

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CEBOLA EM
AMBIENTE ENRIQUECIDO COM CO₂**

JULIANE RAFAELE ALVES BARROS

**PETROLINA, PE
2016**

JULIANE RAFAELE ALVES BARROS

**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CEBOLA EM
AMBIENTE ENRIQUECIDO COM CO₂**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a
obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

**PETROLINA, PE
2016**

JULIANE RAFAELE ALVES BARROS

**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CEBOLA EM
AMBIENTE ENRIQUECIDO COM CO₂**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IF
SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural, exigido
para a obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: ____ de _____ de ____.

Professor (Membro da banca examinadora)

Professor (Membro da banca examinadora)

Professor (Orientador)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do aumento do CO₂ na emergência de sementes, crescimento de mudas e produção de cebola. O experimento foi conduzido em câmaras de crescimento com controle de umidade, temperatura, fotoperíodo e CO₂. As sementes foram semeadas e mantidas 390ppm e 770ppm de CO₂ e no regime de temperatura de 18 °C - 24 °C - 30 °C. Para avaliar a germinação das sementes foram realizadas contagens diárias de sementes germinadas durante 12 dias. As variáveis avaliadas foram: germinação (G), velocidade de germinação (VG) índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG). Para o crescimento das mudas, 12 plântulas de cebola foram transplantadas da bandeja para saco plástico e após 40 dias 6 mudas foram retiradas do saco para avaliação do crescimento. As mudas restantes foram mantidas no saco até o ponto ideal da colheita, variando de 134 a 140 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 36 sementes para cada cultivar, em esquema fatorial 2x2 (cultivares x concentração de CO₂ cebola). Foi realizada a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. O aumento da [CO₂] promoveu maior porcentagem de germinação para cultivares GVS e Luana 78,47% e 84,02% respectivamente. O incremento da [CO₂] influenciou na VG das sementes das cultivares Atacama e Aquarius. As cultivares GVS e Luana, apresentaram maior índice a 770 ppm. O menor TMG também foi para as cultivares Atacama e Aquarius. O aumento da concentração de CO₂ influenciou apenas o peso seco da parte aérea e da raiz da cultivar Andromeda, reduzindo o peso na concentração de 770 ppm. Andromeda apresentou maior comprimento e a cultivar Azteca o menor comprimento de plântula. A cultivar Andromeda também apresentou maior peso fresco da parte aérea e menor peso fresco foi observado para as cultivares Azteca e Luana. O aumento da concentração de CO₂ apresentou um efeito fertilizante para a cebola, com produção de 61 t/ha. E os maiores valores de produção foram verificados para as cultivares Predileta, Andromeda, GVS e Luana. Quando produzida em ambiente com a concentração de CO₂ atual (390 ppm), a produção foi de 24 t/ha.

Palavras-chave: *Allium cepa* L., dióxido de carbono, mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por renovar a cada momento minhas forças e perseverança ao longo dessa jornada. Por nunca ter permitido que eu desistisse, por sempre me levantar a cada tropeço, por me fazer enxergar que há mais estrada em meu coração do que medo em minha cabeça, que há mais chão nos meus olhos do que cansaço em minhas pernas.

À minha família, minha base, agradeço por me mostrar que posso e consigo ir mais além, pela confiança que em me depositaram, por estarem sempre ao meu lado, por me encorajarem a seguir em frente nessa jornada. Agradeço que por mais que estejam longe nunca deixaram de se fazer presentes.

Agradeço a minha turma por terem feito essa caminhada mais divertida, menos pesada. Agradeço pela ajuda nos momentos difíceis, pelos risos nos momentos de angústia... Por sempre dizerem que TUDO DARÁ CERTO... Pois Dará.. Não chegamos até aqui por nada... Deus tem um propósito para cada um de nós... E fico feliz em dizer que apesar de todas as diferenças, encontrei em vocês uma família... Família Ag.05.

Ao IF Sertão e seu corpo docente, pela oportunidade, por não terem desistido de seus objetivos, por nos terem aberto uma nova janela.

Agradeço a todos os amigos pelo apoio, em especial a Maydara, por toda ajuda na execução do trabalho, pelo companheirismo e parceria.

À Francislene pela oportunidade, por toda compreensão, por ter acreditado em mim, por todo conhecimento e experiência compartilhada. Admiro sua competência profissional e mais ainda como pessoa.

Agradeço a banca examinadora por ceder parte de seu tempo para contribuir com meu trabalho.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para minha formação.

Muito Obrigada!!

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Página

Figura 1: Aumento da concentração na atmosfera de Dióxido de Carbono (CO ₂).....	12
Figura 2: Aumento da temperatura, cenário otimista (azul) e pessimista (vermelho) para até o ano de 2100.....	13
Figura 3: Câmara de crescimento tipo Fitotron para a realização de experimentos com controle de temperatura, luz, umidade e concentração de CO ₂	17
Figura 4: Bulbos expostos à luminosidade.....	20
Figura 5: Bulbos com diâmetro inferior a 35 mm (refugo) (A); Bulbos com diâmetro superior a 35 mm (comercial) (B).....	20
Figura 6: Altura da parte aérea e raiz de mudas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO ₂	26
Figura 7: Peso fresco e seco da parte aérea de mudas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO ₂	26
Figura 8: Peso fresco e seco da raiz de mudas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO ₂	27
Figura 9: Produção de cebola submetida a diferentes concentrações de CO ₂	28
Figura 10: Cultivares de cebola submetida a diferentes concentrações de CO ₂	29
Tabela 1. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores de Porcentagem de germinação (G), Tempo médio de germinação (TMG), Velocidade de germinação (VG), Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de plantas de diferentes cultivares de cebola submetidas a 390ppm e 770ppm de CO ₂	21
Tabela 2. Germinação (G), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de dez cultivares de cebolas submetidas a diferentes concentrações de CO ₂	23

Tabela 3. Peso de plântulas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO₂..25

Tabela 4. Comprimento e peso fresco de plântulas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO₂.....24

Tabela 5. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores da Produção de cebola em câmaras de crescimento submetida a diferentes concentrações de CO₂.....28

SÚMARIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	08
2.REFERENCIAL TEÓRICO	09
2.1. Importância econômica da cebola	09
2.2. Clima e a produção de cebola.....	11
2.3. Mudanças Climáticas e seus impactos na produção agrícola.....	12
3. Objetivo	16
4. Material e Métodos	17
5. Resultados e Discussão	21
5.1. Efeito do CO ₂ sobre a germinação das sementes de cebola.....	21
5.2. Efeito do incremento de CO ₂ sobre o comprimento e peso de plântulas de cebola.....	24
5.3. Efeito do incremento de CO ₂ sobre a altura e peso de mudas de cebola.....	28.
5.4. Produção de cebola submetida a diferentes concentrações de CO ₂	30
6. Conclusões	30
7. Referência Bibliográfica	31

1. INTRODUÇÃO

O quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) afirmou que a concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera aumentou de 290 para 391 ppm (partes por milhão), com previsão de aumento para 580 ppm até 2100 (IPCC, 2013). Este aumento se deve, principalmente, em decorrência da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento.

O dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso são os principais gases de efeito estufa. Entretanto, a contribuição do dióxido de carbono é bem maior quando comparada com os outros gases, uma vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa em torno de 60% do total das emissões de gases de efeito estufa (IPCC, 2007; IPCC, 2013).

Como consequência, o incremento da concentração dos gases de efeito estufa pode promover a elevação da temperatura média do ar de 2 a 5,8°C nos próximos 100 anos. (IPCC, 2007).

A produção agrícola pode sofrer efeitos diretos das mudanças climáticas, interferindo nas diferentes etapas do sistema de produção, como o desenvolvimento e o crescimento das plantas. Segundo Beltrão e Oliveira (2008), o incremento de CO₂ atmosférico em curto prazo traz efeitos positivos na produtividade das culturas, devido ao aumento da taxa fotossintética e diminuição na transpiração, isso ocorre devido o dióxido de carbono ser o substrato primário para a fotossíntese, levando assim a um maior crescimento do vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2009), além disso, a fertilização carbônica incrementa a atividade metabólica da planta, aumentando a absorção total de CO₂ e seu vigor, o que significa uma melhoria da qualidade da planta (DURÃO e GALVÃO, 1995). Entretanto, o aumento na concentração de CO₂ associado ao aumento da temperatura do ar poderá afetar negativamente a fisiologia e o crescimento das plantas (STRECK, 2005), promovendo um encurtamento no ciclo do crescimento e aumento da respiração do tecido da planta, refletindo diretamente no desenvolvimento do vegetal e resultando em geral, prejuízos para os agroecossistemas.

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das hortaliças mais produzida no mundo e se destaca pelo volume de produção, pelo consumo e valor econômico (OLIVEIRA, 2013). O cultivo da cebola no Brasil tem uma grande importância socioeconômica,

uma vez que é cultivada por pequenos agricultores, necessitando de grande quantidade de mão de obra, gerando emprego e renda (EL BALLA et al., 2013).

No Brasil, a cebola é produzidas nos Estados de Santa Catarina-SC, São Paulo-SP, Bahia/Pernambuco-BA/PE, Minas Gerais-MG, Paraná-PR e Rio Grande do Sul-RS. Entretanto, o Nordeste apresenta grande vantagem com relação à produção, pois é a única região brasileira que consegue ofertar o produto durante todos os meses do ano, devido à favorabilidade das suas condições climáticas. Esta vantagem permite aos produtores da região programar suas safras para os meses do ano quando, historicamente, ocorre menor oferta do produto no mercado e, conseqüentemente, os preços estão mais elevados (RESENDE e COSTA, 2007).

Na literatura poucos são os trabalhos que avaliam os efeitos as mudanças climáticas na produção de cebola. Segundo Gioria et al., (2011), a faixa de temperatura entre 20 a 25°C é favorável para a germinação e o desenvolvimento da cebola. Em experimento em condições controladas, Pinheiro et al., (2014) verificaram que temperaturas acima de 30°C afetaram negativamente a velocidade de germinação e aumentaram o tempo médio de germinação para as sementes de cebola. O processo de bulbificação ocorre com temperatura de 20 a 30°C, sendo que temperaturas acima de 35°C aceleram o desenvolvimento e maturação de bulbo, e a formação de bulbos pequenos (Gioria et al., 2011). Entretanto, no Brasil ainda não foram realizados estudos para avaliar o efeito do aumento da concentração de dióxido de carbono e da temperatura na produção. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do aumento da concentração de CO₂ na germinação, no desenvolvimento e na produção da cebola.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância Econômica da Cebola

A cebola pertence à família *Alliaceae*, e ao gênero *Allium* e espécie *Allium cepa* L. Além da cebola, o gênero *Allium* inclui outras espécies de importância econômica como o alho (*A. sativum* L.), o alho porró (*A. ampeloprasum* L. var. *porrum* (L.) J. Gay), a cebolinha (*A. fistulosum* L.), porém dentre essas espécies, a cebola é a mais

importante quanto ao volume de produção e valor econômico (RESENDE e COSTA, 2007).

No que se refere ao centro de origem da cebola, persistem dúvidas, pois ainda não foram encontradas espécies selvagens de *Allium cepa*. A maioria dos botânicos aponta a Ásia Central como o seu provável centro de origem ou primário. Esta região foi assim considerada devido à grande diversidade de invasoras do gênero *Allium* encontrada nessa área (KILL et al., 2007).

A planta apresenta cerca de 60 cm de altura com folhas grandes dispostas alternadamente em duas fileiras, podendo ser cerosas ou não. As bainhas foliares, nas quais as folhas se inserem, projetam-se acima da superfície do solo e formam uma estrutura firme, comumente chamada de caule, mas que, na realidade, é um pseudocaule (KILL et al., 2007). O caule verdadeiro está localizado abaixo da superfície do solo, sendo este um disco compacto com formato cônico, situado na base inferior do bulbo de onde partem as raízes (FILGUEIRA, 2008).

Quando a planta é induzida a florescer, a gema apical para de emitir primórdios foliares e inicia a formação da inflorescência, com subsequente alongação da haste ou escapo floral. A altura das hastes florais varia de 0,5 a 1,5 m. Cada planta pode emitir de 1 a 20 hastes florais, dependendo do número de gemas laterais existentes no caule (KILL et al., 2007).

Os Estados da Bahia e Pernambuco são grandes produtores de cebola, principalmente, a região do submédio do Vale do São Francisco. Nesta região destacam-se as cidades de Casa Nova, Juazeiro e Sento Sé, na Bahia Belém e São Francisco e Cabrobó, em Pernambuco. Estas cidades são produtoras importantes de cebola, porém também outras cidades desta Região contribuem para elevar a produção desta olerácea. Em razão das peculiaridades do clima e do solo, o cultivo da cebola no semiárido objetivando elevadas produções, é dependente de práticas de irrigação. Para Grangeiro et al., (2008), as condições edafoclimáticas do Nordeste apresenta grandes vantagens quando comparada com as demais regiões do país, uma vez que permite o plantio durante o ano todo.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), o Brasil, em 2012 obteve uma produção de 1.444.146 toneladas de cebola em uma área de 58.496 hectares, alcançando um rendimento médio de 24,7 t/ha. A produtividade média obtida no Nordeste foi de 25,7 t/ha, cuja produção representa 21,7% da produção nacional. Os Estados da Bahia e Pernambuco são os maiores

produtores do Nordeste com produtividade média de 29,1 e 20,4 t/ha, respectivamente. Em 2015, a produção de cebola no Nordeste foi de 349,973 toneladas, sendo 29,430 t/há no estado de Pernambuco e 320,543 t/ha no estado da Bahia (AGRIANUAL, 2016).

2.2. O clima e a produção de Cebola

A cebola é uma planta bienal, apresentando uma fase vegetativa que culmina com a formação do bulbo, e uma fase reprodutiva, onde se dá o florescimento e, subsequentemente, a produção de sementes (RESENDE et al., 2007).

A temperatura influencia na germinação de sementes atuando, tanto na velocidade de absorção de água, quanto nas reações bioquímicas do metabolismo germinativo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Segundo Dousseau et al. (2008), temperatura superior à temperatura ótima para a germinação promove a desnaturação de proteínas essenciais ao processo germinativo, refletindo diretamente nas reações enzimáticas das sementes, prejudicando não só a porcentagem como também a velocidade da germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Nas plântulas e plantas jovens em desenvolvimento, a elevação da temperatura pode interferir diretamente no metabolismo das plantas, alterando a velocidade das reações químicas e a atividade das enzimas que participam deste processo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A formação dos bulbos é acelerada em temperaturas elevadas, ocorrendo o inverso em condições de temperaturas muito baixas. Porém temperaturas acima de 32°C na fase inicial de desenvolvimento das plantas podem provocar a bulbificação prematura. Segundo Resende et al., (2007), temperaturas em torno de 15,5 a 21,1°C promovem a formação de bulbos de melhor qualidade e de maior produção.

Segundo Costa et al. (2012), a temperatura tem influência direta na produção de cebola, podendo afetar desde a duração do ciclo até a capacidade de absorção de nutrientes. Estudos realizados com aumento da concentração de CO₂ verificaram um aumento de 29 a 51 % na produção de cebola (DAYMOND et al., 1997) e um aumento no teor de carboidratos dos bulbos (WHEELER et al., 2004) em plantas crescidas com enriquecimento de CO₂.

O florescimento em cebola é condicionado, por temperaturas baixas, na faixa de 9 a 13°C (BREWSTER, 1977; 1982; CURRAH e PROCTOR, 1990). A necessidade de frio para induzir o florescimento é a principal dificuldade na produção de sementes de cebola em regiões de clima tropical (KIMANI et al., 1994).

2.3. Mudanças Climáticas e seus impactos na produção agrícola

Mudanças climáticas é a variação do clima em escala global ou dos climas regionais da Terra ao longo do tempo. Estas mudanças sempre ocorreram no planeta de forma natural, porém com o tempo o homem passou a ter influências sobre essas mudanças. Após a Revolução Industrial no século XIX essas alterações foram intensificadas, causando alterações na atmosfera terrestre, isso vem ocorrendo devido à emissão de gases que estão associados ao uso indevido da terra e a emissão de combustíveis fósseis, e isso ao longo dos tempos vem favorecendo as mudanças climáticas. Dentre os gases, encontra-se o metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO) liberados para a atmosfera (LIMA, 2002), destacando-se o dióxido de carbono (CO₂), isso porque nos últimos 250 anos, a concentração deste gás aumentou de 290 para 391 ppm (partes por milhão), e continua aumentando como mostra a (Figura 1), que após a Revolução Industrial a emissão de CO₂ foi intensificada, com previsão de aumento para 580 ppm até 2100 (IPCC, 2013), o que seria o dobro da concentração existente na atmosfera antes da industrialização (IPCC, 2007, 2013).

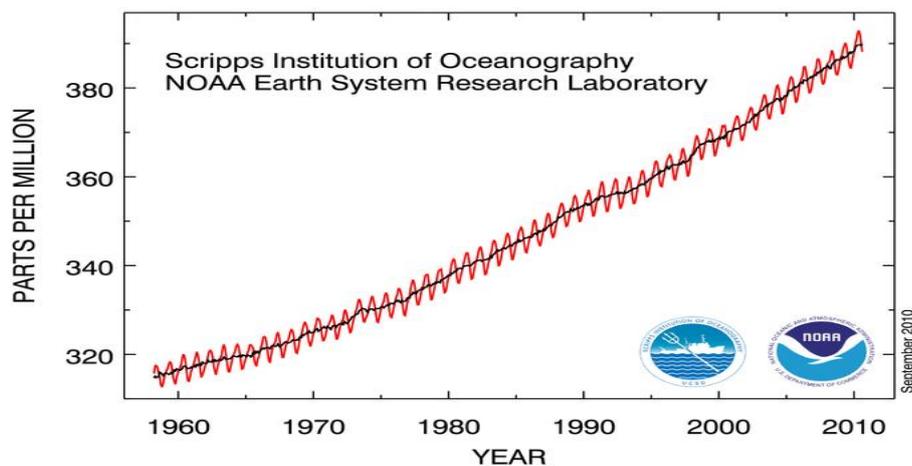


Figura 1. Aumento da concentração na atmosfera de Dióxido de Carbono (CO₂).

Estes gases de efeito estufa são essenciais à vida na terra, pois permitem a entrada de radiação de ondas curtas na atmosfera, absorvendo aproximadamente 90% da energia da radiação infravermelha proveniente da terra, que é irradiada de volta ao espaço, contribuindo para o aquecimento da atmosfera e proporcionando a temperatura necessária para a vida no planeta. Entretanto, a adição de gases industriais aos gases atmosféricos originais tem contribuído para o aumento excessivo da temperatura (LARCHER, 2000).

O crescente aumento da concentração de CO₂ na atmosfera tem promovido um aumento na temperatura média do ar (STRECK, 2005), e este incremento exerce influência no clima (LARCHER, 2000) e está diretamente relacionado aos aumentos da temperatura em diversas regiões da Terra (GITAY et al., 2002).

O IPCC observou que durante o século XX, a temperatura média da atmosfera aumentou em torno de $0,6^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, e estimam que a temperatura global aumentará de 2 a $5,8^{\circ}\text{C}$ nos próximos 100 anos. Na (Figura 2) o IPCC mostra dois cenários para o aumento global da temperatura, sendo um cenário otimista e um pessimista, variando entre 2 graus, para mais ou para menos. A década de 1990 foi a mais quente desde que as primeiras aferições foram efetuadas no final do século XIX (IPCC, 2007; IPCC, 2013). Segundo as projeções climáticas, para a primeira metade deste século, Siqueira et al. (2000) informaram que os níveis de CO₂ passarão de 360 para 555 ppm aproximadamente, por conseguinte este acréscimo elevará a temperatura média do ar a 5°C na região Nordeste.

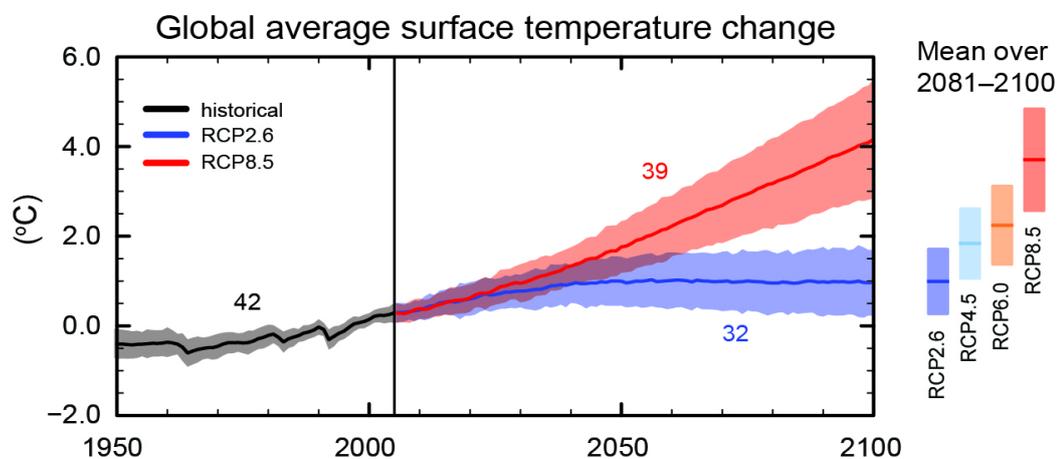


Figura 2. Aumento da temperatura, cenário otimista (azul) e pessimista (vermelho) para até o ano de 2100.

Nas plantas, as mudanças climáticas podem causar aumento na frequência e na intensidade dos estresses diretos causados pela alta temperatura, por exemplo, o aumento na temperatura pode alterar a distribuição geográfica das espécies, o ciclo de vida das pragas, bem como a expansão de pragas e doenças dos trópicos para as regiões temperadas (BEBBER et al., 2013). Além disso, o aumento da temperatura pode provocar ampla alteração nos padrões fotossintéticos determinados nas plantas superiores (IPCC, 2014). Limitações na cadeia de transporte de elétrons e na capacidade da rubisco devem ser mais comuns com as condições do aumento da temperatura e de CO₂ esperados até o final do século XXI (SAGE e KUBIEN, 2007).

A importância da interação entre o clima e a produção agrícola é milenar e, devido às mudanças climáticas, esta interação vem gerando preocupação a nível mundial, representando assim um dos maiores desafios para a humanidade. Pois apesar dos avanços tecnológicos, ainda ocorrem impactos negativos sobre a produtividade, sendo bastante complexa a relação dos fatores climáticos e produção agrícola (ORTOLANI e TARIFA, 1978). E de acordo com Santos et al., (2013), a redução da produtividade e de áreas favoráveis à produção agrícola, além do aumento da incidência de pragas e doenças, caracterizam apenas algumas das consequências das mudanças climáticas na agricultura.

As variáveis climáticas, como temperatura, pluviosidade, umidade e radiação solar, são fatores que influenciam na produtividade agrícola, e podem afetar o desenvolvimento e o crescimento das plantas em diversas fases do ciclo da cultura. Os principais efeitos das alterações desses fatores sobre a agricultura certamente ocorrem sobre a produtividade, e também influenciará na forma de manejo das culturas, como por exemplo, na frequência da irrigação, no controle de pragas e doenças. Além disso, as mudanças climáticas podem refletir nos aspectos sociais, econômicos e políticos (LIMA, 2002). A vulnerabilidade do sistema agropecuário aos efeitos das mudanças climáticas ainda é um assunto pouco estudado no Brasil, todavia é de grande interesse devido à sua contribuição econômica.

De acordo com Galon et al, (2010), a elevação da concentração de CO₂ pode potencializar a produção das plantas em função da maior atividade fotossintética, com decréscimo na taxa de fotorrespiração e transpiração. De acordo com Taiz e Zeiger (2009), as plantas do tipo C3 (leguminosa), como é o caso da cebola, respondem melhor ao aumento de dióxido de carbono do que as plantas do tipo C4

(gramíneas). No entanto, com o aumento da temperatura, as plantas podem diminuir a atividade metabólica e aumentar a respiração, influenciando diretamente no crescimento e no desenvolvimento das mesmas. Como consequência do aumento da temperatura em até 5,8 °C poderá ocorrer alteração na duração do ciclo de cultivo, na qualidade dos frutos por meio do acúmulo de açúcares, aumento de abortamento de flores, entre outros (ANGELOTTI et al, 2009). Em plantas C3, expostas à temperatura e à intensidade luminosa ótimas, a taxa de assimilação líquida de dióxido de carbono em níveis de CO₂ abaixo da pressão atual do ambiente de 370 µbar é normalmente limitada pela capacidade da rubisco, pelo contrário, acima de 370 µbar, a taxa de assimilação líquida de CO₂ normalmente limita a capacidade de um dos processos que contribuem para a regeneração da ribulose 1,5-bisfosfato (RuBP) (SAGE e KUBIEN, 2007; VON CAEMMERER, 2000).

YOON et al. (2009) sugerem que seria benéfico o estudo de interação dos efeitos de concentração de CO₂ e da temperatura ao longo do ciclo da cultura, porque a magnitude e direção da resposta de cada fator ambiental pode variar com o estágio de desenvolvimento da cultura. Estes autores ainda afirmam que compreender a resposta linear e não linear do crescimento e desenvolvimento das plantas submetidas a altas concentrações de CO₂ sob baixa ou alta temperatura pode prover uma predição mais acurada do comportamento da cultura em determinada condição ambiental.

3. OBJETIVO

Avaliar o impacto do aumento da concentração de CO₂ na germinação, no desenvolvimento e na produção da cebola.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Embrapa Semiárido em Petrolina-PE, no período de março de a julho de 2016. Sendo em conduzido em duas câmaras de crescimento, do tipo Fitotron, com controle da temperatura, umidade, CO₂ e fotoperíodo. As câmaras de crescimento apresentam, dimensões de 3,10m comprimento x 1,90 m largura x 2,50 m altura e a fonte luminosa constituiu-se de lâmpadas fluorescentes (40W) e incandescentes (100W) na proporção 4:1, fornecendo um total de 400,68 W m⁻². As fontes de CO₂ utilizadas foram cilindros pressurizados com 99,8% de CO₂, 58,3 Kg F.cm⁻² (Figura 3).

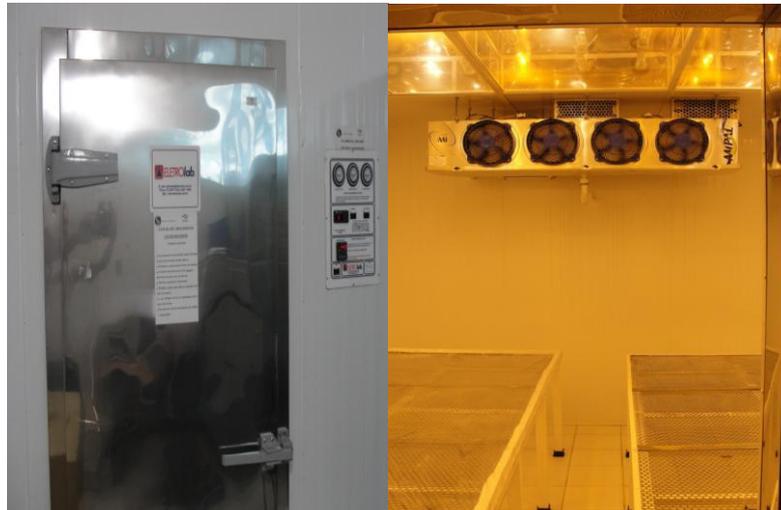


Figura 3. Câmara de crescimento tipo Fitotron para a realização de experimentos com controle de temperatura, luz, umidade e concentração de CO₂.

Para o experimento foram utilizadas sementes de cebola das cultivares GVS, Aquarius, Atacama, Andrômeda, Alfa São Francisco, IPA 10, Azteca, Luana Melhorada, IPA 11 e Predileta. As sementes foram semeadas em bandejas de plástico com 36 células, contendo substrato, sendo utilizadas 4 repetições de 36 sementes e colocadas para germinar nas câmaras de crescimento com duas concentrações de CO₂: 390 ppm e 770 ppm e umidade relativa de 70%, e temperaturas 18°C-24°C-30°C (18°C: das 18h às 6h; 24 °C : das 6h às 12h e 30 °C: das 12h as 16h; 24°C das 16 as 18h), monitorada continuamente por meio do programa de computador Sitrad.

Para avaliar a germinação das sementes foram realizadas contagens diárias de sementes germinadas durante 12 dias. Após esse período, dez plântulas de cada repetição foram medidas com auxílio de régua milimetrada e em seguida foi realizada a pesagem do material em balança analítica de precisão 0,001g com valores expressos em gramas para a obtenção do peso fresco. Posteriormente, as plântulas foram acondicionadas em estufa a 65°C, por um período de três dias, para obtenção do peso seco. A partir dos dados da germinação, avaliou-se: a porcentagem de germinação (G), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG). A porcentagem de germinação (G) foi obtida através da contagem de sementes germinadas diariamente, considerando-se germinadas as sementes que apresentassem 2mm de protrusão da radícula (Equação 1: LABOURIAU, 1970). O tempo médio de germinação (TMG) se refere à soma do número de sementes germinadas multiplicado pelo tempo de incubação em dias, dividido pela soma de sementes germinadas por dia (Equação 2: LABOURIAU, 1983; SANTANA e RANAL, 2000). A velocidade de germinação (VG) foi calculada pelo inverso do tempo médio de germinação, por meio de contagens diárias (Equação 3: KOTOWSKI, 1926; SANTANA e RANAL, 2000). O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado a partir da soma do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da semeadura, correspondendo ao número de sementes germinadas ao longo do tempo, sendo expresso em semente/dia (Equação 4: MAGUIRE, 1962, SANTANA e RANAL, 2000).

$$\text{Equação 1} \quad G = \frac{\sum_{i=1}^k ni}{A} * 100$$

$$\text{Equação 2} \quad TMG = \frac{\sum_{i=1}^k ni.ti}{\sum_{i=1}^k ni}$$

$$\text{Equação 3} \quad VMG = \frac{\sum_{i=1}^k ni}{\sum_{i=1}^k ni.ti}$$

$$\text{Equação 4} \quad IVG = \sum_{i=1}^k \frac{Ni}{ti}$$

Em que:

K = último dia de observação;

A = Número total de sementes colocadas para germinar;

n_i = número não acumulado de sementes germinadas;

t_i = número de dias;

N_i = número acumulado de sementes germinadas;

Após a última avaliação da germinação, doze plantas de cada cultivar de cebola foram transplantadas em sacos e mantidas nas câmaras para a avaliação do crescimento das mudas. Após 40 dias do transplante seis mudas de cada cultivar foram retiradas dos sacos para avaliação do crescimento, onde foi medido o comprimento da parte aérea e a raiz utilizando uma régua milimetrada, e em seguida foi realizada a pesagem do material em balança analítica de precisão 0,001g com valores expressos em gramas para a obtenção do peso fresco, posteriormente as plântulas foram acondicionadas em estufa a 65°C, por um período de cinco dias, para obtenção do peso seco. Para avaliação da produção, as outras mudas de cebola foram mantidas dentro das câmaras de crescimento até atingir o ponto ideal da colheita, variando de 134 a 140 dias. Este ponto foi determinado a partir do tombamento das plantas. As plantas colhidas foram submetidas ao processo de cura onde ficaram expostas a luminosidade (luz artificial) dentro das câmaras durante 3 dias, para remoção do excesso de umidade das camadas mais externas dos bulbos e das raízes antes do armazenamento (Figura 4). Posteriormente, foi medido o diâmetro do bulbo, com o auxílio de um paquímetro e realizada a pesagem dos mesmos para a obtenção da produção. Foi considerado como bulbo comercial, os que apresentaram diâmetro entre 35 a 90 mm e sem defeitos. Bulbos que apresentaram o diâmetro transversal inferior a 35 mm foram considerados refugo (Figura 5). Para obtenção da média da produção, obteve-se primeiramente a medida do saco em m^2 , em seguida foi calculado a produção (kg) de cebola referente à área do saco. Posteriormente foi calculou-se a proporção desta produção obtida para uma área de $10.000m^2$, obtendo assim a produção média em toneladas por hectare.



Figura 4. Bulbos expostos à luminosidade.



Figura 5. Bulbos com diâmetro inferior a 35 mm (refugio) (A); Bulbos com diâmetro superior a 35 mm (comercial) (B).

Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa ASSISTAT Versão 7.7 beta (Silva, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efeito do CO₂ sobre a germinação das sementes de cebola

Os resultados apresentaram interação significativa entre os fatores cultivar x [CO₂], para as variáveis: porcentagem de germinação (G%), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG), (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores de Porcentagem de germinação (G), Tempo médio de germinação (TMG), Velocidade de germinação (VG), Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de plantas de diferentes cultivares de cebola submetidas a 390ppm e 770ppm de CO₂.

Fonte de variação	QM				
	GL	G	TMG	VG	IVG
Cultivar (C)	9	1507,24**	3,50**	0,00327**	12,21**
CO ₂	1	1253,47**	0,33ns	0,00064 *	1,72ns
C x CO ₂	9	464,29**	1,10**	0,00095**	2,93**
Tratamento	19	999,85**	2,20**	0,00203**	7,26**
Resíduo	60	98,95	0,16	0,00016	0,55
CV (%)	-	14,43	6,93	7,32	16,19

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade, * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O aumento da [CO₂] promoveu maior porcentagem de germinação para cultivares GVS e Luana 78,47% e 84,02% respectivamente (Tabela 2). Já para as demais cultivares o aumento da [CO₂] não influenciou na porcentagem de germinação das sementes. Na [CO₂] de 770 ppm as cultivares Azteca, Predileta, Atacama e Aquarius apresentaram menor porcentagem de germinação quando comparadas com as demais cultivares. Já a 390 ppm de CO₂, as cultivares Luana e Aquarius apresentaram menor G (Tabela 2).

O incremento da [CO₂] influenciou na velocidade de germinação das sementes das cultivares Atacama e Aquarius. E para as cultivares Azteca e IPA 11, o aumento da concentração de CO₂, diminuiu a velocidade de germinação destas sementes. Já as

demais cultivares não foram influenciadas pelo incremento do CO₂. A 770 ppm a cultivar GVS apresentou menor VG em comparação as demais cultivares. Já na [CO₂] de 390 ppm as cultivares Atacama, GVS e Aquarius apresentaram menor VG.

Na concentração de 770 ppm, o IVG foi influenciado pelo aumento da [CO₂], sendo que as cultivares GVS e Luana, apresentaram maior índice. As cultivares Azteca, Atacama e Aquarius obtiveram menor IVG a 770 ppm. As outras cultivares não sofreram influencia do aumento do CO₂. Quanto as cultivares mantidas a 390 ppm, o menor IVG foi o das cultivares Atacama, GVS, Luana e Aquarius.

O tempo médio de germinação também foi influenciado pelo aumento da concentração do CO₂, sendo que o menor tempo para germinação foi para as cultivares Atacama e Aquarius. Já as cultivares Azteca e IPA 11, apresentaram uma redução no TMG, quando as sementes foram mantidas a 390 ppm de CO₂. As demais cultivares não foram influenciadas pela [CO₂]. A 770 ppm o menor TMG foi observado para a cultivar IPA 10. Na concentração de 390 ppm, as cultivares IPA 10, Predileta e IPA 11 apresentaram menor tempo para iniciar o processo de germinação.

Segundo Aguiar et al., (2012) o dióxido de carbono possui efeito positivo na germinação das sementes de soja, o que pode estar associada a interferência direta do CO₂ sobre a fisiologia das sementes. Mussi (2005) avaliou o efeito do CO₂ em sementes de girassol e constatou que o dióxido de carbono promoveu uma redução na taxa de respiração das sementes, e que quanto maior a concentração de CO₂, maior é a tendência de germinação das sementes. Para a cebola, Costa et al. (2015) verificaram que a concentração de CO₂ não foi significativa para a emergência de plântulas.

Segundo Nascimento et al., (2011) a rapidez na germinação é muito importante pois reduz o grau de exposição das sementes e das plântulas aos intempéries. Rios et al.(2011), ao avaliarem a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de pepino sob influência de CO₂, observaram que sementes mantidas na concentração 550 ppm de CO₂ gastaram menos tempo para emergir, quando comparadas as sementes mantidas a 360 ppm.

Tabela 2. Germinação (G), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de dez cultivares de cebolas submetidas a diferentes concentrações de CO₂.

Concentração de CO ₂	Germinação (%)										CV%
	Alfa SF	IPA 10	Azteca	Predileta	Andromeda	Atacama	GVS	IPA 11	Luana	Aquarius	
770 ppm	92,36aA	88,88aA	49,30bA	66,66bA	84,02aA	59,72bA	78,47aA	72,91aA	84,02aA	52,77bA	14,43%
390 ppm	85,41aA	77,08aA	61,80bA	70,83aA	81,94aA	54,16bA	54,86bB	79,16aA	44,44cB	40,27cA	
VG (dias)											
770 ppm	0,16cA	0,21aA	0,15cB	0,18bA	0,17cA	0,16cA	0,13dA	0,16cB	0,16cA	0,16cA	7,32%
390 ppm	0,16bA	0,21aA	0,18bA	0,19aA	0,17bA	0,13cB	0,15cA	0,21aA	0,16bA	0,14cB	
IVG (plântulas/dia)											
770 ppm	5,73bA	7,04aA	3,07dB	4,75cA	5,77bA	3,78dA	4,32cA	4,50cB	5,12bA	3,29dA	16,19%
390 ppm	5,49aA	6,17aA	4,32bA	7,27aA	5,49aA	2,85cA	3,25cB	6,38aA	2,92cB	2,29cA	
TMG (dias)											
770 ppm	6,14bA	4,75dA	6,31bA	5,41cA	5,69cA	6,09bB	7,19aA	6,20bA	6,21bA	6,01bB	6,93%
390 ppm	5,89cA	4,71dA	5,63cB	5,11dA	5,85cA	7,16aA	6,66aA	4,69dB	6,11bA	6,89aA	

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.2. Efeito do incremento de CO₂ sobre o comprimento e peso de plântulas de cebola

Para o peso seco da parte aérea e o peso fresco e peso seco das raízes houve interação das cultivares e a [CO₂] (Tabela 3). O aumento da concentração de CO₂ influenciou apenas o peso seco da parte aérea e da raiz da cultivar Andromeda, reduzindo o peso na concentração de 770 ppm. O peso fresco da raiz foi maior para as cultivares Alfa e IPA 11 com o aumento na [CO₂]. Azteca, Predileta e Andromeda obtiveram maior peso fresco a 390 ppm. Silva et al. (2011), obtiveram maior peso fresco da parte aérea e da raiz de plântulas de melancia submetidas a maior concentração de CO₂. Já em trabalhos com abóbora, a menor concentração de CO₂, resultou em plântulas com maior peso quando avaliado o peso da matéria fresca da parte aérea. Entretanto, peso da matéria fresca da raiz, as plântulas submetidas a maior concentração de CO₂ obtiveram um peso superior.

Tabela 3. Peso de plântulas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO₂.

Concentração de CO ₂	Peso Seco P.A (g)									
	Alfa SF	IPA 10	Azteca	Predileta	Andromeda	Atacama	GVS	IPA 11	Luana	
770 ppm	0,07aA	0,08aA	0,06aA	0,06aA	0,07aB	0,05aA	0,04aA	0,10aA	0,04aA	
390 ppm	0,06bA	0,07bA	0,04bA	0,06bA	0,26aA	0,03bA	0,05bA	0,08bA	0,02bA	
Peso Fresco Raiz (g)										
770 ppm	0,51bA	0,34cA	0,15dB	0,19dB	0,35cB	0,20dA	0,22dA	0,63aA	0,17dA	
390 ppm	0,39aB	0,30bA	0,27bA	0,34aA	0,47aA	0,15cA	0,26bA	0,45aB	0,08cA	
Peso Seco Raiz (g)										
770 ppm	0,04aA	0,04aA	0,04aA	0,02aA	0,02aB	0,01aA	0,02aA	0,04aA	0,01aA	
390 ppm	0,04bA	0,04bA	0,02bA	0,03bA	0,24aA	0,02bA	0,02bA	0,05bA	0,01bA	

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o comprimento da parte aérea e da raiz e o peso fresco da parte aérea não houve interação significativa entre cultivares e [CO₂]. Além disso, o aumento da [CO₂] não influenciou nestas variáveis (Tabela 4). Para o comprimento da plântula, a cultivar Andromeda apresentou maior comprimento e a cultivar Azteca o menor comprimento de plântula. A cultivar Andromeda também apresentou maior peso fresco da parte aérea e menor peso fresco foi observado para as cultivares Azteca e Luana. O comprimento da raiz foi maior para as cultivares Alfa SF, IPA 10 e IPA 11 e menor para cultivar Luana.

Em trabalhos realizados com diferentes cultivares de abóbora o aumento da concentração de CO₂ não apresentou diferença significativa para o crescimento inicial da parte aérea e da raiz (LOPES et al., 2011). Porém em estudos com alface e melancia o aumento da concentração de CO₂ promoveu maior crescimento da parte aérea da plântula (RIOS et al., 2011; SILVA et al., 2011).

Tabela 4. Comprimento e peso fresco de plântulas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO₂.

Comprimento de plântulas (cm)								
Alfa SF	IPA 10	Azteca	Predileta	Andromeda	Atacama	GVS	IPA 11	Luana
7,60b	7,26b	4,62e	7,13b	8,36a	7,56b	6,32c	7,75b	5,52d
Peso Fresco P.A (g)								
0,66b	0,62b	0,31d	0,70b	0,87a	0,47c	0,49c	0,83a	0,27d
Comprimento da raiz (cm)								
9,48a	10,00a	6,96d	8,24b	8,86b	6,69d	7,9dc	10,54a	5,41e

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.3. Efeito do incremento de CO₂ sobre a altura e peso de mudas de cebola

Para as variáveis, altura da parte aérea e altura da raiz, peso fresco e peso seco da parte aérea e peso fresco da raiz não houve diferença significativa dos tratamentos cultivares e [CO₂], e também na interação destes (Figura 6 e 7). Entretanto as cultivares diferiram entre si para o peso seco das raízes (Figura 8)

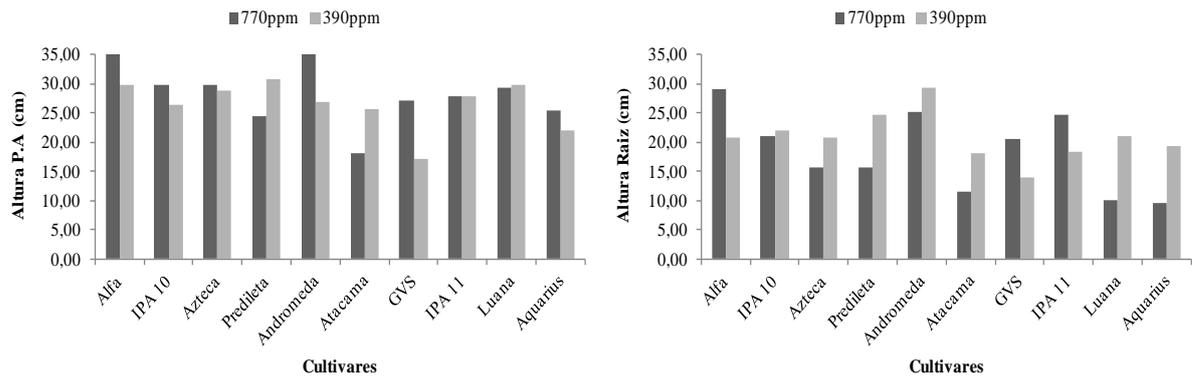


Figura 6. Altura da parte aérea e raiz de mudas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO₂.

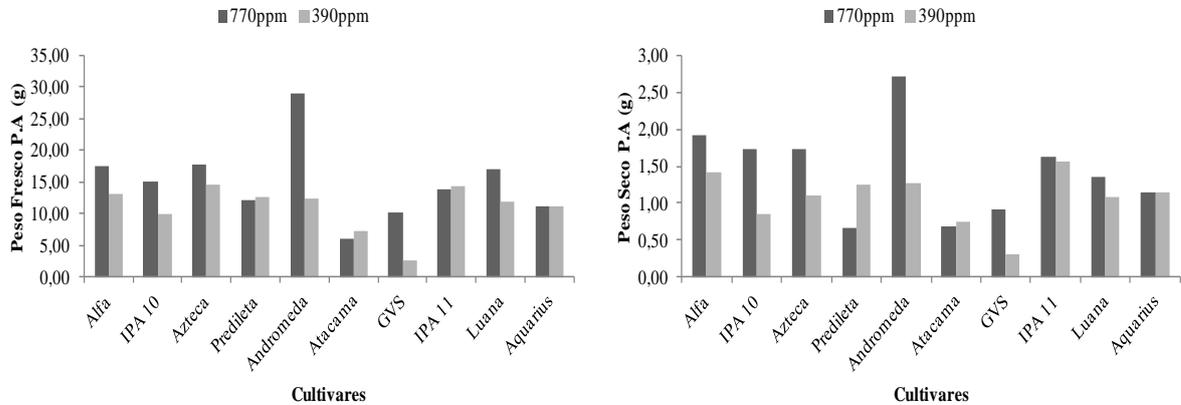


Figura 7. Peso fresco e seco da parte aérea de mudas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO₂.

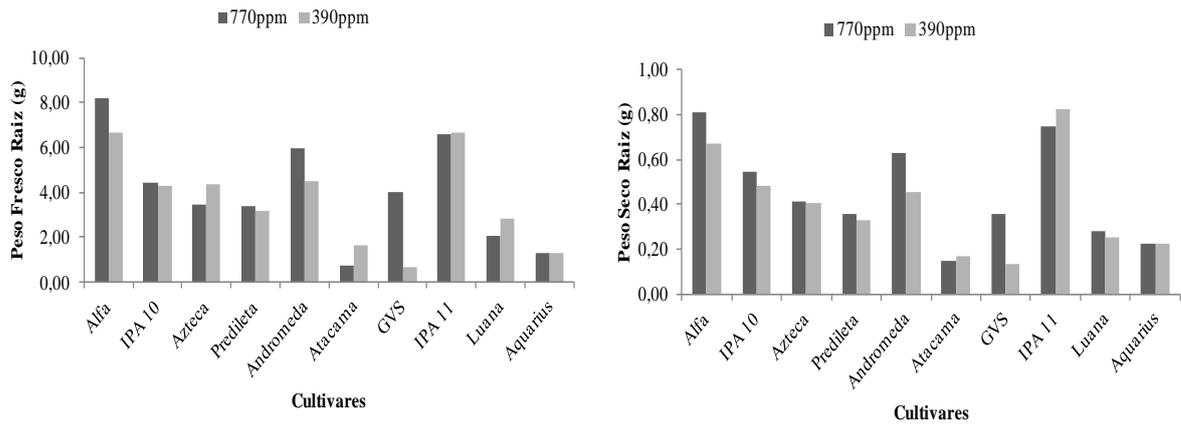


Figura 8. Peso fresco e seco da raiz de mudas de cebola submetidas a diferentes concentrações de CO₂.

Ziska e Teramura (1992) obtiveram maior peso seco das plantas de arroz mantidas em ambientes com enriquecimento de CO₂. Segundo Retuerto e Woodward (1993), o efeito do aumento da concentração de CO₂ é mais acentuado na fase inicial da cultura. Para Curtis et al. (1990), a taxa de crescimento das plantas é maior em ambientes com alta concentração de CO₂, devido ao fechamento dos estômatos e maior expansão do sistema radicular. Para Larcher (2000) o aumento da disponibilidade de CO₂ poderá causar um aumento da espessura do mesófilo, aumento da produção de matéria seca, aumento da eficiência do uso da água e da proporção carbono/nitrogênio. Segundo Martinez et al. (2015), o incremento na [CO₂] irá estimular a taxa fotossintética das plantas com aumento na produção de açúcares e conseqüentemente, maior produção de biomassa em plantas e ecossistemas. Martinez et al. (2015), afirmam que o aumento da [CO₂] aumenta a taxa fotossintética foliar levando as plantas a maiores taxas de crescimento e produção de biomassa.

5.4. Produção de cebola submetida a diferentes concentrações de CO₂

A interação cultivar x [CO₂] não foi significativa na produção de cebola. Entretanto, as variáveis analisadas separadamente, apresentaram diferenças significativas na produção (Tabela 5). O aumento da concentração de CO₂ apresentou um efeito fertilizante para a cebola, com produção de 61 t/ha. E os maiores valores de produção foram verificados para as cultivares Predileta, Andromeda, GVS e Luana (Figura 9 e 10). Quando produzida em ambiente com a concentração de CO₂ atual (390 ppm), a produtividade foi de 24 t/ha.

Tabela 5. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores da Produção de cebola em câmaras de crescimento submetida a diferentes concentrações de CO₂.

Fonte de Variação	QM	
	GL	Produção
Cultivar (C)	9	16820,15**
CO ₂	1	292968,99**
C x CO ₂	9	3151,59ns
Tratamento	19	24879,72**
Resíduo	40	2433,28
CV (%)	-	29,79

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

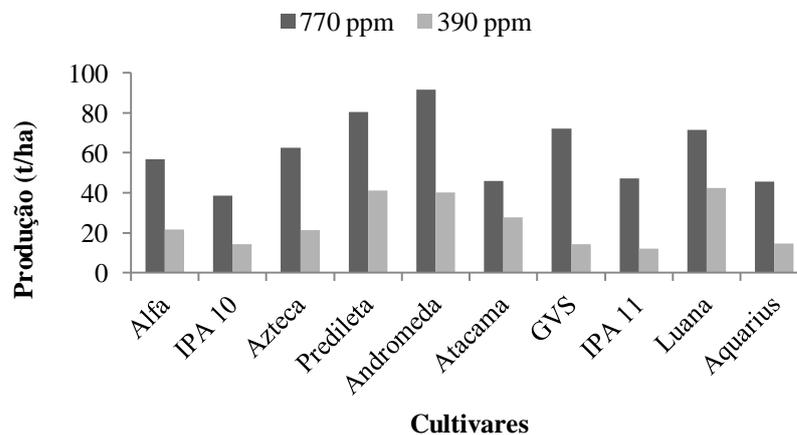


Figura 9. Produção de diferentes cultivares de cebola submetidas a 770 ppm e 390 ppm de CO₂.



Figura 10. Cultivares de cebola submetida a diferentes concentrações de CO₂.

Segundo Durão e Galvão (1995), a fertilização carbônica incrementa a atividade metabólica da planta, aumentando a absorção total de CO₂ e o vigor da planta, resultando em um aumento na produtividade. Long et al. (2006), ressaltaram que o efeito fertilizante do CO₂ em plantas C3, com conseqüente aumento na assimilação sua assimilação e no crescimento vegetal. Martinez et al. (2015), ao estudarem respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura, observaram que nas plantas C3, a elevada concentração de CO₂ induz a um incremento de 30% na taxa fotossintética, 20% na biomassa e 25% no rendimento das culturas.

Reinart et al. (1997) observaram incrementos de aproximadamente 24% na produtividade da cultura de tomate cultivada em câmaras com enriquecimento de CO₂ (até 675 ppm). Rezende (2001), trabalhando com pimentão, verificou que o enriquecimento do ambiente com CO₂ também promoveu aumento na produção da cultura e melhorou a eficiência de uso da água. Islam et al. (1996), trabalhando com tomate cultivado em estufa e com enriquecimento de CO₂ (entre 700 ppm a 900 ppm), verificaram um aumento significativo na produção, obtendo maiores frutos do que no tratamento controle (200 ppm a 400 ppm). Assim, a aplicação de gás carbônico nas culturas melhora o metabolismo e o equilíbrio hormonal nas plantas, aumenta a fotossíntese e a absorção de nutrientes, resultando em plantas mais produtivas, mais resistentes a doenças e ao ataque de pragas, gerando frutos de melhor qualidade (KIMBALL et al., 1994).

6. Conclusões

- As cultivares apresentaram diferenças no processo de germinação quanto à resposta ao aumento da concentração de dióxido de carbono.
- O aumento da [CO₂] promoveu aumento significativo na produção de cebola.

7. Referência Bibliográfica

AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 554-560, 2012.

AGRIANUAL 2016: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Informa Economics/FNP, p. 235, 2016.

ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MELO, R. F. de. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido Brasileiro. In: **Embrapa Semiárido. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido Brasileiro**. Campinas, SP, Embrapa Informática Agropecuária, 2009.

BEBBER, D.P., RAMOTOWSKI, M.A.T., GURR S.J. Crop pests and pathogens move poleward in a warming world. *Nature Climate Change* v. 3, p. 985-988, 2013.

BELTRÃO, N. E. de. M.; OLIVEIRA, M. I .P. **Efeitos do Clima no Metabolismo Vegetal: Mamona**. Documentos 210. Campina Grande - PB: EMBRAPA Algodão, p. 23, 2008.

BREWSTER, J.L. Growth, dry matter partition and radiation interception in an overwintered bulb onion crop. **Annual Botany**, v.49, p.609-617, 1982.

BREWSTER, J.L. The physiology of the onion. **Horticultural Abstracts**, v. 47, n. 2, p.103-112, 1977.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 590, 2012.

COSTA, D.; PINHEIRO, G.; OLIVEIRA, G.; SANTOS, A.; SANTANA, C.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. Emergência e Crescimento Inicial de Plântulas de Cebola Sob o Aumento da Temperatura e Concentração de CO₂ (Onion Seedlings Emergence and Initial Growth Under Increased Temperature and CO₂). **Revista Brasileira de Geografia Física**, América do Norte, v. 8 n.1, p.12, 2015.

COSTA, N. D., QUEIROZ, M. A., ARAÚJO, J. C., SANTOS, C. A. F., FARIA, C. M. B., HAJI, F. N. P., TAVARES, S. C. C. H. A Cultura da cebola. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012.

CURRAH, L.; PROCTOR, F.J. Onions in the tropical regions. Natural Resources Institute, ODA, U.K. Bulletin n.35, 1990.

CURTIS, P. S.; BALDUMAN, L. M.; DRAKE, B. G.; WHIGHAM, D. F. Elevated atmospheric CO₂ effects on belowground processes in C3 and C4 stuarine marsh communities. **Ecology**, Tempe. v. 71, n. 5, p. 2001- 2006. 1990.

DAYMOND, A. J.; WHEELER, T. R.; HADLEY, P.; ELLIS, R. H.; MORISON, J. I. L. Effects of temperature, CO₂ and their interaction on the growth, development and yield of two varieties of onion (*Allium cepa* L.), **Journal of Horticultural Science**, v.72, p.135-145, 1997.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A. A.; ARANTES, L. O.; OLIVEIRA, D. M.; NERY, F. C. Germinação de sementes de Tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato, **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.438-443, 2008.

DURÃO, P. L.; GALVÃO, A. C. Gás carbônico em irrigação: tecnologia de ponta para aumentar a produtividade e qualidade dos produtos agrícolas. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 19. n. 110. p. 12-15, 1995.

EL BALLA, M. M. A; HAMID, ABDELBAGI A; ABDELMAGEED, A. H. A. Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. **Agricultural Water Management**. v.121, p.149-157, 2013.

FILGUEIRA, F. A. (Org.). Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna para a produção de hortaliças. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, p. 421 , 2008.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; SOARES, E. R.; CONCENÇO, G.; ALBERTO, C. M. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho, Revista Tropic **Ciências Agrárias e Biológicas**, v.4, p. 19-38, 2010.

GIORIA, R; VECCHIA, P. T. D; BRUNELLI, K. R; KOBOR, R. F. Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil: Impacto

potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da cebola no Brasil. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente p. 182, 2011.

GITAY, H. ;SUÁREZ, A.; WATSON, R. T.; DOKKEN, D. J. Climate change and biodiversity. Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPPC). Technical paper V. United Nations Environment Programme/World Meteorological Organization, Genebra, 2002. GRANGEIRO, L. C.; SOUZA, J. O.; AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. S.; SANTOS, G. M. Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência e agrotecnologia.**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1087-1091, 2008.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Abril, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201304.pdf>.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.** Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Genebra, Suíça, p. 18, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013: the physical science basis.** Cambridge: University Press, p.1535, 2013.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., Von Stechow, C., Zwickel, T., Minx, J.C. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, 2014.

ISLAM, S.; MATSUI, T.; YASHIDA, Y. Efect of carbono dioxide enrichment on physio-chemical and enzymatic changes in tomato fruits at various stages of maturity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 65, n. 2/3, p.137-149, 1996.

KILL, L.H.P; RESENDE, de G. M; SOUZA, de R. J. Cultivo da Cebola no Nordeste. (Sistemas de produção 3). Versão eletrônica. Petrolina: Embrapa Semiárido. Nov. 2007.

KIMANI, P.M.; KARINKI, J.L.W.; PETERS,R.; RABINOWITCH, H.D. Potential of onion seed production in a tropical environment. **Acta Horticulturae**, v.358, p.341-349, 1994.

KIMBALL, B.A., LaMORTE, R.L., SEAY, R.S., *et al.* Effects of free air CO₂ enrichment on energy balance and evapotranspiration of cotton. **Agricultural Forest and Meteorology**, v.70, n.1/4, p.259-278, 1994.

KOTOWSKI, F. Temperature relations to germination of vegetable seed, Proceedings of the **American society for horticultural science**, v. 23, p. 176-184, 1926.

LABORIAU, LG. On the physiology of seed germination in *Vicia gramínea* Sm. I. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**,n.42, p.235-262, 1970.

LABOURIAU, LG. A germinação das sementes. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos. Washington, D.C. 1983.

LARCHER , W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos - SP: RiMa, p.108-111, 140-142, 301- 303, 365, 414, 437-439, 2000.

LIMA, M. A. de. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidade e desafios. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.19, n.3, p.451-472, 2002.

LONG, S. P.; AINSWORTH, E. A.; LEAKEY, A. D. B.; NÖSBERGER, J.; ORT, D. R. Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. **Science**, Washington, v. 312, p. 1918-1921, 2006.

LOPES, A. P.; SILVA, R. DE C. B. da; RIOS, E. S.; ARAÚJO, M. DO N.; REIS, R. C. R.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. F. 2011. Aumento de CO₂, emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de diferentes variedades de abóbora. **In: Simpósio de mudanças climáticas e desertificação no Semiárido Brasileiro, Juazeiro**. Experiências para mitigação e adaptação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

MAGUIRE, JD. Speed of germination-aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigour. **Crop Science**. v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARTINEZ, C. A.; OLIVEIRA, E. A. D. de; MELLO, T. R. P.; MARIN, A.L. A. Respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 08, p. 635-650, 2015.

MUSSI, M. M. Germinação e vigor de sementes de girassol (*Helianthus annuus*L.) submetidas a diferentes concentrações de CO₂, períodos de exposição e embalagens. 2005. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2005.

NASCIMENTO, W.M.; DIAS, D. C. F. dos. S; SILVA, P. P. da. . Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. In: **Curso sobre Tecnologia de Produção de Sementes de Hortaliças**, 11. Porto Alegre/RS: Embrapa Hortaliças, 2011.

OLIVEIRA, G. M. de; LEITÃO, M. M. V. R.; BISPO, R. C.; SANTOS, I. M. S.; LIMA, C. B. A. de; CARVALHO, A. R. P. de. Coeficiente de cultura e produtividade da cebola submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n. 9, p. 969- 974, 2013.

ORTOLANI, A. A. TARIFA, J. R. Recursos Hídricos e Agricultura no Brasil. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. São Paulo: EDISER, p.75-83 (Projetos 3), 1978.

PINHEIRO, G. S.; ANGELOTTI, F.; SANTANA, C. V. DA S.; DANTAS, B. F.; COSTA, N. D. Efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de cebola, **Scientia Plena**, v. 10, p. 1-6, 2014.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Cultivo da Cebola no Nordeste. (Sistemas de produção 3). Versão eletrônica. Petrolina: Embrapa Semiárido. Nov. 2007.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; SOUZA, C. A. F.; SANTOS, R. J. Cultivo da Cebola no Nordeste. (Sistemas de produção 3). Versão eletrônica. Petrolina: Embrapa Semiárido. Nov. 2007.

RETUERTO, R.; WOODWARD, F. I. The influences of increased CO₂ and water supply on growth, biomass allocation and water use efficiency of *Sinapis alba* L. grown under different wind speeds. **Oecologia**. v. 94, p. 415-427, 1993.

REZENDE, F. C. Respostas de plantas de pimentão (*Capsicum annum* L.) à irrigação e ao enriquecimento da atmosfera com CO₂, em ambiente protegido. 2001. 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

RIOS, E. S.; SILVA, R. DE C. B. DA; LOPES, A. P.; REIS, R. C. R.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. F. 2011. Efeito do aumento da concentração do CO₂ na emergência e no desenvolvimento de plântulas de alface. In: **Simpósio De Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, Juazeiro**. Experiências para mitigação e adaptação. Petrolina: Embrapa Semiárido. 2011.

SAGE, R.; KUBIEN, D. S. The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. **Plant, Cell and Environment**, v. 30, p. 1086-1106, 2007.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Análise estatística na germinação. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 205-237, 2000.

SANTOS, J. O. DOS; SANTOS, R. M. DE S.; FERNANDES, A. DE A.; SOUSO, J. DA S.; BORGES, M. DA G. B.; FERREIRA, R. T. F. V.; SALGADO, A. B. 2013. Os impactos produzidos pelas mudanças climáticas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, p. 09-16, 2013.

SILVA, F.A.S. Sistema de Assistência Estatística –ASSISTAT versão 7.7 beta. 2016.

SILVA, R. de C. B. da; LOPES, A. P.; RIOS, E. S.; REIS, R. C. R.; ARAÚJO, M. N.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. F. Emergência e crescimento inicial de plântulas de melancia submetidas a diferentes concentrações de CO₂. In: **Simpósio de mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro, 3.**, 2011, Juazeiro. Experiências para mitigação e adaptação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

SIQUEIRA, O. J. W. de; STEINMETZ, S.; FERREIRA, M. F. ; COSTA, A.C. ; WOZNIAK, A. M. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.2, p.311-320, 2000.

STRECK, N. A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v. 35, n.3, p.730-740, 2005.

TAIZ, L. ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VON CAEMMERER, S.; QUICK, P. Rubisco: physiology in vivo. In: LEEGOOD, R. C. SHARKEY, T. D.; VON CAEMMERER, S. (Ed.) **Photosynthesis**: physiology and metabolism. Dordrecht: Kluwer, p. 86-107, 2000.

WHEELER, T. R.; DAYMOND, A. J.; MORISON, J. I. L.; ELLIS, R. H.; HADLEY, R. 2004. Acclimation of photosynthesis to elevated CO₂ in onion (*Allium cepa*) grown at a range of temperatures, **Annals of Applied Biology**, v.144, p.103–111.

YOON, S. T. HOOGENBOOM, G. FLITCROFT, I. BANNAYAN, M. Growth and development of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in response to CO₂ enrichment under two different temperature regimes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, p. 178–187, 2009.

ZISKA, L. H.; TERAMURA, A. H. Intraspecific variation in the response of Rice (*Oryza sativa*) to increased CO₂ – photosynthetic, biomass and reproductive characteristics. **Physiologia Plantarum**. v.84, p. 269-276, 1992.