. De forma semelhante, Sousa *et al.* (2012) registraram esse mesmo comportamento nas plantas de amendoim.

4.4.3 Matéria seca total

Na Figura 21 observa-se a resposta da matéria seca total (MST) em função dos diferentes ambientes de cultivo. A partir dos valores médios obtidos pelo teste de Tukey, verificou-se que a MST foi maior no ambiente A1 (38,56 g) quando comparado com ao valor da MST nos outros dois ambientes, A2 (29,45 g) e A3 (23,67 g), durante o primeiro ciclo. Mesma tendência ocorreu durante o segundo ciclo, sendo que A1 apresentou valores médios de (30,63 g), A2 (21,07) e A3 (17,24 g).

Os efeitos positivos descritos para o ambiente A1 referentes à MST são semelhantes aos encontrados por Costa *et al.* (2010) para a cultura do maracujazeiro, onde a estufa agrícola com tela termorefletora sob o filme de polietileno promoveu maior valor de biomassas quando comparada com os cultivados em campo aberto, evidenciando o efeito positivo do telado no ambiente A1.

Figura 21 - Matéria seca total do morangueiro, no primeiro (A) e no segundo ciclos (B), em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3). Fortaleza, Ceará, 2013-2014



É importante ressaltar que as alterações microclimáticas instituídas dentro do ambiente telado, com nebulização, favoreceram a fisiologia da planta, resultando em melhor desempenho quando comparado com o cultivo a pleno sol com nebulização e sem nebulização. Isso justifica o fato da MST das plantas dentro do ambiente protegido (A1)

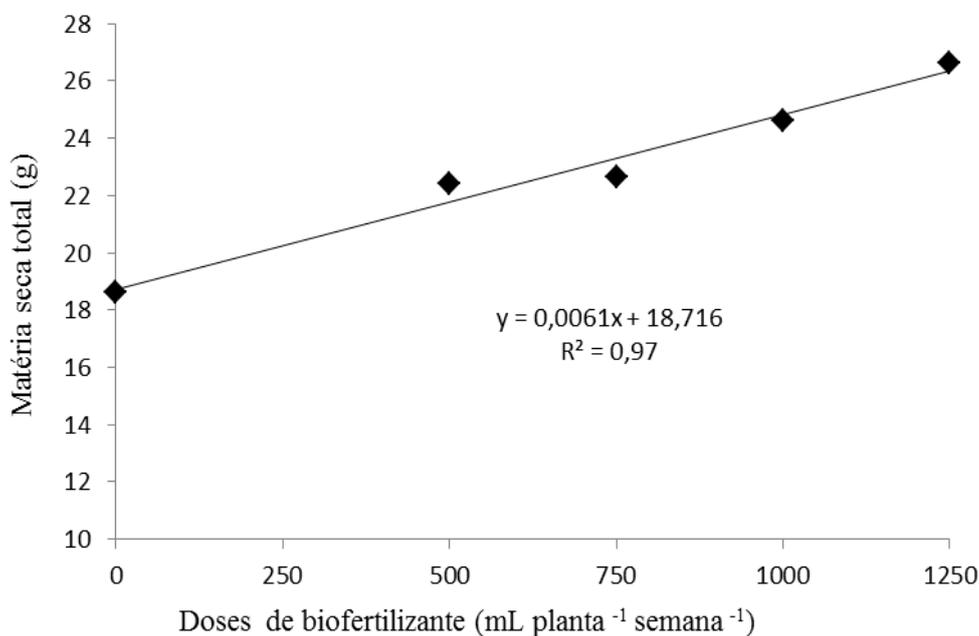
ser significativamente maior do que as das plantas cultivadas nos outros ambientes A2 e A3, já que esses são a pleno sol, apesar do A2 receber nebulização gelada.

SOUSA *et al.* (2014), avaliando doses de fertirrigação potássica em duas cultivares de morango no litoral cearense, obtiveram valores máximos de MST superior ao desse estudo (84,32 g para cultivar Oso grande e 77,12 g para cultivar Verão). Os resultados deste trabalho são inferiores aos citados acima, mas superiores aos encontrados por Lima (2014), que avaliando doses de biofertilizante em morango obteve valor máximo de matéria seca total de 16,25 g.

O maior acúmulo da MST para o ambiente A1 em relação ao A2 e ao A3 pode está no tipo de irradiação imposta as plantas. O ambiente coberto com polietileno atenua a radiação ultravioleta e propicia melhores condições de desenvolvimento vegetal (BOEGER; POULSON, 2006).

Observa-se, na Figura 22, o efeito favorável das doses de biofertilizante bovino para a matéria seca total (MST), no segundo ciclo, com um (R^2) de 0,97. Cabe destacar que o biofertilizante pode promover proliferação de microorganismos capazes de exercer efeitos benéficos sobre o crescimento das plantas (PENTEADO, 2007; SOUSA *et al.*, 2013). Resultados semelhantes obtiveram Sousa *et al.* (2012), ao constatarem efeitos positivos do biofertilizante bovino de fermentação anaeróbia em plantas de milho cultivadas em ambiente protegido.

Figura 22—Matéria seca total do morango em função de doses de biofertilizante, no segundo ciclo, Fortaleza, Ceará, 2014



De forma similar, Damatto Jr *et al.* (2006), avaliando doses de biofertilizante na cultura da alface “Vera”, observaram um crescimento linear da matéria seca total. Blank *et al.* (2007), em seu experimento com capim-limão, também constataram efeito positivo do biofertilizante para essa variável.

Trabalhos que mostraram efeito positivo do biofertilizante sobre a matéria seca foram repostados por Mesquita *et al.* (2010), em plantas de maracujazeiro amarelo, por Cavalcante *et al.* (2010), na cultura da goiabeira cultivar Paluma, e por Sousa *et al.*, (2014), na cultura do amendoim.

4.5 Variáveis de produção

Após a realização da análise de variância, os resultados mostraram que houve interação entre os ambientes e doses de biofertilizante bovino nos dois ciclos para produtividade (PROD) sendo que a massa média de fruto (MMFP) houve interação apenas no primeiro ciclo, o número de fruto por planta (NFPP) para o ambiente de cultivo no primeiro ciclo, enquanto, no segundo ciclo houve interação entre ambiente de cultivo e dose de biofertilizante (Tabela 11).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância e níveis de significância para o número de fruto por planta (NFPP), massa média de fruto (MMFP) e produtividade (PROD) em plantas de morango cultivadas em diferentes ambientes e adubadas com diferentes doses de biofertilizante bovino, Fortaleza, CE, 2013-2014

		Quadrado médio					
		2013			2014		
FV	GL	NFPP	MMFP	PROD	NFPP	MMFP	PROD
Ambientes (A)	2	75,573 **	3,561*	58,7406 **	2,1672 ^{ns}	1,981 ^{ns}	5,2097 **
Resíduo (a)	12	2,253	0,926	1,4133	1,9533	0,835	1,3319
Parcelas	14	—	—	—	—	—	—
Doses de BIO (B)	4	20,613 ^{ns}	3,528 **	3,7727 *	1,2939 ^{ns}	1,607 ^{ns}	2,666 ^{ns}
Interação A x B	8	9,523 ^{ns}	2,086 *	2,4337*	2,3475 *	0,612 ^{ns}	8,999 **
Residual (b)	48	9,316	0,901	5,1033	1,8033	1,749	1,1418
Total	74						
CV A		28,76	26,89	20,25	27,87	15,99	25,60
CV B		29,44	26,11	29,17	29,01	24,25	22,46

FV - Fontes de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; ^{ns} - Não significativo, * - Significativo a 5% pelo teste F.

4.5.1 Número de frutos por planta

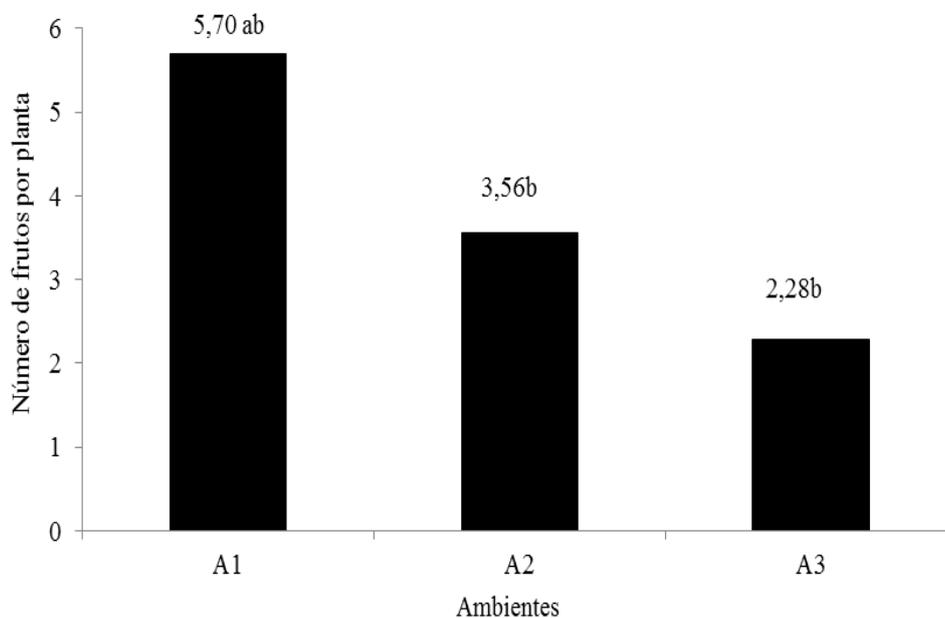
Os valores médios do número de frutos por planta (NFPP) do morangueiro estão apresentados na Figura 23, onde o A1 apresenta maior NFPP (5,7), em relação ao A2 (3,56) e ao A3 (2,28).

Os maiores valores encontrados no A1 deve está relacionado com um melhor controle da temperatura foliar e, conseqüentemente, do status hídrico da planta, de modo a permitir uma otimização da atividade fotossintética e da turgescência e assim sendo, qualquer condição que favoreça o crescimento, tais como as observadas em ambiente protegido favorecendo o florescimento a frutificação e, por fim, a produtividade (REIS, 1991; SAÚCO, 2002; CHAVARRIA; SANTOS, 2012).

Andriolo *et al.* (2010) reforçam que a menor produção de frutos nos ambientes A2 e A3 pode ser atribuída ao abortamento de flores do morangueiro devido à ocorrência de elevadas temperaturas.

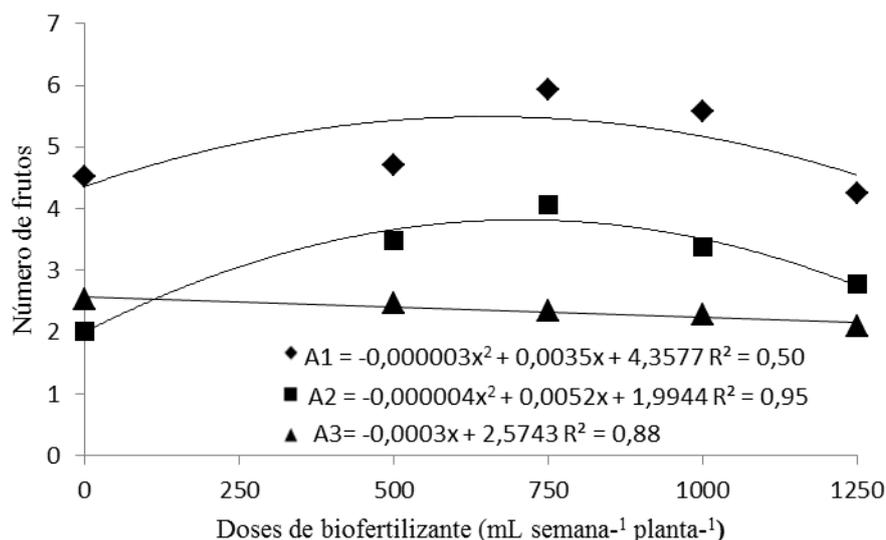
Dias *et al.* 2015 avaliando doses de biofertilizante em morangos na região serrana do Ceará obteve número de frutos de morangueiro com valor médio de 10,96 frutos por planta valores acima do encontrado neste trabalho. De acordo com Ronque (1998) os valores inferiores encontrados neste trabalho podem ser explicados em relação às características em que uma mesma cultivar de produzir frutos em uma região continuamente e por pouco tempo em outra, devido à adaptabilidade dessas cultivares as características climáticas como fotoperíodo e temperatura, ou seja, interação genótipo vs. ambiente.

Figura 23- Número de frutos por planta de morango em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo experimental. Fortaleza, CE, 2013



Na Figura 24 podemos observar que o modelo que melhor se ajustou foi o linear para o A3 e polinomial quadrático para o A1 e A2, com o número de frutos por planta máximo de (6,64) para uma dose de biofertilizante (500) e de (4,65) para uma dose de biofertilizante de (325), respectivamente.

Figura 24- - Números de frutos, em função das doses de biofertilizante bovino, por planta de morango cultivada em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2014



Valores superiores ao desse estudo foram evidenciados por Vignolo *et al.* (2011), avaliando a produção de morangos a pleno sol, que constataram que o cultivar Camarosa produziu 43,6 frutos planta⁻¹ e o Camino Real 26,5 frutos planta⁻¹ e por Pires *et al.* (2007) em ambiente protegido (85,7). Contudo, é importante considerar que esses valores expressivamente mais elevados foram obtidos em experimentos realizados em regiões com condições climáticas favoráveis a cultura.

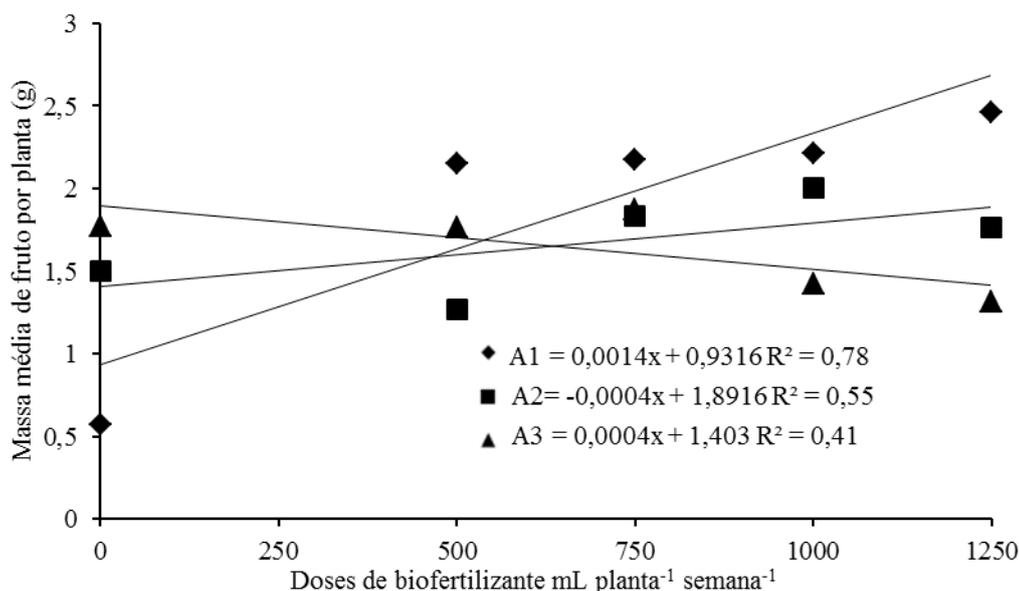
Possivelmente a baixa produção de frutos no litoral Cearense está associada à conclusão de Ledesma *et al.* (2008), onde ambientes de estresse como altas temperaturas, baixa radiação solar ou polinização deficientes, são fatores determinantes na abscisão floral e consequentemente na redução do número de frutos.

Contrariando esse estudo Dias *et al.* (2014), ao avaliar o número de frutos por planta da cultura do morango a pleno sol e em estufa do tipo telado, não encontraram respostas significativa entre os ambientes para essa variável. Trabalhando nas mesmas condições climáticas dessa pesquisa, Sousa *et al.* (2014), ao cultivar morango a pleno sol, verificaram um número de frutos superior ao deste estudo para as cultivares Oso grande (9,5) e Verão (6,45).

4.5.2 Massa média dos frutos

A interação para a massa média de frutos do morango para o primeiro ciclo experimental pode ser visualizada na Figura 25. O modelo linear foi que melhor se ajustou aos dados, sendo crescente quando cultivada no A1 e no A2 e decrescente no A3.

Figura 25 - Massa média de frutos, em função das doses de biofertilizante bovino, por planta de morango cultivada em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2013



O aumento da massa média de frutos pode ser reflexo da composição de nutrientes essenciais presentes nos biofertilizantes (Viana *et al.*, 2013). Esse maior aporte nutricional possibilita maiores taxas fotossintéticas e consequentemente, maiores quantidades de carboidratos que são alocados para os órgãos de reserva das plantas evidenciando frutos mais pesados (Santos *et al.*, 2014).

Resultados oposto ao desse estudo foram observados por Dias *et al.* (2014), ao cultivar morango a pleno sol e ambiente do tipo telado, esses referidos autores não verificaram efeito significativo para a MMF. Sousa *et al.* (2014), com a cultura do morango cultivar Oso Grande no ambiente similar ao A1 desse estudo, não encontraram uma MMF superior às condições externas.

Cabe ressaltar que trabalhos que mostram efeito positivo do biofertilizante sobre essa variável também foram descritos por Sousa *et al.* (2013), na cultura do pinhão, e por Santos *et al.* (2014), em melão cultivado a pleno sol. Por outro lado, Castro *et al.* (2003) encontraram valores de MMF abaixo desse estudo (7,76 e 7,74 g) para os cultivares Campinas e Dover, respectivamente, em cultivo orgânico.

Turemis (2002), avaliando o efeito de vários substratos orgânicos na massa média de fruto da cultivar Dorit, observou valores que variaram de 32,7g a 51,4g, muito acima dos encontrados neste trabalho, o que pode ser explicado pelo uso de substratos como esterco de aves e outros fertilizantes orgânicos.

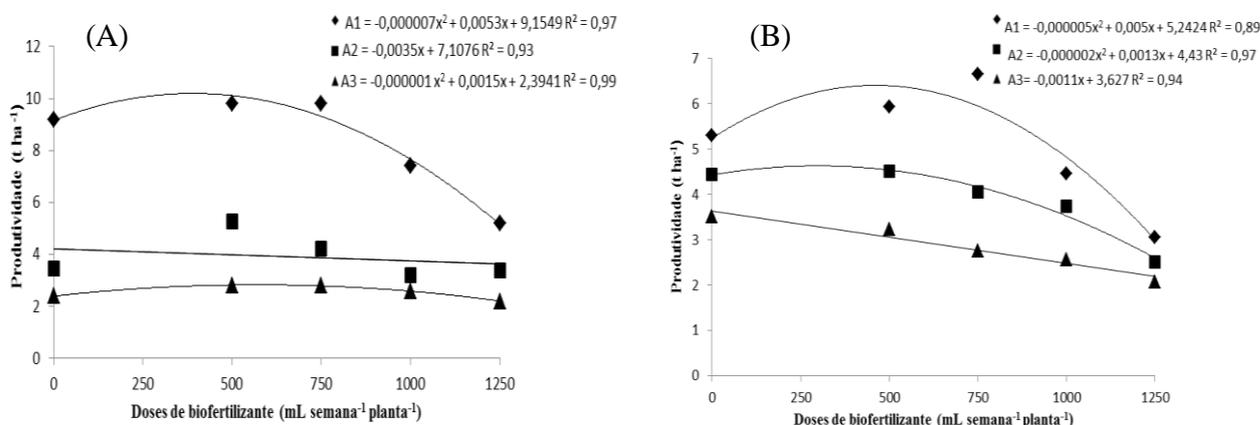
4.5.3 Produtividade

Na Figura 26 estão expostas as análises de regressão para o número de frutos em função da interação ambiente de cultivo versus dosagens de biofertilizante bovino de cultivo, nos dois ciclos de cultivo.

No ambiente A1 para o primeiro ciclo (Figura 26A) o modelo que melhor se ajustou foi o polinomial quadrático com valor máximo de 10,15 t ha⁻¹ na dose de biofertilizante bovino de 378,57 mL semana⁻¹ planta⁻¹, para o ambiente A2 o modelo que ajustou foi o linear, em que a produtividade permaneceu quase constante à medida que se aumentava a dose de biofertilizante, e no ambiente A3 no qual apresentou a menor produtividade o modelo que se ajustou foi o quadrático com valor máximo de 2,95 t ha para uma dose de 750 mL semana⁻¹ planta⁻¹. Já no segundo ciclo (Figura 26B) para os ambientes A1 e A2 a modelo que melhor se ajustou foi o quadrático obtendo valores máximos de (6,49 e 4,65 t ha⁻¹) nas doses de 500 e 325 mL semana⁻¹ planta⁻¹, respectivamente. No ambiente A3 o modelo linear decrescente foi o que melhor se adequou a essa variável, ou seja, o aumento da dose de biofertilizante proporcionou um decréscimo na produtividade.

É importante destacar, que, houve acréscimo da produtividade do primeiro para o segundo ciclo, fato este que pode ser justificado devido a ocorrência de temperaturas mais amenas no segundo ciclo, contribuindo para um melhor desenvolvimento do morangueiro e, conseqüentemente, uma melhor produção. Pois, a temperatura afeta o potencial de florescimento do morangueiro, fato observado por Resende *et al.* (2010) devido ao seu efeito na velocidade das reações bioquímicas e dos processos internos de transporte de seiva.

Figura 26- Produtividade do morangueiro, em função das doses de biofertilizante bovino, por planta de morango no primeiro (A) e segundo (B) ciclo de cultivo, cultivada em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲). Fortaleza, CE, 2013-2014



O baixo rendimento produtivo no A2, principalmente no primeiro ciclo, pode estar relacionado ao molhamento da parte aérea proporcionado pela nebulização, lavando os pólenes das inflorescências, reduzindo a taxa de fertilidade, formação do fruto e consequentemente menor a produtividade (DUARTE FILHO *et al.*, 2007).

O fraco desempenho da cultivar Oso Grande neste trabalho pode ser explicado pela baixa adaptabilidade da mesma às condições ambientais regionais, pois, além de apresentar uma produtividade baixa, a cultivar produziu frutos bem abaixo do peso. Trabalhos nas mesmas condições climáticas e com a mesma cultivar (Oso grande) dessa pesquisa, revelam resultados variáveis para a produtividade da cultura do morango como reportam Sousa *et al.* (2014) ao cultivar a cultura a pleno sol obtendo 3,2 t ha⁻¹ e por Lima (2014) ao cultivar em ambiente do tipo telado, com produtividade média de 6,7 t ha⁻¹.

Já Dias *et al.* (2014) estudando essa cultivar nas condições climáticas de Redenção, Ceará, encontraram 10,7 t ha⁻¹. Entretanto, estes valores estão bem abaixo de experimentos realizados no sul e no sudeste do Brasil. E, segundo Filgueiras (2012), a produtividade brasileira pode chegar a 80 t ha⁻¹, num cultivo bem manejado, com uma cultivar adaptada e em condições climáticas favoráveis.

Trabalhos experimentais realizados em outras regiões do Brasil relatam valores bem mais elevados, mas inferiores ao limite citado por Filgueiras (2012) quanto a

produtividade máxima. Otto *et al.* (2009), avaliando a produção de frutos de morangueiros cv. Aromas em Ponta Grossa, Paraná, em ambiente do tipo estufa alcançaram produtividade de frutos de 28.4 t ha⁻¹. Em resultado próximo, Gomes (2013), avaliando a produtividade do morangueiro em Botucatu, São Paulo, alcançou um valor máximo de produtividade de 24,32 t ha⁻¹. Já Resende *et al.* (2010), cultivando morango a pleno sol, obtiveram uma produtividade média de 43,01 t ha⁻¹. Calvete *et al.* (2003), testando nove cultivares de morangueiro em ambiente protegido, na Região de Passo Fundo/RS, obtiveram melhor adaptação das cvs. Tudla e Oso Grande, com produtividade de 44 t ha⁻¹ e 31 t ha⁻¹ respectivamente.

Apesar da baixa produtividade obtida neste estudo, observou-se que é possível se produzir morango no litoral cearense e, que, as técnicas de resfriamento possibilitam elevações no total produzido. Entretanto, necessita-se de avaliações econômicas para se avaliar a viabilidade ou não do cultivo na região.

4.6 Variáveis de pós-colheita

De acordo com o quadro de análise de variância (Tabela 12), a interação entre ambientes de cultivo e doses de biofertilizantes não influenciou o comprimento e o diâmetro do fruto e o teor de sólidos solúveis (SS) durante o primeiro ciclo de cultivo do morango a um nível de 5% de significância. Porém, houve efeito isolado dos ambientes e das doses de biofertilizante para o comprimento (CF) e o diâmetro dos frutos (DF) e dos ambientes para o SS. Já durante o segundo ciclo houve interação significativa ao nível de 5% para o CF e o DF, enquanto, o SS não foi influenciado significativamente pelos tratamentos.

Tabela 12- Resumos das análises de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores médios de comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), e sólidos solúveis (SS) do morangueiro, Fortaleza, CE, 2013-2014

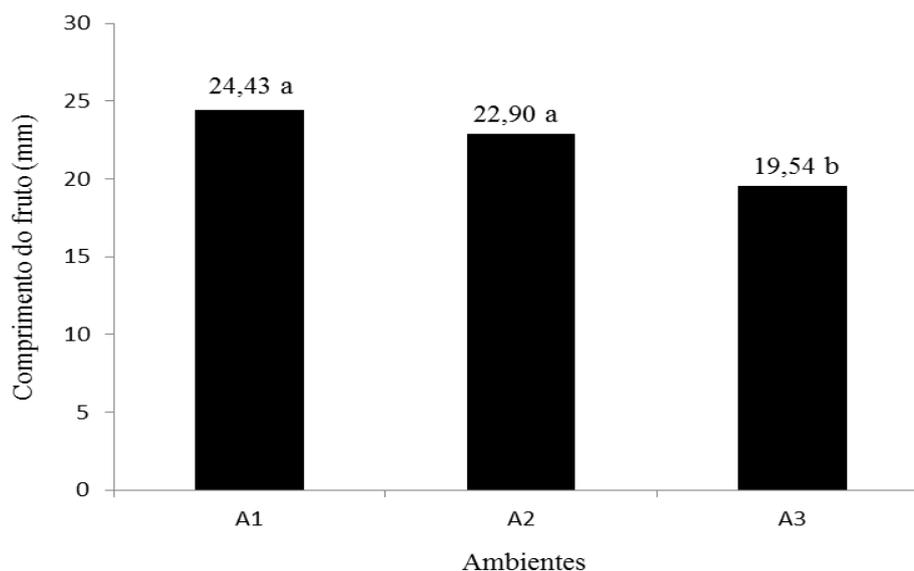
Quadrado médio							
FV	GL	2013			2014		
		CF	DF	SS	CF	DF	SS
Ambientes (A)	2	156,874**	204,820 **	37,836 **	38,384 **	22,777 *	3,166 ^{ns}
Resíduo (a)	12	7,845	3,525	1,76	4,837	4,87	0,963
Parcelas	14						
Doses de BIO (B)	4	49,401**	25,779 **	4,015 ^{ns}	4,373 ^{ns}	2,124 ^{ns}	1,674 ^{ns}
Interação A x B	8	14,554 ^{ns}	6,858 ^{ns}	3,477 ^{ns}	5,415 *	6,408 *	1,304 ^{ns}
Resíduo (b)	48	11,413	4,348	3,116	2,383	2,391	1,065
Total	74						
CV A		12,56	10,36	16,19	8,27	11,33	11,83
CV B		15,15	11,5	23,51	5,8	7,94	12,44

FV - Fontes de variação; GL - Grau de liberdade; CV-Coefficiente de variação;;; ^{ns} - Não significativo, * - Significativo a 5%, pelo teste F.

4.6.1 Comprimento do fruto

Observa-se na Figura 27 a resposta do comprimento do fruto (CF) em função das diferentes condições de ambientes durante o primeiro ciclo. A partir do teste de Tukey, verificou-se que não houve diferença estatística entre os ambientes A1 e A2, sendo que estes obtiveram os maiores valores (24,43 g e 22,90 g) respectivamente, sendo que o ambiente A3 foi o que obteve o menor valor para CF de 19,54 g.

Figura 27 – Comprimento do fruto do morangueiro em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo de produção. Fortaleza, Ceará, 2013



Vale destacar que plantas cultivadas em ambientes protegidos com diferentes luminosidades, passam por adaptações fisiológicas expressando maior desenvolvimento e produção de fotoassimilados refletindo na produção de frutos de melhor desempenho do que os obtidos a pleno sol. Para ilustrar esse efeito, na Figura 28, é possível se observar o efeito dos ambientes de cultivo sobre o comprimento do fruto.

Figura 28– Efeito dos ambientes no comprimento dos frutos do morangueiro, Fortaleza, CE, 2013



Fonte: Autora, 2013

Esse resultado reflete na informação de Sousa *et al.* (2014), onde esse maior desempenho da cultura do morango nos ambientes A1 e A2 pode estar relacionado à susceptibilidade da mesma ao abortamento de flores sob temperaturas elevadas.

Gomes (2013) obteve valores superiores ao desse estudo, onde os valores do comprimento dos frutos variaram de 25,49 a 30 mm, utilizando a mesma cultivar ('Oso Grande'), em Botucatu-SP. Guimarães (2013) também obteve superioridade utilizando diferente cultivares: 'Festival' (39,58 mm), seguida da 'Camarosa' (38,46 mm) e da 'Aromas' (33,09 mm), em Minas Gerais.

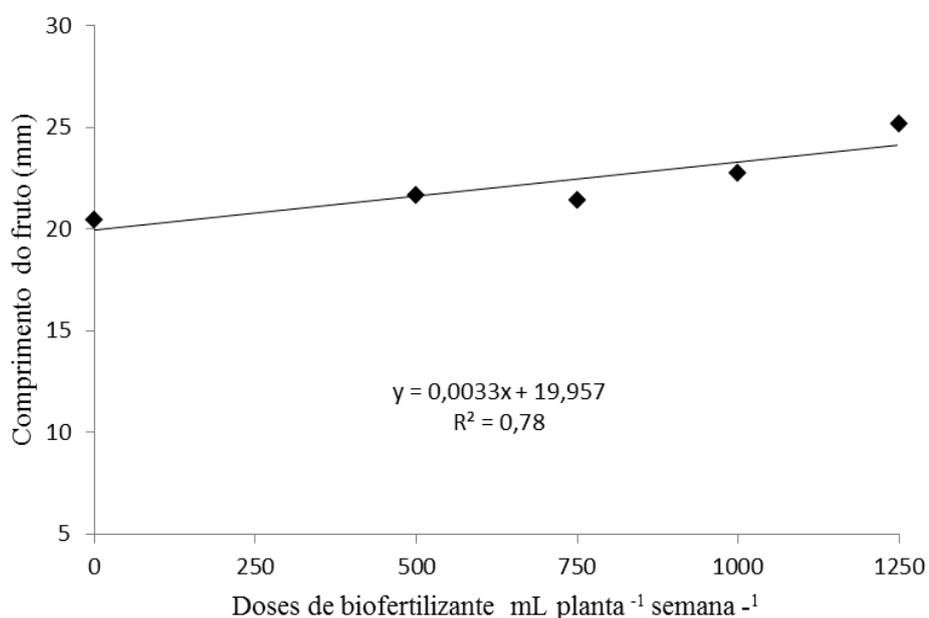
Na Figura 29 pode-se observar o efeito isolado das doses de biofertilizante sobre o comprimento do fruto (CF) no primeiro ciclo, onde o modelo linear foi o que melhor se adequou para essa variável apresentando R^2 de 0,78. Esses resultados podem

estar relacionados ao maior fornecimento de nutrientes provenientes do biofertilizante bovino nas maiores doses, durante a realização do trabalho. Cabe ressaltar que a riqueza nutricional permite um melhor desenvolvimento e rendimento das culturas (Sousa *et al.*, 2013; Viana *et al.*, 2013).

Dias *et al.*, (2014), avaliando a mesma cultivar em telado nas condições climáticas de Redenção, Ceará, encontraram resultado oposto ao desse estudo. Esses autores concluíram que o aumento da dosagem do biofertilizante bovino inibiu o CF do morango. Lima *et al.* (2013), adubando a cultura do morango com biofertilizante, não encontraram repostas significativas para o comprimento do fruto. Similarmente, Sousa *et al.* (2014), fertirrigando a cultura do morango com o potássio, também não encontraram efeito significativo para essa variável.

Vale lembrar que a produção de frutos grandes é uma característica bastante importante, pois torna a colheita um processo mais rápido, melhorando o processo de embalagem, aumentando o valor para o mercado consumidor e ainda, resultando em maiores ganhos ao produtor (Conti *et al.*, 2002). Guimarães (2013), comparando o comprimento do fruto de diferentes cultivares de morangueiro em Minas Gerais, encontrou que a cultivar Oso Grande apresentou frutos de 36,48mm, valor superior ao encontrado neste trabalho.

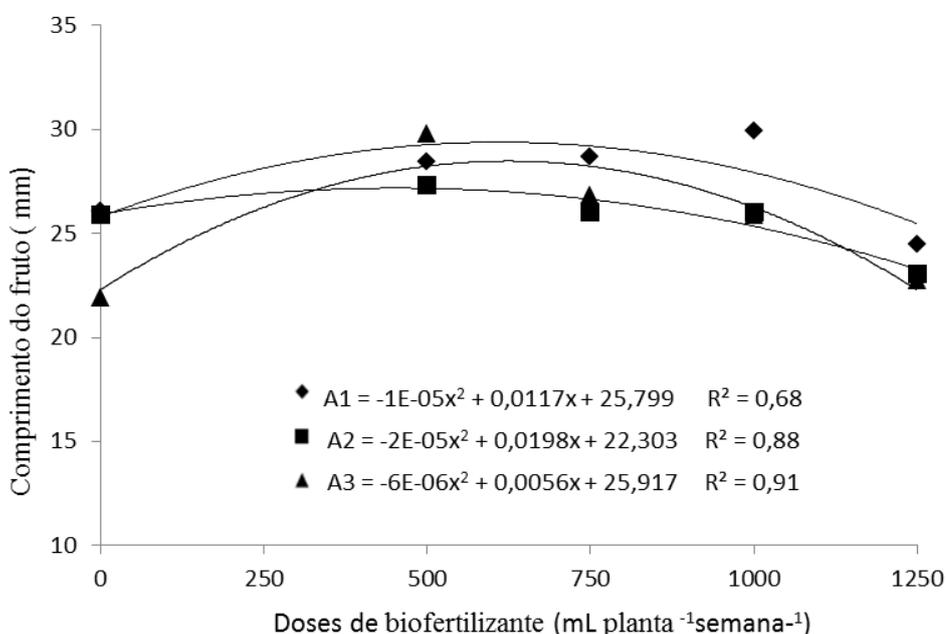
Figura 29 – Comprimento dos frutos do morangueiro, no primeiro ciclo, em função das doses de biofertilizante, Fortaleza, CE, 2013



Na Figura 30 observa-se que durante o segundo ciclo houve interação das diferentes doses de biofertilizante para o comprimento do fruto. O modelo polinomial quadrático apresentou-se como o mais adequado para o A1, A2 e A3, apresentando R^2 de 0,68; 0,88 e 0,91, respectivamente. No entanto, o máximo CF no A1 foi de 29,22 mm para uma dose de biofertilizante bovino de 585 mL semana⁻¹ planta⁻¹. Já para a condição de cultivo no ambiente A2, a dose de 370 mL planta⁻¹ semana⁻¹ foi a que proporcionou o maior CF (25,04 mm) e para o ambiente A3 a dose que proporcionou maior CF (27,22 mm) foi 466,67mL planta⁻¹ semana⁻¹.

A obtenção de maiores valores no ambiente A1 pode ser explicada pelo fato do mesmo ser o único ambiente com telado, possibilitando um microclima mais favorável em relação ao campo aberto, principalmente quanto a temperatura. Salienta-se também o fato do ambiente A1 receber ainda nebulização gelada, ter tela termorefletora e piso branco.

Figura 30 - Valores de comprimento do fruto de morango em função de doses de biofertilizante, cultivado em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲), no segundo ciclo Fortaleza, CE, 2014

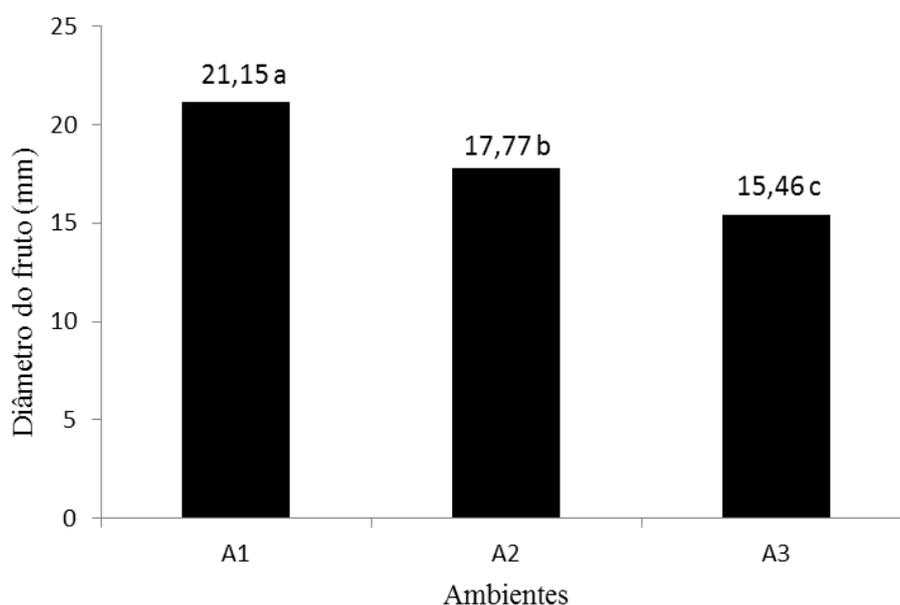


Ao se averiguar o efeito do cultivo de pimentão em estufa plástica e em campo aberto, submetido a doses crescentes de fertilizantes, Santos *et al.* (2003) verificaram que o cultivo em estufa plástica foi superior ao do campo na maioria das variáveis de crescimento avaliadas. E Yuri *et al.* (2012), estudando o comprimento do fruto do morango cultivar Oso Grande sob diferentes tipos de mulching no estado de Minas Gerais, obtiveram frutos com comprimento de 29,10 mm, superior ao observado neste trabalho.

4.6.2 Diâmetro do fruto

Nota-se, a partir do teste de média apresentada na Figura 31, que o diâmetro do fruto (DF) foi maior no ambiente A1 (21,15 mm), em relação aos outros ambientes (A2 e A3), 17,77 mm e 15,46 mm, respectivamente. Segundo Cantillano (2005), os frutos do morango são classificados em dois grupos de acordo com o diâmetro transversal, sendo que os frutos que apresentam um diâmetro superior a 25 mm pertencem à classe 1 e os frutos com diâmetro entre 10 e 25 mm, pertencem à classe 2, segundo o regulamento técnico do MERCOSUL 85/96.

Figura 31 – Diâmetro do fruto de morango em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), no primeiro ciclo de produção, Fortaleza, Ceará, 2013

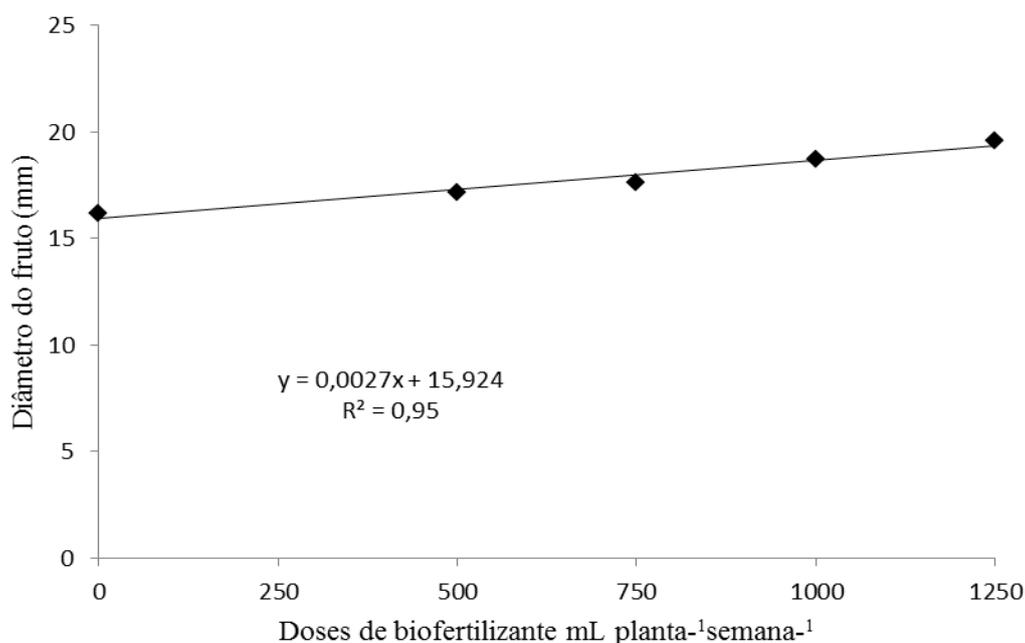


Resultados obtidos por Costa (2009), avaliando o DF de morangueiro, cultivar ‘Oso Grande’ sob telas em ambiente protegido Passo Fundo-RS, relatam morangos com diâmetro médio de 26 a 27 mm, portanto de classe 1 superior aos obtidos neste trabalho, em que predominaram frutos classificados na classe 2.

Em oposição ao resultado deste trabalho, Dias *et al.* (2014), cultivando a cultura do morango, cultivar Oso grande, em ambiente do tipo telado e a pleno sol, não encontraram respostas significativas para o DF. Já Calvete *et al.* (2008), avaliando a qualidade de seis cultivares de morangueiro conduzidos em diferentes sistemas de cultivo no Rio Grande do Sul, relatam que o maior diâmetro encontrado foi de 27,6 mm, sendo este resultado superior ao encontrado neste trabalho.

O modelo que melhor se ajustou aos dados para o DF em função das doses de biofertilizante, no primeiro ciclo, foi o linear crescente (Figura 32). Esses resultados estão de acordo com os relatos de Pinto *et al.* (2008), onde os autores informam que a aplicação de produtos orgânicos na agricultura é importante pela diversidade dos nutrientes minerais e pela ação positiva de ativador enzimático do metabolismo vegetal.

Figura 32 – Diâmetro dos frutos do morangueiro no primeiro ciclo em função das doses de biofertilizante, Fortaleza, CE, 2013

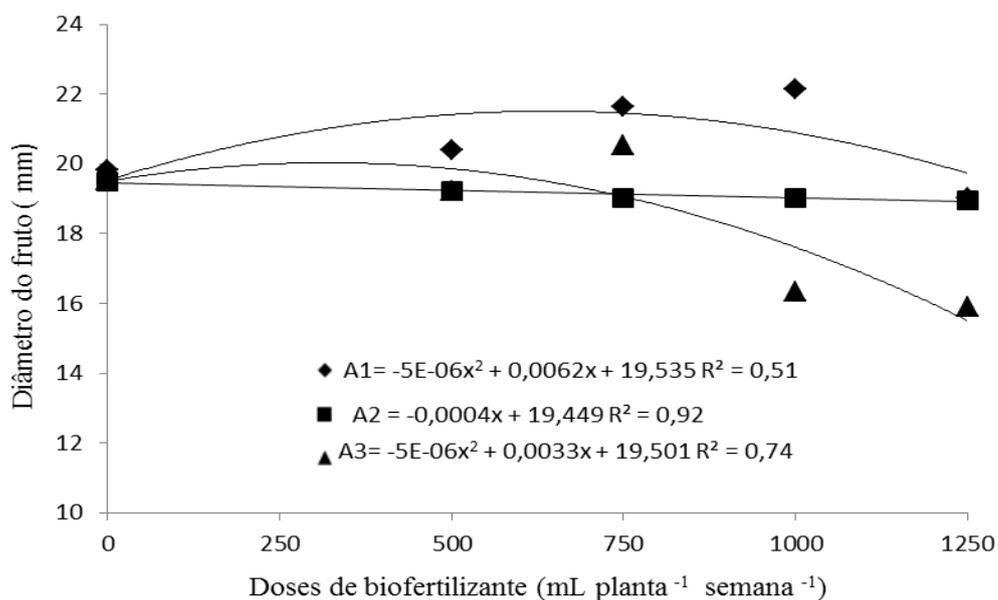


Resultado similar ao desse estudo foi registrado por Lima (2014), ao adubar a cultura do morango com biofertilizante bovino nas mesmas condições climáticas. Esse autor encontrou um DF máximo de 21 mm. Por outro lado, trabalhando com doses crescentes de biofertilizante bovino na cultura do morango, Dias *et al.* (2014) não obtiveram resultados significativos para o DF. De forma semelhante, Sousa *et al.* (2014), fertirrigando com potássio a cultura do morango, também não evidenciaram efeito significativo para o DF.

Na Figura 33, observa-se a resposta do diâmetro do fruto (DF) em função das diferentes doses de biofertilizante, no segundo ciclo. Para os ambientes A1 e A3 o modelo polinomial foi o que melhor se ajustou, com R^2 de 0,51 e 0,74, respectivamente, enquanto, para o ambiente A2 o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados, com um R^2 de 0,92.

A partir dos modelos matemáticos obtidos, estimou-se que no ambiente A1 foi onde se obteve o maior diâmetro do fruto (21,46 mm), para uma dose de biofertilizante bovino de 620 mL semana⁻¹ planta⁻¹. Já para a condição de cultivo no ambiente A2, de acordo com a equação obtida podemos observar um comportamento quase constante do diâmetro do fruto à medida que em aumentou as doses de biofertilizante. Para o ambiente A3, a dose que proporcionou o maior DF (20,05 mm) foi a de 330 mL planta⁻¹ semana⁻¹.

Figura 33 - Valores do diâmetro do fruto de morango em função das doses de biofertilizante cultivado em ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A1 (◆); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco - A2 (■); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura - A3 (▲) sob diferentes doses de biofertilizante bovino, no segundo ciclo, Fortaleza, CE, 2014



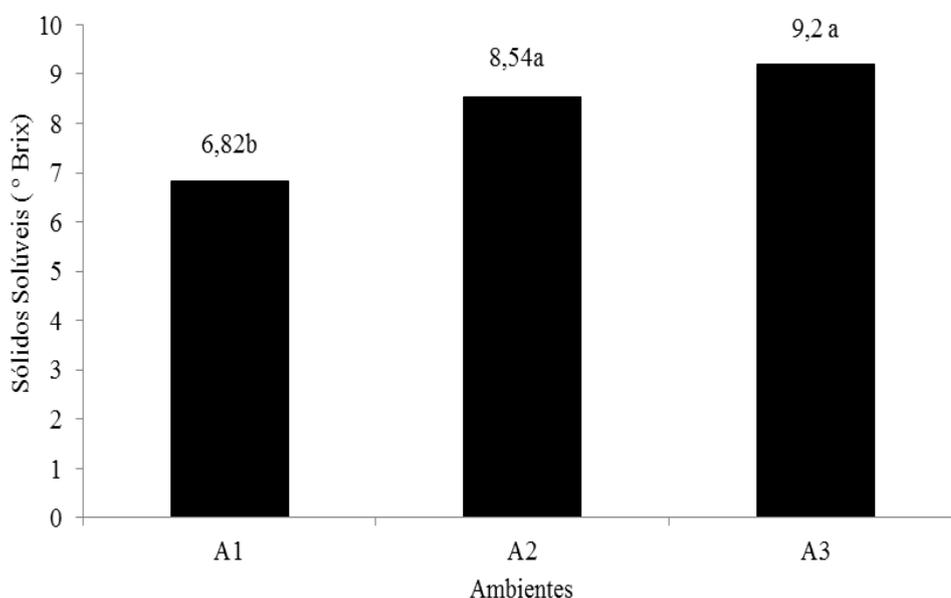
A adição de insumos orgânicos ao solo contribuirão para a melhoria física (MELLEK *et al.*, 2010), química (BUDZIAK; MAIA; MANGRICH, 2004) e biológica (ASERI *et al.*, 2008), e doses excessivas podem comprometer o comportamento vegetativo das plantas.

A maior importância do biofertilizante como fertilizante, não está nos quantitativos dos seus nutrientes, mas na diversidade da composição mineral, que pode formar compostos quelatizados e serem disponibilizados pela atividade biológica e como ativador enzimático do metabolismo vegetal (PRATES; MEDEIROS, 2001).

4.6.3 Sólidos solúveis (°Brix).

De acordo com os valores médios do teor de sólidos solúveis dos frutos de morango apresentados na Figura 34, originados do primeiro ciclo, o ambiente A2 (8,54 °Brix) e o A3 (9,2 °Brix) não diferiram estatisticamente entre si pelo teste Tukey, sendo os mesmos superiores ao A1 (6,82 °Brix). O efeito promovido nos ambientes A2 e A3, também foram reportados por Islam *et al.* (2005), estudando duas cultivares de morango. Os autores observaram que os frutos colhidos sob temperaturas mais elevadas apresentavam maiores concentrações de sólidos solúveis.

Figura 34- Valores médios do teor de sólidos solúveis dos frutos de morango em função de diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido do tipo telado, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A1); a pleno sol, com nebulização com água gelada e sobre piso branco, (A2); e a pleno sol sem nebulização e sobre piso concretado sem pintura, (A3), obtido no primeiro ciclo experimental, Fortaleza, CE, 2013



Vale destacar que os valores de sólidos solúveis obtidos estão dentro da faixa considerada ótima para a cultura do morango (4,6 a 11,9 °Brix) (KADER, 1991). O teor de sólidos solúveis é característica de interesse, principalmente para os frutos comercializados *in natura*, pois o mercado consumidor prefere frutos doces (CONTI *et al.*, 2002).

Os valores de °Brix encontrados maior a pleno sol do que em estufa, diferem dos obtidos por Virmond e Resende (2006). Esses autores ao cultivarem morango em estufa e a pleno solo obtiveram valores médios de 7,8°Brix e 7,4°Brix, respectivamente, com a cultivar Sweet Charlie. E Dias *et al.* (2015), estudando a cultura do morango, cultivar Oso grande nas condições climáticas de Redenção, constataram similaridade com os valores de °Brix obtidos neste trabalho no ambiente do tipo telado (6,77 ° Brix). No entanto, a pleno sol esses autores revelaram valores inferiores (7,8 °Brix).

Marondin *et al.* (2010), avaliando a qualidade físico-química de frutos de morangueiro das cultivares Camarosa e Sweet Charlie a pleno sol nas condições climáticas de Guarapuava- PR, encontraram valores de sólidos solúveis similares ao desse estudo (9°Brix). E Resende *et al.* (2010), cultivando a cultivar de morango Sweet Charlie em cultivo em estufa tipo túnel alto, registraram valores inferiores ao desse estudo (7,43 °Brix), bem como nos cultivos em túnel baixo (5,93 °Brix) para a cultivar Dover.

5. CONCLUSÃO

Nas condições climáticas e ambientais em que foram realizados os trabalhos experimentais, pode-se concluir que:

A maioria das características de crescimento, de produção e de pós-colheita do morango cultivado no telado apresentaram valores superiores aos obtidos em campo aberto, indicando a viabilidade de se reduzir a temperatura para uma maior eficiência no cultivo.

O uso da nebulização mostrou-se eficiente, pois os valores da maioria das variáveis analisadas mostraram-se superiores no ambiente A2, quando comparados com os obtidos em A3.

O biofertilizante bovino foi eficiente elevando a condutância estomática e transpiração nos ambientes A1 e A2.

O incremento nas doses de biofertilizante líquido no primeiro e no segundo ciclos associado às mudanças nos fatores microclimáticos do ambiente protegido, tipo telado, elevaram as médias da maioria das variáveis de crescimento, de produção e de qualidade do fruto.

Apesar das baixas produtividades obtidas neste estudo, comparadas às ocorrentes nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, observou-se que é possível se produzir morango no litoral cearense e, que, a biofertilização e as técnicas de resfriamento possibilitam elevações no total produzido. Entretanto, necessitam-se de avaliações econômicas para aferir a viabilidade ou não do cultivo do morango na região.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.L.B. **Caracterização pós-colheita de propriedades físicas e químicas de morangos produzidos sob diferentes sistemas de cultivo.** Ceará, 2013. 59p. Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- ALVES, S. B. *et al.* Trofobiose e Microrganismos na Proteção de Plantas: biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n.21, junho/agosto, p.16-21, 2001.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia da culturas protegidas.** Santa Maria: Ed. UFSM, 1999, 142p.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'exportazione in Europa. **Frutticoltura**, Bologna, v. 69, n.1 p. 60-65, 2007.
- ASERI, G. K. *et al.* Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. **Scientia Horticulturae**, v. 117, n. 01, p. 130-135, 2008.
- BALIZA, D. P. *et al.* Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de Cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. *Coffee Science*, v. 7, n. 3, p. 250-258, 2012.
- BETTIOL, W. *et al.* **Controle de doenças de plantas com biofertilizantes.** Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. 22 p. (EMBRAPA-CNPMA. Circular técnica, 2).
- BLANK, A. F. *et al.* Densidades de plantio e doses de biofertilizante na produção de capim-limão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 343-349, 2007.
- BOILY, R. **Casa de vegetação: Controle do meio ambiente.** Campinas: FEAGRI / UNICAMP, 1999. (Apostila). 73 p.
- BOULARD, T.; BAILLE, A. A simple greenhouse climate control model incorporating effects of ventilation and evaporative cooling. France: **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 65, 1993. p. 145-157.
- BOEGER, M.R.T.; POULSON, M. E. Efeitos da radiação ultravioleta-B sobre a morfologia foliar de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae). **Acta Botanica Brasílica**, Porto Alegre, v.20, n. 2, p.329-338, 2006.

BRAGA, L. Para o mundo: Ceará vai exportar morango para Europa. **Diário do nordeste**. p.146, Fortaleza-CE, 2011.

BRITO, A. A. A. **Casa de vegetação com diferentes coberturas: Desempenho em condições de verão**. 2000. 100p. TESE (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova (online)**. Curitiba. V.27.399 - 403 p. 2004.

BURIOL GA; SCHNEIDER FM; ESTEFANEL V; ANDRIOLO JL; MEDEIROS SLP. 1993. Modificações na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 1: 43-49.

CALVETE, E.O. *et al.* Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 396-401, 2008.

CALVETE, E.O. *et al.* Desempenho de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, 2003. Suplemento CD-ROM.

CALVET, A. S. F. *et al.* Crescimento e acumulação de solutos em feijão-caupi Irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.

CAMARGO, L. K. P *et al.* Caracterização química de frutos de morangueiro cultivados em vasos sob sistemas de manejo orgânico e convencional. **Semina**, v.30 p.993-998. 2009.

CAMARGO, L.S.; PASSOS, F.A. Morango. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico. Campinas: **Instituto Agronômico**, 1993. p.411-32.

CAMARGO, L.S.; PASSOS, F.A. **Morango**. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. *O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico*. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. p.411-32.

CANTILLANO, R.F.F. **Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos**. In. CARVALHO, S.P de (Coord.). Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG, p.97-105, 2006.

CANTILLANO, R.F.F. **Sistema de produção de morango**. EMBRAPA. ISSN 1890-9207. Versão eletrônica. 2005

CANTILLIANO, R. F. F.; CASTAÑEDA, L. M. F. **Análise comparativa da logística de exportação de frutas do Brasil e do Chile**. In: MARTINS, D. S (ed). *Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão*. Vitória: Incaper, 2005, p.25-39.

CASTRO, R. L. de. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. In: RASEIRA, M. do A. B. *et al.* (Eds.). **II SIMPOSIO NACIONAL DO MORANGO**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 299 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 124).

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 01, p. 251-261, 2010.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar aluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 01, p. 251-261, 2010.

CEARÁ vai exportar morango para Europa. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 20 novembro 2011. Disponível em: <<http://diariodonordeste.globo.com/materia.asp?codigo=1072392>>. Acesso em: 4 mar. 2013.

CERMEÑO, Z.S. **Estufas- entalções e manejo**. Lisboa. Litexa Editora, Ltda. 355 p. 1990.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H.P.; *Fruticultura em ambiente protegido*. **Embrapa**, Brasília, DF, 2012. 278 p.

CONTI, J.H; MINAMI K; TAVARES FCA. 2002. Comparação de caracteres morfológicos e agrônômicos com moleculares em morangueiros cultivados no Brasil. **Horticultura Brasileira**, 20: 419-423.

COSTA, C. R. **Teores de clorofila, produção e qualidade de frutos de morangueiro sob telas de sombreamento em ambiente protegido**. 2009. 126p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Produção vegetal) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

COSTA, G. G. **Produção e qualidade dos frutos de morangueiro, sob diferentes tensões de água no solo**. 2011. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de água e solo). – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

COSTA, E. *et al.* Doses de composto orgânico comercial na composição de substratos para a produção de mudas de maracujazeiro em diferentes tipos de cultivo protegido. **Eng. Agrícola**. 2010, vol.30, n.5, pp. 776-787.

DA SILVA, E. T.; SCHWONKA, F. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, CONBEA**, 2000.

DAMATTO JÚNIOR., E. R. *et al.* **Doses de biofertilizante na produção de alface**. 2006. Disponível em:
http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46_0441.pdf.
Acesso em: 5 jul, 2015.

DELEITO C. S. R. *et al.* Sucessão microbiana durante o processo de fabricação de biofertilizante Agrobio. In. FERTIBIO 2000. **Anais...** Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. 4p CD-ROM.

DIAS, C. N. **Cultivo do morango sob diferentes condições de ambientes e doses de biofertilizante na região do maciço de Baturité, Ceará**. 2014. 93p. Dissertação (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

DIAS, M.S.C. *et al.* Produção de morangos em regiões não tradicionais. In: Morango: conquistando novas fronteiras. DIAS, M.S.C. (coord.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 24 – 33, 2007.

DIAS, C. N. *et al.* Produtividade e qualidade do morangueiro sob dois ambientes e doses de biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**. v.19, n.10, p.961-966, 2015.

DUARTE FILHO, J. Cultivares de morango. In: CARVALHO, S. P. de (Coord.). Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: **FAEMG**, 2006. p. 15-22.

DUARTE FILHO, J. *et al.* Morango: conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**. 26: 20-23. 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas. Londrina: Planta, 2006. 401p. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013.

FANG, W. Greenhouse cooling in subtropical regions. **Acta Horticulture**, The Hague, v.399, p.37-48, 1995.

FAO-Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. 2011.**Agricultural Production/strawberry**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. Rosáceas- morango: um frutinho rasteiro. *In: Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3.ed. Viçosa: UFV, p.378-385. 2012.

FREIRE, J. L. O. **Crescimento e desenvolvimento de maracujazeiro amarelo sob salinidade e uso de biofertilizante e cobertura**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, 2011. 185p.

FURLAN, R.A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001. 146 p. (Tese Doutorado) - Universidade de São Paulo, SP, 2001.

GALBIATTI, J. A. **Efeito do uso contínuo de efluente de biodigestor sobre algumas características físicas do solo e o comportamento todo milho (Zea mays L.)**. Tese (Livre Docência em Engenharia Rural) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GIACOMELLI, G. A.; ROBERTS, W. Try alternative methods of evaporative cooling. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 257, p. 29-30, 1989.

GOMES, E. R. **Eficiência no uso de água e de potássio no cultivo e na produção do morangueiro**. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2013, 99 f.

GROPPO, G. A.; TESSARIOLI NETO, J.; BLANCO, C. S. G. **A Cultura do Morangueiro**. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI. Boletim Técnico n. 201, 1997, 27p.

GUIMARÃES, J.W.A. **Produção orgânica irrigada e rentabilidade do pimentão amarelo, sob diferentes ambientes e dosagens de biofertilizante**. Ceará, 2013. 134 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

GUIMARÃES, A. G. **Produtividade, qualidade e conservação pós-colheita de frutos de diferentes cultivares de morangueiro**. 2013. 98p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, 2013.

GUISELINI, C. *et al.* Manejo da cobertura de ambientes protegidos: Radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.645-652, 2010.

HORA, R.C. **Aplicação de luz na faixa do vermelho-extremo em mudas e diferentes sistemas de condução do tomateiro, em ambiente protegido**. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2003.

ISLAM, M. S. *et al.* Artificial Shading and temperature influence on anthocyanin compositions in sweetpotato leaves. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 1, p. 176-180, 2005.

JOLY, A. B. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. 11 ed. São Paulo: Nacional, 1993. 777 p.

KADER, S.; SIDHU, G. Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) growth and productivity as affected by temperature. **Hortscience**, v. 41, n. 6, p.1423-1430, 2006.

KADIR, S. *et al.* Influence of high tunnel and field conditions on strawberry growth and development. **HortScience**. 41:329–335, 2006.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004.

LEDESMA NA; NAKATA M; SUGIYAMA N. 2008. Effect of high temperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. ‘Nyoho’ and ‘Toyonoka’. **Scientia Horticulturae** 116: 186-193

LEDESMA, N. A.; SUGIYAMA. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperature stress s. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, p. 341-347, 2005.

LI, H. *et al.* Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, temperature and reflectance water index variation. **Environmental and Experimental Botany**, 2009

LIETEN, F. Methods and strategies of strawberry forcing in central Europe: historical perspectives and recent developments. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n.348, p.158-70, 1993. .

LIMA, F. A. **Cultivo de morango em ambiente tipo telado, sob manejos diferenciados de irrigação e de fertilização orgânica, nas condições climáticas de Fortaleza, Ceará.** 2014. 70p. Dissertação (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

LIMA, F. A. *et al.* Trocas gasosas em morango sob diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 62., 2013, Ceará. **Anais...**Fortaleza: SBEA, 2013. (CD-ROM).

LIMA, M. de A. *et al.* FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica** , v. 41, n. 4, p. 654-663, 2010.

MEDEIROS, M. B. **Ação de biofertilizantes líquidos sobre a bioecologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis*.** Tese (Doutoramento). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2002, 110p.

MELLEK, J. E. *et al.* Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil & Tillage Research.** v.110, p.69-76, 2010.

MESQUITA, F. O. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 02, p. 134-142, 2010.

MEXIA, *et al.* **Manual do morangueiro.** Disponível em: [http://www.inrb.pt/fotos/gca/manual do morangueiro1369212769.pdf](http://www.inrb.pt/fotos/gca/manual%20do%20morangueiro1369212769.pdf). Acesso em: 25 nov. 2014.

MONTEIRO, J.E.B.A. *et al.* Uso dos plásticos perfurados na modificação da ambiência de túneis baixos. **XXIX Congresso de Engenharia Agrícola – CONBEA**, 2000.

MONTERO, J. I. *et al.* Cooling of greenhouses with compressed air fogging nozzles. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 281, p. 199-209, 1990.

MONTERO, J.I.; ANTÓN, A. Greenhouse cooling during warm periods. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 357, p. 49-61, 1994.

MORAIS NETO, S.P. *et al.* Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.1, p.35-45, 2000.

MARODIN, J.C. *et al.* Qualidade físico química de frutos de morangueiro em função da adubação potássica. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.9, n.3, p. 50-5, 2010.

MUNNS, R. *et al.* Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.1025 - 1043, 2006.

NEVES, A. L. R. *et al.* Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.13, (Suplemento), p.873–881, 2009

NISHIYAMA, M.; KANAHAMA, K. Effects of temperature and photoperiod on flower bud initiation of Day-neutral and everbearing strawberries. **Acta Horticulturae**, v. 567, p.253-255, 2002.

NORDESTE RURAL. **Morango é a fruta da vez em Barbalha**. Disponível em: <http://tvverdesmares.com.br/nordeste-rural/morango-e-a-fruta-da-vez-em-barbalha/>. Acesso em: 24 abr.2012.

OLIVEIRA R.P; NINO AFP; SCIVITTARO WB. Mudas certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura** 108: 35-38. 2005. A Lavoura, Rio de Janeiro, v. 108, n. 655, p. 35-38, 2005.

OLIVEIRA, I.P.; ESTRELA, M.F.C. Biofertilizante do animal: potencial e uso. In: **Encontro de técnicos em biodigestores do sistema EMBRAPA**, 1983. Goiânia, Resumos... Brasília: EMBRAPA, 1984. P. 16.

OTTO, R.F, MORAKAMI,; R.K, REGHIN,; M.Y & CAÍRES EF (2009) Cultivares de morango de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura Brasileira**, 27:217-221

PALHA, M. da. G. *et al.* A planta do morangueiro. In: PALHA, M. da. GRAÇA. (Ed.). **Manual do morangueiro**. Oeiras, INIAP/EAN. n. 193, p.127. 2005.

PALHA, M.G. (2005). Manual do morangueiro. Oeiras, INIAP/EAN. **Projecto PO AGRODE & D**, nº 193. 127 p. ISBN 972-579-030-8.

PASSOS, F.A. Desenvolvimento de cultivares de morangueiro. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MORANGUEIRO, 1., 1986, 1., Campinas, 1986. **Anais...** Campinas: CATI, 1991. p. 1-14.

PENTEADO, S. R. **Adubação Orgânica: Compostos orgânicos e biofertilizantes.** Campinas: Edição do autor, 2007, 162p.

PINTO JM; GAVA CAT; LIMA MAC; SILVA AF; RESENDE GM. 2008. Cultivo orgânico do meloeiro com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação. **Revista Ceres**, 55: 280-286.

PIRES, R. C. M. *et al.* Produção do morangueiro em diferentes níveis de água, coberturas do solo e ambiente de cultivo. **Irriga**, Botucatu, v. 12, p. 338-353, 2007.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Comercialização do Morango.** Disponível em: <http://www.portaldogronegocio.com.br>. Acesso em: 15 jun.2014.

PRATES, H. S.; MEDEIROS, M. B. de. “MB-4”. **Entomopatógenos e biofertilizantes na citricultura orgânica.** Campinas: SAA/ Coordenadoria de defesa Agropecuária. 2001.

PRIMO, D. C. *et al.* Crescimento inicial e teor de nitrogênio em plantas de algodão adubadas com esterco e composto orgânico. **Anais...** In: Congresso Brasileiro de Mamona e Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB – 2010. p. 1-4.

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

REIS, G. G. dos. Crescimento e ponto de compensação lumínico em mudas de espécie florestais nativas submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 103-111, 1991.

RESENDE, J. T. V. *et al.* Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n.2, 2010.

RESENDE, L.M. A et al. Panorama da produção e comercialização de morango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.198, p.5-19, 1999.

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro:** Revisão e prática. Emater, 1998. 206 p.

- SALES, I. G. M. **Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob doses de biofertilizante e lâminas de irrigação**. 2012. 109p. Tese (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- SANTOS, A. M. dos; MEDEIROS, A. R. M. de. **Morango: Produção**. 1. ed. Série Frutas do Brasil, 40. Brasília: Embrapa Clima Temperado, 2003. 81 p.
- SANTOS, A.P.G. *et al.* Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro em função de tipos e doses de biofertilizante. **Horticultura Brasileira**. vol.32 no. 4, Vitoria da Conquista Oct./Dec. 2014.
- SANTOS, R. F. *et al.* Crescimento da cultura de pimentão cultivado na estufa plástica e no campo sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Revista Irriga**, v.8, p.250-264, 2003.
- SAÚCO, V. G. **Cultivo de frutas em ambientes protegidos: abacaxi, banana, carambola, cherimóia, lichia, mamão, manga, maracujá, nêpera**. Editor: MÂNICA, I. (Ed.). Porto Alegre: Cinco Continentes, 85p. 2002.
- SCATOLINI M. E. **Estimativa da evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa a partir de elementos meteorológicos**. Piracicaba: USP-ESALQ. 70p. 1996 (Tese mestrado).
- SEGINER, I.; OSLOVICH, I.; LINKER, R. Optimal CO₂ enrichment of greenhouses in mild climates. Greenhouses technologies. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 443, p.129-133, 1997.
- SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: **Seemann, Journal Agrometeorology**. New York: Springer-Verlag, 1979. p. 165-178.
- SHAHAK Y; GUSSAKOVSKY EE; GALE; GAELEVIN R. 2004. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae** 659: 143-161.
- SILVA, A. R. A. *et al.* Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 86-93. 2013.
- SILVA, F. L. B. da. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.383–389, 2011.

SILVA, F. L. B. da. *et al.* Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA, F.L. **Ambiência e biofertilização no cultivo orgânico de figo, em condições semiáridas**. Ceará, 2012. 134 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2012.

SOUSA G. G. *et al.* Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43 n. 2, p.237-245, 2012.

SOUSA, G. G. *et al.* Fertirrigação com biofertilizante bovino: Efeitos no crescimento, trocas gasosas e na produtividade do pinhão-manso. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife. v. 8, n. 3, p. 503-509, 2013.

SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MESQUITA, J. B. R.; VIANA, T. V. A. Características agronômicas do amendoimzeiro sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 2, p. 124-132, maio-agosto, 2012.

SOUZA, J. L. de.; PREZOTTI, L. C. Estudos dos solos em função de diversos sistemas de adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 248, 1997.

SOUZA, T. C. et al. Leaf plasticity in successive selection cycles of ‘Saracura’ maize in response to periodic soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 16-24, jan. 2010.

SOUSA NETO, O. N. *et al.* Produção de alface hidropônica e microclima de ambiente protegido sob malhas termo-refletores. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 84-90, 2010.

SPECHT, S; BLUME, R. Competitividade e segmento de mercado à cadeia do morango: algumas evidências sobre o panorama mundial e Brasileiro. In: SOBER 47 ° Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...**Porto Alegre, 2009.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: ARTMED. 2009. 719 p.

TUREMIS, N. The effects of different organic deposits on yield and quality of strawberry cultivar Dorit 216. **Acta Horticulturae** , n. 567, p. 507-510, 2002.

UENO, B. Manejo integrado de doenças do morango. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.69-77.

VAREJÃO-SILVA, M. A., 2006. **Meteorologia e Climatologia**. Recife, Versão Digital 2, 2006. Disponível em: [http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce5702/Meteorologia eClimatologiaVD2Mar2006.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce5702/Meteorologia%20eClimatologiaVD2Mar2006.pdf) pdf >. Acesso em : 10 out. 2015.

VIANA, T. de A. *et al.* Trocas gasosas e teores foliares de NPK em meloeiro adubado com biofertilizantes. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p. 595-601, 2013.

VIANA, T.V.A. **Evapotranspiração obtida com o sistema razão de Bowen e um lisímetro de pesagem em ambiente protegido**. 2001. 138 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VICENZI, R. **Processamento mínimo de morangos (Fragaria x ananassa, Duch) tratados com radiação UV-C durante o cultivo**. 2014. 106 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas, 2014.

VIGNOLO, K. G. *et al.* Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1755-1761, 2011.

VILANOVA, C.; SILVA JUNIOR, C. D. Avaliação da trofobiose quanto às respostas ecofisiológicas e bioquímicas de couve e pimentão, sob cultivos orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 1, p. 127-137, 2010.

VIRMOND, M.F.R.; RESENDE, J.T.V. de. Produtividade e teor de sólidos solúveis totais em frutos de morango sob diferentes ambientes de cultivo. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, v. 1, p. 62-69, 2006.

YURI, E. J. *et al.* 2012. Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. **Horticultura Brasileira**, 30: 424-427