



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA
TROPICAL**

FRANCISCO HÉLIO DANTAS LACERDA

**PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO AMENIZADOR DA
SUSCETIBILIDADE DO MILHO VERDE AO ESTRESSE
SALINO**

**POMBAL – PB
JULHO – 2015**

FRANCISCO HÉLIO DANTAS LACERDA

**PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO AMENIZADOR DA
SUSCETIBILIDADE DO MILHO VERDE AO ESTRESSE SALINO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical (PPGHT), para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Hevilásio Freire Pereira

**POMBAL – PB
JULHO – 2015**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

L131p

Lacerda, Francisco Hélio Dantas.

Peróxido de hidrogênio como amenizador da suscetibilidade do milho verde ao estresse salino / Francisco Hélio Dantas Lacerda. – Pombal, 2015.
31 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2016.
"Orientação: Prof. Dr. Francisco Hevilásio Freire Pereira".
Referências.

1. Milho Verde. 2. Horticultura. 3. Milho Verde - Salinidade. I. Pereira, Francisco Hevilásio Freire. II. Título.

CDU 633.15(043)

FRANCISCO HÉLIO DANTAS LACERDA

**PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO AMENIZADOR DA
SUSCETIBILIDADE DO MILHO VERDE AO ESTRESSE SALINO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical (PPGHT), para obtenção do título de Mestre.

APROVADA EM: 23/07/2015

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Francisco Hevilásio Freire Pereira
UAGRA/CCTA/UFCG
Orientador

Dr. Fábio Martins de Queiroga
Examinador

Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito
UAGRA/CCTA/UFCG
Examinador

**POMBAL – PB
JULHO – 2015**

DEDICATÓRIO

Aos meus pais, pelo incentivo e apoio durante todos os momentos da minha vida. Aos meus irmãos, pelo carinho, amor e por fazerem parte da minha vida. A minha namorada, pelo apoio, carinho, amor, compreensão e dedicação em todos os momentos de nossa convivência.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as conquistas até hoje concedidas em minha vida;

A toda minha família, em especial aos meus pais, Antônio Lacerda Sobrinho e Maria do Socorro Dantas Lacerda; meus irmãos, Francisco Elânio Dantas Lacerda e Maria Edilângela Dantas Lacerda, que sempre estiveram presentes incentivando, criticando e apoiando minhas decisões;

Aos meus grandes companheiros, Francisco de Assis, José Eustáquio Campos Júnior, Joyce Emanuele de Medeiros e Damiana Salviano de Góis, pela dedicação, esforço e ajuda valiosa que me prestaram nessa e em outras pesquisas;

Ao Programa de Pós Graduação em Horticultura Tropical (PPGHT), pelo apoio institucional e pela oportunidade de aprendizado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao professor, Francisco Hevilásio Freire Pereira, pelos ensinamentos, dedicação, compreensão, amizade e pela contribuição valiosa na execução deste trabalho.

Ao amigo, Fábio Martins de Queiroga, por aceitar ser examinador deste trabalho;

Ao professor, Marcos Eric Barbosa Brito, pela valiosa participação como examinador deste trabalho;

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização dessa conquista.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Efeito do estresse salino sobre as plantas de milho	3
2.2 Espécies reativas de oxigênio (EROs).....	4
2.3 Efeito da salinidade no acúmulo de espécies reativas de oxigênio na planta.....	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Características avaliadas.....	9
3.1.1 Trocas gasosas	9
3.1.2 Pigmentos clorofila e carotenoides.....	10
3.1.3 Crescimento e acúmulo de massa nas plantas	10
3.2 Análises estatísticas	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1 Trocas gasosas	11
4.2 Teores de clorofila e carotenoides	15
4.3 Análise de crescimento.....	17
4.4 Acúmulo de massa seca da parte aérea.....	22
5 CONCLUSÕES	25
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
APÊNDICES	30

RESUMO

LACERDA, F.H.D. **Peróxido de hidrogênio como amenizador da suscetibilidade do milho verde ao estresse salino**, 2015. 31p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal/PB¹.

A salinidade é um dos fatores abióticos que mais interfere negativamente na produtividade das culturas, dentre elas, o milho verde, por proporcionar redução no potencial osmótico e efeitos de ordem iônica, prejudicando assim, seu crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, a produção. Em se tratando de regiões áridas e semiáridas, a salinidade constitui um sério problema, limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas a níveis antieconômicos. Diante desse cenário, alternativas que visem amenizar os efeitos deletérios da salinidade são de fundamental importância; assim, objetivou-se avaliar o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) como amenizador da suscetibilidade do milho verde ao estresse salino. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, *Campus* Pombal – Pombal/PB, pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (CCTA – UFCG), no período de 10/01/2015 a 15/02/2015, utilizando-se do híbrido de milho ‘AG 1051’. O cultivo foi realizado em vasos com capacidade para oito decímetros cúbicos de solo (8 dm^3), preenchidos com solo classificado como VERTISSOLO. Os tratamentos foram constituídos por dois níveis de salinidade da água de irrigação ($0,3$ e $2,0\text{ dS m}^{-1}$) e cinco diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio ($0, 40, 80, 160$ e $320\text{ }\mu\text{mol L}^{-1}$) aplicadas via água de irrigação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2×5 , com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por um vaso contendo duas plantas. Os vasos foram dispostos no espaçamento de $0,5 \times 0,5\text{ m}$. Foram avaliadas as trocas gasosas, pigmentos clorofila e carotenoides, crescimento e acúmulo de massas na planta. Os maiores valores quanto aos parâmetros fisiológicos, de crescimento, acúmulo de massa seca e teores de clorofila e carotenoides foram observados na salinidade da água de $0,3$ em relação a $2,0\text{ dS m}^{-1}$. O fornecimento do H_2O_2 reduziu, nas plantas de milho, o efeito estressante causado pela salinidade da água de irrigação entre as concentrações de 40 e $80\text{ }\mu\text{mol L}^{-1}$. A salinidade da água de irrigação aliada às concentrações elevadas de H_2O_2 causou redução na fotossíntese, no crescimento inicial das plantas, no acúmulo de massa seca e nos teores de clorofila e carotenoides.

Palavras-chave: *Zea mays* L., salinidade, estresse oxidativo, fotossíntese, massa seca.

¹Orientador : Prof. Dr. Francisco Hevilásio Freire Pereira, CCTA/UFCG.

ABSTRACT

LACERDA, F.H.D. **Hydrogen peroxide as reliever of the susceptibility of corn to salt stress**, 2015. 31p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal/PB¹.

The salinity is one of abiotic factors that most affect negatively in the productivity of crops, among them, the green corn, for providing reduction in osmotic potential and effects ion order, thus hindering their growth, development, and consequently production. In the case of arid and semi-arid regions, salinity constitutes a serious problem, limiting the agricultural production and reducing the crop yields to uneconomical levels. In this scenario, alternatives that aimed at mitigating the deleterious effects of salinity are of the fundamental importance; thus aimed to evaluate the hydrogen peroxide as reliever of the susceptibility of the green corn to salt stress. The experiment was conducted in the Science and Technology Center Agrifood Campus Pombal - Pombal / PB belonging to the Federal University of Campina Grande (CCTA - UFCG) in the period from 10/01/2015 to 15/02/2015, using a hybrid corn 'AG 1051'. Cultivation was carried out in pots with a capacity of 8 dm³ of soil, filled with soil classified as a VERTISOL. The treatments were constitute by two levels of salinity of the water of irrigation (0.3 and 2.0 dS m⁻¹) and five different hydrogen peroxide concentrations (0, 40, 80, 160 and 320 mmol L⁻¹) applied via irrigation water. The experimental design was completely randomized in a factorial 2 x 5, with four replications. The experimental unit consisted of a pot containing two plants. The pots were arranged with spacing of 0.5 x 0.5 m. It was evaluated the gas exchange, pigment chlorophyll and carotenoids, growth and accumulation of mass in the plant. The higher values for physiological parameters, growth, dry matter accumulation and levels of chlorophyll and carotenoids were observed in water salinity of 0.3 compared to 2.0 dS m⁻¹. The supply of H₂O₂ reduces in corn plants, stressful effect caused by salinity irrigation water concentrations between 40 and 80 mmol L⁻¹. The salinity of the irrigation water coupled with the high concentrations of H₂O₂ caused a reduction in photosynthesis in the early growth of plants in the dry matter accumulation and chlorophyll and carotenoid content.

Keywords: *Zea mays* L., salinity, oxidative stress, photosynthesis, dry matter.

¹Orientador : Prof. Dr. Francisco Hevilásio Freire Pereira, CCTA/UFCG.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) está entre as principais espécies cultivadas no mundo. Este cereal vem sendo utilizado na América Latina desde os tempos remotos, como a principal e tradicional fonte alimentar, ocupando, hoje, uma posição de destaque. No Brasil, o milho tem ampla diversidade de uso, sendo que, 15% de sua produção são utilizadas para consumo humano (FARIAS, 2013).

A área plantada com milho verde, em sua maior parte, é realizada utilizando irrigação (ISLÃ & ARAGUÉS, 2010). No entanto, quando manejada de forma inadequada, a irrigação pode acarretar sérios problemas, a exemplo da salinização do solo que, independentemente do conteúdo de sais na água de irrigação, os mesmos tendem a acumular-se no solo, causando assim, redução da disponibilidade de água às plantas (SOARES et al., 2007), além de trazer problemas, como desequilíbrio nutricional e de toxicidade de íons específicos sobre a fisiologia das plantas (FERREIRA NETO et al., 2007), a ponto de afetar os rendimentos e a qualidade de sua produção.

A salinidade é um dos fatores abióticos que mais interfere negativamente na produtividade das culturas, dentre elas, o milho verde, por proporcionar condições de estresse, prejudicando, assim, seu crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, sua produção. Em se tratando de regiões áridas e semiáridas, a salinidade constitui um sério problema, limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas a níveis antieconômicos. Essas regiões são caracterizadas por baixo índice pluviométrico e elevada evapotranspiração (FERREIRA et al., 2010), além disso, o manejo inadequado da irrigação, a utilização de água de má qualidade e a drenagem deficiente contribuem para a aceleração do processo de salinização do solo. Essas condições são observadas principalmente em perímetros irrigados das regiões áridas e semiáridas (QUEIROZ et al., 2010).

O processo de salinização dos solos está relacionado, diretamente, ao acúmulo de sais em excesso na solução do solo. Os sais solúveis, normalmente, presentes na solução dos solos de regiões áridas e semiáridas são: sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), borato (BO_3^{3-}) e nitrato (NO_3^-) (AYERS; WESTCOT, 1999; FERREIRA et al., 2010).

A cultura do milho é considerada moderadamente sensível a salinidade, apresentando salinidade limiar da água de 1,1 dS m^{-1} e do solo de 1,7 dS m^{-1} (AYERS; WESTCOT, 1999).

Como respostas ao estresse salino e outros tipos de estresses abióticos, as plantas desenvolvem mecanismos de defesa capazes de combatê-los e, assim, minimizar os efeitos deletérios causados pelo excesso de sais no solo ou na água de irrigação. Um exemplo é o acúmulo de solutos orgânicos ou osmólitos no vacúolo das plantas considerado comum em resposta ao estresse salino (LACERDA et al., 2003). Outra forma seria induzir o sistema de defesa da planta utilizando um indutor ou sinalizador como é o caso do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que, segundo alguns autores, pode desempenhar papel diferente, dependendo da concentração em que ele se encontra no tecido: em baixa concentração pode funcionar como um sinal para aclimação ao estresse; em concentração alta funciona como indutor da morte programada das células (DAT, 2000; VAN BREUSEGEM et al., 2001).

Acredita-se que, a aplicação do H_2O_2 em pequenas concentrações nos vegetais atue como um sinalizado, pois sua aplicação é mínima e prévia, antes da plântula ser exposta a uma condição de estresse, isso faz com que seu sistema de defesa torne-se ativo, favorecendo uma adaptação rápida a condições adversas, entre outras, o estresse salino. O pré-tratamento de plantas de milho com H_2O_2 aumentou a tolerância à salinidade em genótipo sensível ao estresse (AZEVEDO NETO et al., 2005). No trigo, o pré-tratamento de sementes com H_2O_2 acelerou a germinação e aumentou a tolerância das plantas à salinidade (WAHID et al., 2007).

Sendo assim, objetivou-se avaliar o peróxido de hidrogênio como amenizador da suscetibilidade do milho verde ao estresse salino.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Efeito do estresse salino sobre as plantas de milho

O milho (*Zea mays* L.) é originário da América Central e cultivado em todo o Brasil, tem grande importância econômica devido às diversas formas de sua utilização, desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia e utilização na produção de biocombustíveis (FORNASIERI FILHO, 2007). O Brasil é um dos principais produtores mundiais de milho comum (USDA, 2010), a produção brasileira de grãos de milho no ano de 2013 foi de 82 milhões de toneladas (CONAB, 2013), tornando o Brasil o terceiro maior produtor mundial de milho (USDA, 2013), também apresenta produção e consumo de milho verde e de milho doce, embora os dados não sejam contabilizados (USDA, 2010).

A diferença entre o milho verde (doce) e o milho comum está no teor de açúcares e amido presentes no endosperma (ARAGÃO, 2002), resultantes da ação de genes recessivos individuais ou em associações. Enquanto o milho comum apresenta em torno de 3% de açúcar e entre 60% e 70% de amido, o milho doce tem em torno de 9% a 14% de açúcar e 30% a 35% de amido, e o superdoce tem em torno de 25% de açúcar e 15% a 25% de amido (PEREIRA FILHO; CRUZ; GAMA, 2003). A cultura do milho vem ocupando lugar de destaque na região Nordeste, pelas suas elevadas produtividades mesmo quando irrigadas com água de elevada salinidade e podem se constituir em alternativas para cultivos que utilizem recursos (água e solo) salinos (MORAIS NETO, 2009).

A inibição do crescimento das plantas sobre salinidade ocorre por duas razões: a primeira se deve ao efeito osmótico provocado pela salinidade, que reduz a absorção de água; a segunda se dá devido ao efeito específico dos íons ou ao excesso, que entram no fluxo de transpiração e, eventualmente, causam injúrias nas folhas, reduzindo o crescimento ou influenciando negativamente na absorção de elementos essenciais (MUNNS, 2005). O processo de crescimento é particularmente sensível ao efeito dos sais, de forma que a taxa de crescimento e a produção de biomassa são critérios adotados para avaliação do grau de estresse, bem como a capacidade da planta em tolerar o estresse salino (LANCHER, 2000).

O efeito mais comum da salinidade sobre as plantas é a limitação do crescimento, devido ao aumento da pressão osmótica do meio e à consequente redução da água prontamente disponível, afetando a divisão celular e o alongamento das células (OLIVEIRA et al., 2009).

Redução expressiva na fotossíntese, condutância estomática e transpiração (cerca de 60%, 54,06% e 78,57% respectivamente), ocorreram em plantas de milho (variedade UFVM 100), com o aumento da salinidade do solo decorrente da irrigação com água salina (GARCIA et al., 2007).

O desenvolvimento inicial das plantas de milho pipoca híbrido 'Zélia' (OLIVEIRA et al., 2009), milho doce e milho pipoca (SOUZA et al., 2014), foi afetado pela salinidade proveniente da água de irrigação, atingindo o diâmetro do colmo, altura da planta, número de folha, área foliar, matéria seca da parte aérea e da raiz.

Estudando os efeitos da salinidade da solução do solo sobre o crescimento, desenvolvimento, características fisiológicas e de produção em plantas de milho (variedade UFVM 100), Garcia et al. (2007) verificaram reduções expressivas na produção de massa seca da parte aérea e das raízes, no crescimento absoluto e relativo, na área foliar e útil, devido a irrigação com água salina.

No milho híbrido triplo 'BRS 3003', o estresse salino afetou o conteúdo de matéria seca da parte aérea, das raízes e total (GONDIM et al., 2011), enquanto no híbrido 'AG 1051', ocorreram reduções na acumulação da biomassa das partes vegetativas (folha + colmo) (SOUSA et al., 2010).

Ao avaliar o desenvolvimento inicial de duas variedades de milho especial (milho doce e milho pipoca) irrigadas com água de baixa e alta salinidade, Souza et al., (2014) verificaram que, o uso de água salina provocou redução significativa na altura das plantas em ambas as culturas, com perdas variando de 26,9% e 44,7%, para milho doce e milho pipoca, respectivamente.

2.2 Espécies reativas de oxigênio (EROs)

O acúmulo de oxigênio molecular (O_2) na terra tornou possível a evolução de organismos aeróbicos que utilizam o O_2 comoceptor final de elétrons (SOARES & MACHADO, 2007). O O_2 é pouco reativo, mas tem a capacidade de originar estados excitados reativos como radicais livres e derivados (SCANDALIOS, 1993). Com dois átomos de oxigênio, o O_2 é completamente reduzido por quatro elétrons transportados ao longo da cadeia respiratória, gerando duas moléculas de água (SOARES & MACHADO, 2007).

Entretanto, uma pequena parcela dos elétrons escapa da cadeia respiratória, resultando em uma redução parcial do oxigênio molecular, levando a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) na forma de oxigênio singlete (1O_2), ânion superóxido ($O_2^{\bullet-}$), peróxido de

hidrogênio (H_2O_2) e radical hidroxila (OH^\bullet) (MITTLER, 2002). Essas EROs são formadas durante funções metabólicas normais nos peroxissomos ou induzidas por condições ambientais aos quais as plantas estão constantemente expostas (ÉAUX & TOLEDANO, 2007).

EROs são, sobretudo, subprodutos do metabolismo celular regular, mas podem ser gerados com a destruição do sistema de transporte de elétrons durante condições de estresse (SOARES & MACHADO, 2007). O principal ponto de produção de EROs, na célula durante o estresse, são as organelas com alta atividade de oxidação metabólica, ou com fluxo de elétrons sustentados: cloroplastos e mitocôndrias. Nos cloroplastos, a formação de EROs está relacionada com eventos da fotossíntese (SOARES & MACHADO, 2007). O fenômeno de fotorrespiração nos peroxissomos é outra forma de produção de H_2O_2 (SOARES & MACHADO, 2007).

A produção de EROs em mitocôndrias de plantas recebeu pouca atenção no passado, mas dados recentes sugerem que tais organelas podem ser fontes de EROs sobre condições de estresse específicas (VAN BREUSEGEM et al., 2001). Sob condições adequadas de desenvolvimento, a produção de EROs na célula é baixa ($240 \text{ mM s}^{-1} \text{ O}_2^-$ e um nível "steady-state" de $0,5 \text{ mM s}^{-1} \text{ H}_2\text{O}_2$ nos cloroplastos), enquanto muitos estresses que alteram a homeostase celular acentuam a sua produção (240 a $720 \text{ mM s}^{-1} \text{ O}_2^-$ e 5 a 15 mM de H_2O_2) (MITTLER, 2002). Em plantas, a produção de EROs é favorecida por vários fatores ambientais de estresse, como a exposição a níveis elevados de luminosidade, seca, metais pesados, alta concentração de sais, extremos de temperatura, radiação UV, poluição do ar, herbicidas, estresse físico e mecânico mas também como resposta a estresses bióticos tais como o ataque de patógenos (MALLICK & RAÍ, 1999).

As EROs são formadas em etapas de redução univalente a partir do oxigênio molecular. O primeiro passo na redução de O_2 produz radical de vida relativamente curta, os superóxidos (O_2^-). Esses radicais de oxigênio não conseguem atravessar membranas biológicas, ficando confinados no compartimento onde foram gerados. Os superóxidos formam hidroxiperóxidos com duplas ligações (enos) ou duplas ligações alternadas (dienos), além de oxidar aminoácidos específicos, como metionina, histidina e triptofano. O superóxido também pode causar peroxidação de lipídeos no ambiente celular e nas membranas celulares (VAN BREUSEGEM et al., 2001).

Posteriormente, a redução do oxigênio gera peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que, apesar de não ser um radical livre, atravessa as biomembranas e se distribui a partir do local

de produção (VAN BREUSEGEM et al., 2001). A última e mais reativa espécie a ser formada nessa reação é o radical hidroxila (OH^\cdot). Esse radical é formado pela redução do H_2O_2 por íons metálicos (Fe^{2+} e Cu^{2+}) na reação de Fenton e tem grande afinidade por moléculas biológicas em seu sítio de produção. O OH^\cdot apresenta uma meia-vida muito curta, pois reage muito rapidamente com moléculas biológicas, sequestrando aleatoriamente um átomo de hidrogênio (VAN BREUSEGEM et al., 2001).

As plantas protegem suas células e compartimentos sub-celulares dos efeitos citotóxicos das EROs com o auxílio de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), glutatona redutase (GSH), peroxiredoxina (PRX), catalase (CAT), polifenol oxidase (PPO) e metabolitos, como a glutatona, ácido ascórbico, α -tocoferol e carotenoides (MITTLER, 2002), que atuam rapidamente sobre as EROs produzidas pelo estresse, neutralizando a ação ou prevenindo a geração das mesmas, resultando em menor concentração de EROs nas células e, conseqüentemente, menores danos celulares e maior tolerância das plantas em tais condições (IŞERI et al., 2013).

2.3 Efeito da salinidade no acúmulo de espécies reativas de oxigênio na planta

O estresse salino provoca o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) que são responsáveis pelo estresse oxidativo. A formação dessas EROs sob condições de estresse ocorrem, principalmente, nos cloroplastos durante o processo de fotossíntese na ausência do NADP^+ na forma oxidada (PRISCO & GOMES FILHO, 2010). Um dos EROs mais comum em plantas é o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). O acúmulo do H_2O_2 pode desempenhar papéis diferentes, dependendo da concentração em que ele se encontra no tecido. Em baixas concentrações, funciona como ativador enzimático que auxiliará na aclimação ao estresse (DAT et al., 2000; VAN BREUSEGEM et al., 2001).

Uma das respostas ao estresse salino e outros tipos de estresses abióticos é o acúmulo de solutos orgânicos ou osmólitos no vacúolo das plantas (LACERDA et al., 2003). Além desses, o peróxido de hidrogênio que até pouco tempo atrás, era visto, juntamente com as outras espécies reativas de oxigênio, exclusivamente como metabolitos tóxicos para as células vegetais, hoje, é visto como sendo benéfico às plantas em baixa concentração (QUAN et al., 2008), funcionando como uma molécula sinalizadora em plantas sob estresses bióticos e abióticos, atuando na abertura e fechamento estomático, tolerância a deficiência de oxigênio,

senescência, fotossíntese e controle do ciclo celular (PETROV & VAN BREUSEGEM, 2012).

A aplicação de H_2O_2 em concentrações baixas, como pré-tratamento antes da submissão de plantas a estresses abióticos, tem funcionado na ativação de respostas fisiológicas que permitam a tolerância das plantas à salinidade (LI et al., 2010), ao estresse oxidativo (TERZI et al., 2014), entre outros. O pré-tratamento com peróxido de hidrogênio em plântula de arroz na concentração de $1 \mu M$ aplicada na solução nutritiva dois dias antes da indução do estresse salino (100 mM de NaCl) proporcionou incrementos na fotossíntese e condutância estomática (CARVALHO et al., 2011). Uchida et al. (2002) também verificou aclimatação das plântulas de arroz à salinidade quando pré-tratada com H_2O_2 em solução nutritiva. Em milho, o pré-tratamento de plantas com peróxido de hidrogênio também aumentou a tolerância à salinidade em genótipo sensível ao estresse salino (AZEVEDO NETO et al., 2005).

O pré-tratamento de sementes de trigo com H_2O_2 acelerou a germinação e aumentou a tolerância das plantas à salinidade (WAHID et al., 2007). A limitação fotossintética e estomática resultante da exposição ao NaCl foi amenizada quando as plantas foram pré-tratadas com $1 \mu M$ de H_2O_2 (WAHID et al., 2007). Trabalhando com plantas de milho provenientes de sementes pré-tratadas com H_2O_2 e submetidas à salinidade Godin et al. (2010), observaram que o pré-tratamento conferiu tolerância a salinidade nas plantas.

O pré-tratamento de plantas de milho, com H_2O_2 via pulverização, induziu aclimatação das plantas de milho ao estresse salino, revertendo parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no crescimento (GONDIM et al., 2011). O pré-tratamento com H_2O_2 , fazendo-se pulverização na folha, foi capaz de reduzir os efeitos deletérios da salinidade sobre o crescimento das mudas de milho e peroxidação lipídica. Estas respostas podem ser atribuídas à capacidade de H_2O_2 para induzir as defesas antioxidantes, especialmente à atividade de CAT (GONDIM et al., 2012).

Em geral, o pré-tratamento com H_2O_2 melhora a capacidade do sistema antioxidante das plantas que, rapidamente, atua sobre os EROs produzidas pelo estresse, neutralizando a ação ou prevenindo a geração das mesmas, resultando em menores concentrações de EROs e, conseqüentemente, menores danos celulares e maior sobrevivência em tais condições (LI et al., 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, *Campus* Pombal – Pombal/PB, pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (CCTA – UFCG), conduzido em vasos, no período de 10/01/2015 a 15/02/2015, utilizando-se a variedade de milho ‘AG 1051’. As características climáticas registradas durante a realização do experimento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Média dos dados climáticos coletados durante a condução do experimento. CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

Variáveis climáticas		Médias diárias
Temperatura do ar (°C)	Mínima	31,3
	Máxima	32,8
Umidade relativa do ar (%)	Mínima	42,1
	Máxima	49,9

O cultivo foi realizado em vasos com capacidade para oito decímetro cúbico (8 dm³) de solo, preenchidos com solo classificado como VERTISSOLO, com textura argilosa, cuja análise química encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas do solo usado na condução do experimento. CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

pH em água	C.E. 1:2,5	M.O.	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	PST
1:2,5	<i>dS m⁻¹</i>	<i>g/kg</i>	----- <i>mg dm⁻³</i> -----			----- <i>cmol_c dm⁻³</i> -----				<i>%</i>	
7,14	0,64	9,92	98,7	399,5	214,3	36,60	10,60	0,00	0,00	49,15	2

Os tratamentos foram constituídos por dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 dS m⁻¹ e 2,0 dS m⁻¹) e cinco diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 40, 80, 160 e 320 µmol L⁻¹). O incremento na salinidade da água de irrigação foi obtido pela adição de NaCl. Foi realizada duas aplicações de peróxido de hidrogênio nos dois primeiros dias após a semeadura, via água de irrigação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. A unidade experimental foi composta com um vaso contendo duas plantas. Os vasos foram dispostos no espaçamento de 0,5 x 0,5 m.

A semeadura foi realizada no dia 10/01/2015, diretamente no vaso e a uma profundidade de 2,0 cm, colocando-se vinte e cinco sementes por vaso, para verificar se a

salinidade influenciaria na germinação das sementes de milho. A emergência, acima de 50% das plantas foi observada quatro dias após a semeadura (DAS). O desbaste foi realizado no sétimo dia após a semeadura, deixando-se duas plantas por vaso.

No manejo nutricional, aplicaram-se macros e micronutrientes juntamente com a água de irrigação de forma parcelada durante a condução do experimento e suas concentrações encontra-se na Tabela 3. As aplicações foram divididas em uma aplicação de fundação, colocando-se 115g de Fosfato Monopotássico, 133g de Ureia, dividido para todos os tratamentos e três aplicações via fertirrigação, colocando-se 115g de Fosfato Monopotássico, 23g de Cloreto de Potássio, 286g de Sulfato de Amônio aos 8 DAS, 77g de Fosfato Monopotássico, 100g de Cloreto de Potássio, 133g de Ureia, 9,5 g Sulfato de Zinco, 13g de Ácido Bórico aos 18 DAS, 100g de Cloreto de Potássio e 133g de Ureia aos 28 DAS.

Tabela 3. Quantidade total de macro e micronutrientes aplicados nos vasos durante a condução do experimento. CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

Fertilizantes	Fórmula	Quantidade aplicada (g)
Fosfato Monopotássico	KH_2PO_4	307,0
Ureia	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	399,0
Cloreto de potássio	KCl	223,0
Sulfato de amônio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	286,0
Sulfato de zinco	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	9,5
Ácido bórico	H_3BO_3	13,0

As irrigações foram realizadas manualmente, de acordo com a necessidade da cultura, utilizando-se o método da lisimetria de drenagem. Foram realizadas duas aplicações diárias (8:00 e 17:00 h). A quantidade de água aplicada por vaso variou no transcorrer do experimento de 0,5 a 2,0 L por dia. Os demais tratos culturais e controle fitossanitário foram realizados de acordo com as necessidades e recomendações para a cultura (CRUZ & PEREIRA FILHO, 2002).

3.1 Características avaliadas

3.1.1 Trocas gasosas

As avaliações foram realizadas aos 30 dias após a emergência (DAE). Nessa ocasião, determinaram-se taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e concentração intercelular de CO_2 (C_i), medido com analisador de gás no infravermelho (IRGA) LCpro (Analytical Development, Kings Lynn, UK) com fonte de luz constante de $1.200 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e concentração de CO_2 ambiente de aproximadamente $370 \mu\text{mol} \text{mol}^{-1}$. Para a realização das leituras no IRGA, foram escolhidas as folhas intermediárias,

sendo a 4ª ou 5ª folha contada a partir do ápice da planta, avaliando-se uma planta por parcela, afim de não subestimar os valores utilizando folhas velhas ou muito jovens.

3.1.2 Pigmentos clorofila e carotenoides

Amostras foliares foram coletadas aos 30 DAE, extraindo os pigmentos em acetona 80%, filtrados em papel filtro de 0,45 µm e quantificados por espectrofotometria, como descrito por Lichtenthaler (1987).

3.1.3 Crescimento e acúmulo de massa nas plantas

Características avaliadas aos 30 DAE, em uma planta por unidade experimental, coletou-se a planta cortando-as rente ao solo. Nessas plantas foram avaliadas: altura de planta, diâmetro do caule, área foliar, o número de folhas por planta, massa seca de folha, caule e massa seca total da parte aérea. O diâmetro do caule foi medido com auxílio de um paquímetro digital. A altura da planta foi medida com uma trena, do colo da planta, ou seja, aproximadamente rente ao solo até o ápice da planta. A área foliar foi obtida pela coleta de oito discos foliares de área conhecida (1,4 cm²) e com posterior determinação de sua massa seca. Na sequência, determinou-se a massa seca das folhas por planta (g por planta) e, por regra de três simples, demonstrou-se a área foliar (cm² por planta) de acordo com a equação 1.

$$AFP = (MSF \times AFD) / MSD \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: AFP = Área foliar (cm² por planta)

MSF = Massa seca de folha (g)

AFD = Área foliar do disco (cm²)

MSD = Massa seca do disco (g)

O número de folhas foi obtido por contagem, considerando-se apenas as folhas totalmente formadas. A massa seca total foi determinada pela soma da massa seca das folhas e do caule, obtidos após secagem em estufa, com circulação de ar forçada a 70 °C, por 72 horas. Os valores foram expressos em gramas por planta.

3.2 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância; em seguida, procedeu-se análise de regressão para o fator quantitativo, levando-se em consideração, na escolha da equação, o ajuste do coeficiente de determinação, possível explicação biológica e teste de comparação de médias (Tukey) a 5% de probabilidade para o fator qualitativo. O programa estatístico utilizado para avaliação dos dados foi o SAEG.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Trocas gasosas

Houve interação significativa entre a salinidade da água de irrigação e os níveis de H_2O_2 para fotossíntese líquida (A), (Figuras 1C). Para as demais características fisiológicas, como transpiração (E), condutância estomática (g_s) e concentração intercelular de CO_2 (C_i) não houve interação significativa (Apêndice 1).

A fotossíntese evoluiu com o aumento do H_2O_2 até a concentração de $71,0 \mu\text{mol L}^{-1}$, proporcionando um incremento de 1,69% na taxa fotossintética nas plantas irrigadas com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$, (Figura 1A) em relação a dose $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 . Para as plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, a fotossíntese reduziu com o aumento da concentração de H_2O_2 , (Figura 1B). Considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada concentração de H_2O_2 , verificou-se que os maiores valores de fotossíntese foram obtidos quando se utilizou água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ em relação a água de irrigação com $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Figura 1C). Verificando apenas os níveis de salinidade da água de irrigação, observa-se que os maiores valores médios de fotossíntese foram obtidos quando se utilizou água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ em relação a água de irrigação de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 4).

Tabela 4. Fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s) e concentração intercelular de CO_2 (C_i) em plantas de milho submetidas ao pré-tratamento de sementes com H_2O_2 e irrigado com água salina. CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

Salinidade dS/m	A $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	E $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	g_s $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	C_i $\mu\text{mol mol}^{-1}$
0,3	28,69 a	4,88 a	0,26 a	85,65 b
2,0	23,98 b	4,10 b	0,22 b	108,59 a
CV (%)	3,60	9,07	6,49	16,78

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

Para a transpiração, verificou-se comportamento distinto entre os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em relação às concentrações de peróxido de hidrogênio, (Figura 1D e E). Houve aumento na transpiração das plantas irrigadas com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ até a concentração $100,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , promovendo 3,94% de incremento na transpiração em relação a concentração $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , (Figura 1D). Nas plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, ocorreu redução linear na transpiração a medida que se aumentou as concentrações de H_2O_2 , (Figura 1E). Verificando-se os valores da transpiração

nos diferentes níveis de salinidade da irrigação, observa-se que as plantas irrigadas com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ apresentam valores médios superiores aos observados nas plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 4).

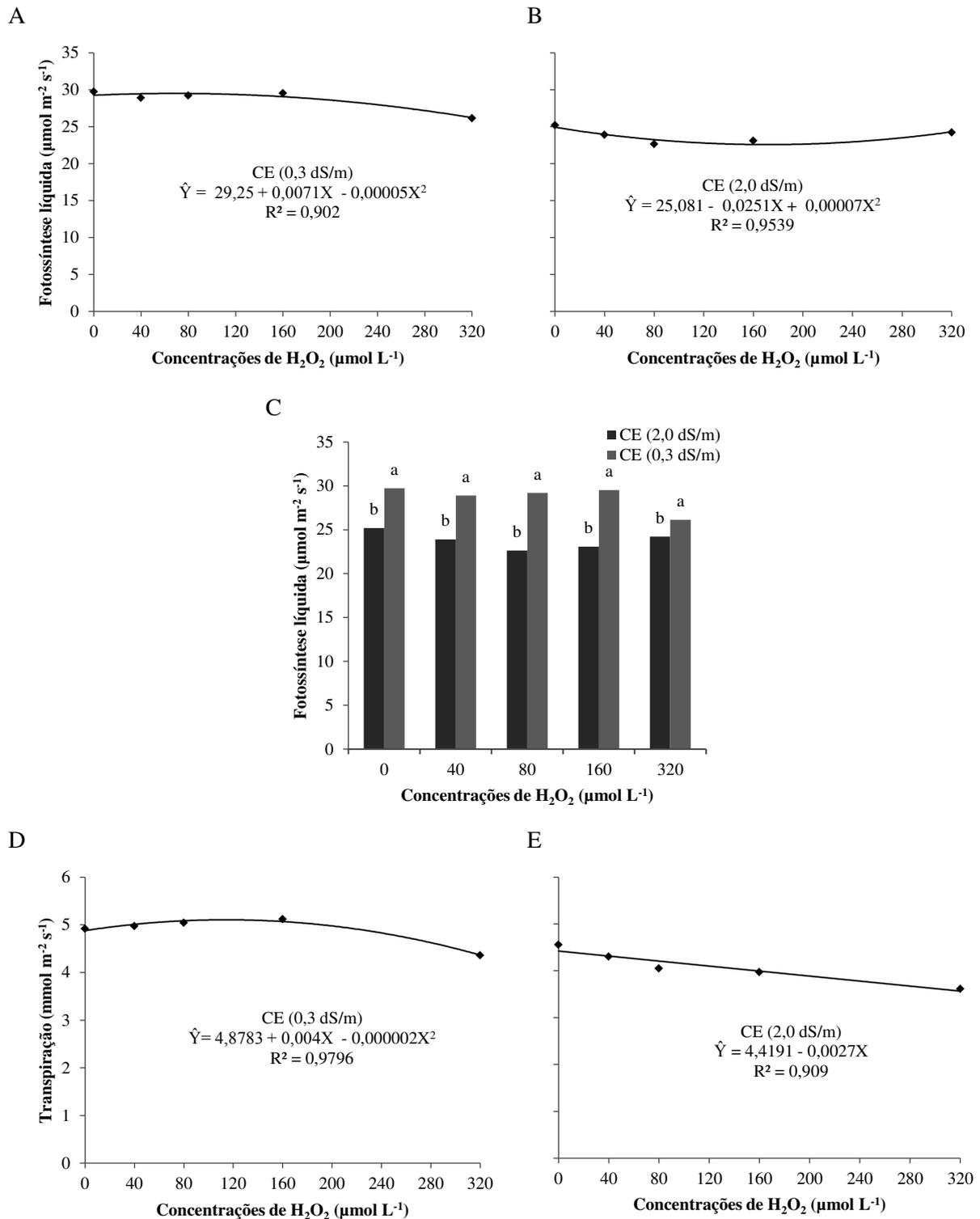


Figura 1. Fotossíntese (A, B e C) e transpiração (D e E) em plantas de milho submetidas ao pré-tratamento de sementes com H_2O_2 e irrigadas com água salina. CCTA/UFMG, Pombal, 2015.

Para a condutância estomática, verificou-se redução para ambos os níveis de salinidade ($CE = 0,3$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$) da água de irrigação em relação às diferentes concentrações de H_2O_2 , (Figura 2A e B). Para os valores da condutância estomática nos diferentes níveis de salinidade da irrigação, observa-se que as plantas irrigadas com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ possuem valores médios superiores em relação as plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 4).

O comportamento das variáveis analisadas foi semelhante, isso porque, geralmente a transpiração e a condutância estomática seguem a mesma tendência da fotossíntese, uma vez que a assimilação de CO_2 está associada à perda de água da planta para o ambiente através dos estômatos.

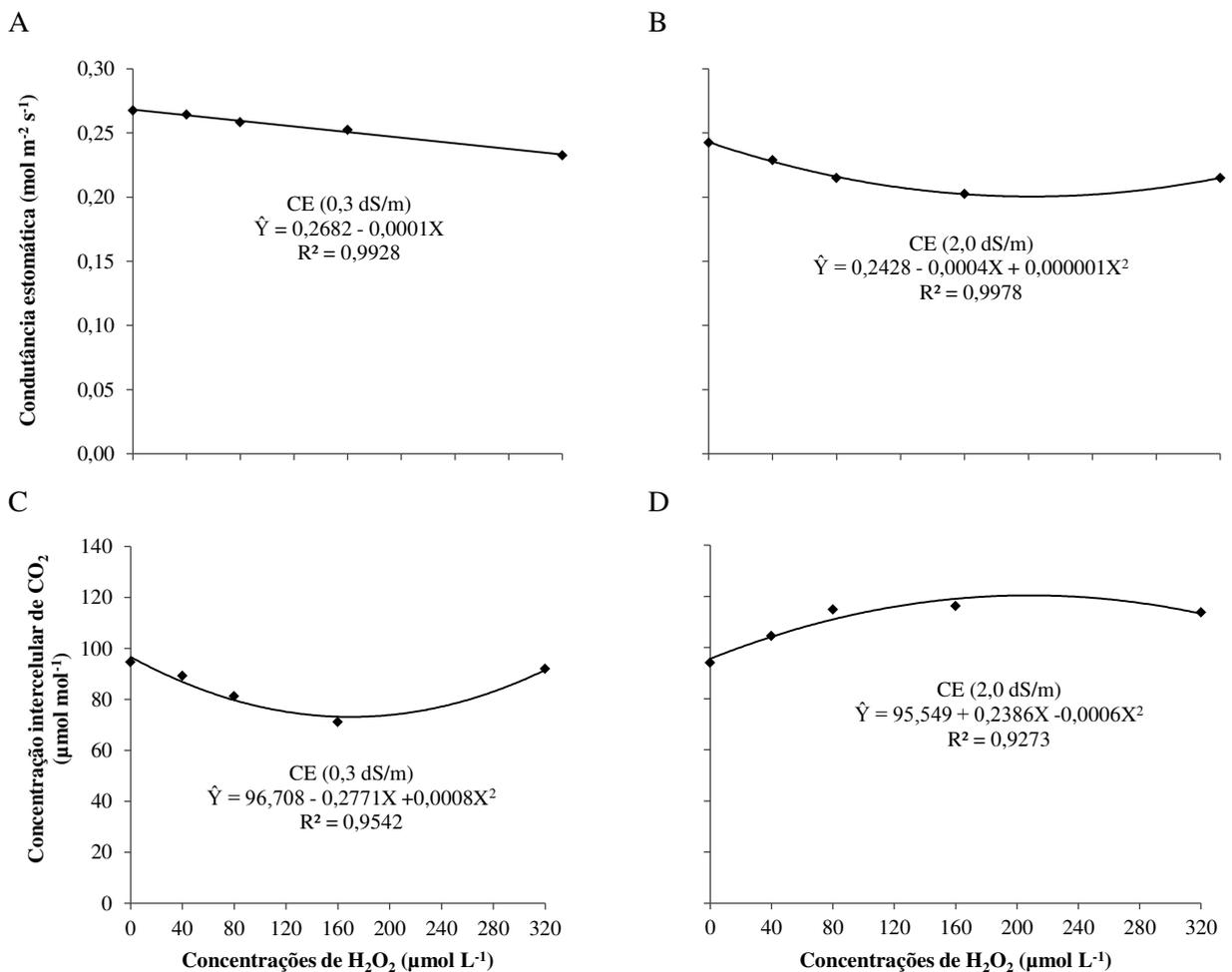


Figura 2. Condutância estomática (A e B) e concentração intercelular de CO_2 (C e D) em plantas de milho submetidas ao pré-tratamento de sementes com H_2O_2 e irrigadas com água salina. CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

Para a concentração intercelular de CO_2 , verificou-se redução nas plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$, (Figura 2C). Para as plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, verificou-se aumento na concentração intercelular de CO_2 até a concentração de $198,83 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , proporcionando 19,89% de incremento em relação à concentração de $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , (Figura 2D). Analisando-se os valores da concentração intercelular de CO_2 nos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, verifica-se que as plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ possuem valores médios inferiores em relação as plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 4). Esse comportamento demonstra que nas plantas irrigadas com salinidade mais elevada, o CO_2 se acumulou nas células e não foi assimilado pelo processo fotossintético, demonstrando que a redução do processo fotossintético não se deve apenas a redução da abertura estomática, mas, também, a danos na estrutura celular responsável pela assimilação de CO_2 , o que pode ser ocasionado pelo acúmulo de íons fora da faixa tolerada pelas plantas de milho, o que pode ter ocasionado danos nos fotossistemas ou em alguma atividade enzimática ligada a Rubisco (RuBP).

A fotossíntese, a transpiração, a condutância estomática e a concentração intercelular de CO_2 são parâmetros complementares, e que servem para diagnosticar alterações fisiológicas nas plantas quando submetidas a condições de estresse. Sob condições salinas, tem-se verificado redução na fotossíntese, na transpiração, na condutância estomática e redução ou aumento na concentração intercelular de CO_2 , a depender do nível de estresse a que foi submetido à planta (MELONI et al., 2003; SCHMUTZ, 2000), nesse sentido, a redução verificada nestas variáveis quando se aumentou de 0,3 para $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ a salinidade da água é comum, todavia, esperava-se que, o aumento da concentração de H_2O_2 pudesse amenizar o estresse salino, como verificado em outros trabalhos a exemplo de Wahid et al. (2007), em que, o pré-tratamento das sementes de trigo com H_2O_2 no combate a salinidade foi capaz de elevar os valores da taxa fotossintética e condutância estomática, em comparação com as plantas que não tiveram sementes pré-tratadas. No presente trabalho, ocorreu o inverso, quando se irrigou com águas de salinidade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, as plantas que passaram pelo pré-tratamento de sementes com H_2O_2 , apresentaram redução nos parâmetros fisiológicos, tal efeito está relacionado à associação do estresse salino juntamente com a concentração elevada de H_2O_2 acima de $70 \mu\text{mol L}^{-1}$, provocando redução nas trocas gasosas, este comportamento pode ser relacionado ao efeito natural do H_2O_2 nas plantas, isso porque, doses elevadas, ao invés de induzir a tolerância da planta ao estresse, induzem a toxidez e a morte da planta pelo excesso de H_2O_2 e outras EROs (VAN BREUSEGEM et al., 2001).

Geralmente, a redução nas trocas gasosas é atribuída à redução na aquisição CO_2 pelo fechamento estomático provocado por algum fator estressante à planta como déficit hídrico ou o aumento na concentração de sais na solução do solo, reduzindo a absorção de água pelas raízes. Em alguns trabalhos, tem-se verificado o efeito negativo provocado pelo excesso de sais em algumas culturas, além do milho como o caso do algodão (MELONI et al., 2003), em que, a salinidade reduziu a taxa fotossintética em 35% quando utilizaram a cv. sensível à salinidade, em todas as concentrações de NaCl (50, 100 e 200 mol m^{-3}), enquanto na cv. tolerante, a redução foi de 10%, 25% e 30%, nas respectivas concentrações. A condutância estomática (g_s) seguiu a mesma tendência de redução em ambas as cultivar com o aumento da concentração salina. Em feijão Caupi, verificou-se efeito significativo da salinidade na fotossíntese, com redução acumulada no decorrer do experimento (sete dias de tratamento), de 6,5%, 21,3% e 47,1%, sob 50, 100 e 200 mmol L^{-1} de NaCl, respectivamente (SOUZA et al., 2011). Segundo esses autores, a condutância estomática apresentou comportamento semelhante à fotossíntese.

4.2 Teores de clorofila e carotenoides

Não houve interação significativa entre a salinidade da água de irrigação e os níveis de H_2O_2 para clorofila A, clorofila B e clorofila Total e Carotenoides, (Apêndice 2).

O aumento da concentração de H_2O_2 proporcionou aumento no teor de clorofila A, B e Total até as concentrações 150, 135,71 e 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$, proporcionando incremento de 13,58%, 10,46% e 7,43%, respectivamente, nas plantas irrigada com água de irrigação de CE = 0,3 dS m^{-1} , (Figura 3A, C e E). Para as plantas irrigadas com CE = 2,0 dS m^{-1} , os teores de clorofila A, B e Total também aumentaram com o acréscimo H_2O_2 até as concentração de 125,00, 112,00 e 175,00 $\mu\text{mol L}^{-1}$, proporcionando incrementos de 7,26%, 4,75% e 25,06, respectivamente, (Figura 3B, D e F).

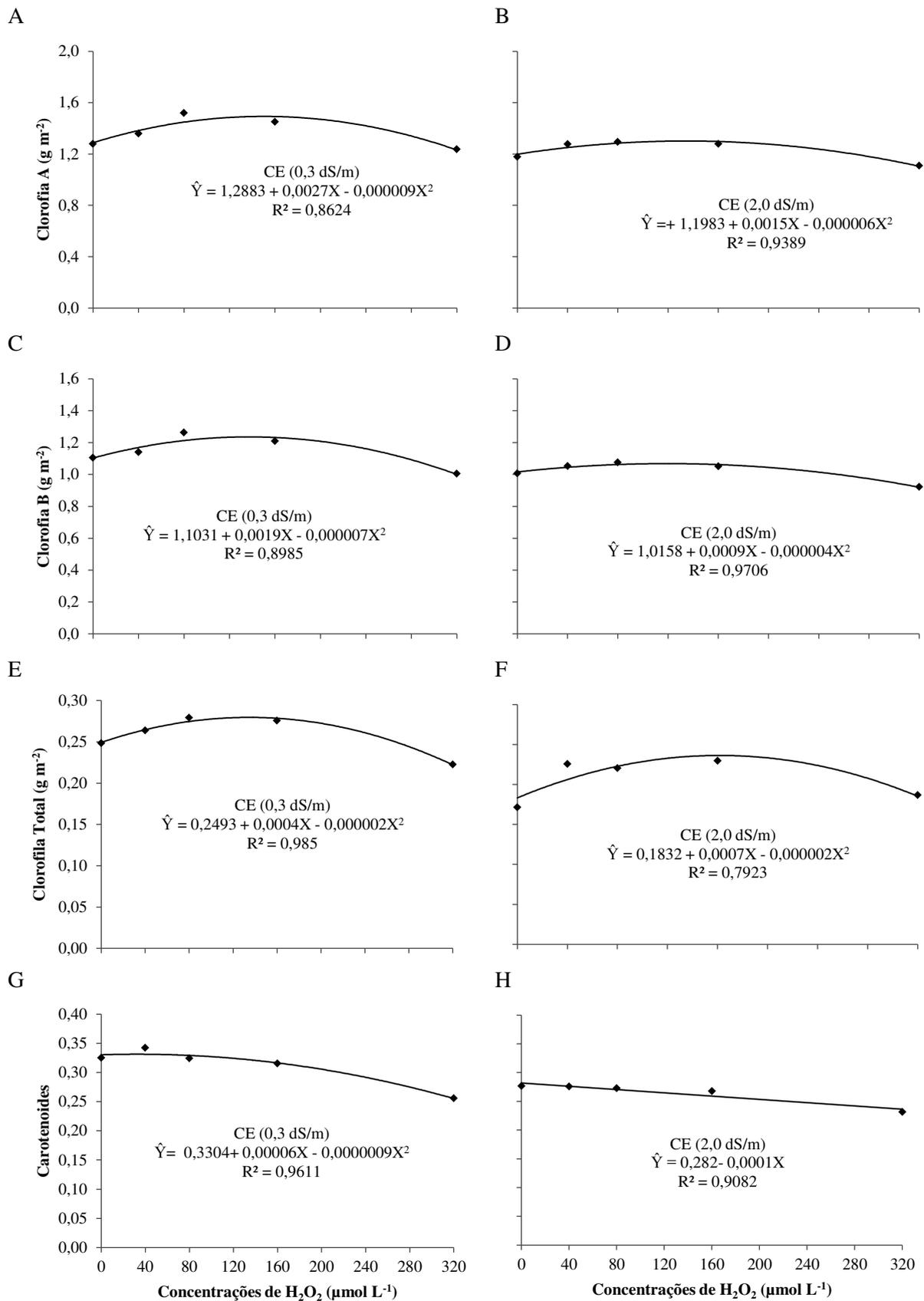


Figura 3. Clorofila A, clorofila B, clorofila Total e carotenoides em plantas de milho submetidas ao pré-tratamento de sementes com H₂O₂ e irrigado com água salina. CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

Considerando-se os valores da clorofila A, B e Total, nos níveis de salinidade da água de irrigação, observa-se que as plantas irrigadas com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ apresentam valores médios superiores em relação as plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 5).

Tabela 5. Clorofila A (CLA), clorofila B (CLB), clorofila Total (CLT) e carotenoides (CART) em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e peróxido de hidrogênio (H_2O_2). CCTA/UFMG, Pombal, 2015.

Salinidade (dS/m)	CLA (g m^{-2})	CLB (g m^{-2})	CLT (g m^{-2})	CART (g m^{-2})
0,3	1,37 a	1,14 a	0,26 a	0,26 a
2,0	1,23 a	1,02 a	0,21 b	0,21 b
CV (%)	17,98	18,11	20,10	20,27

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

Os valores de carotenoides reduziram com o aumento das concentrações de H_2O_2 , independente da salinidade da água de irrigação, (Figura 3G e H). Porém, verificou-se que nas plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, essa redução ocorre de forma linear, (Figura 3H). Para as plantas irrigadas com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$, observa-se um pequeno acréscimo nos carotenoides cerca de 0,30% de incremento, proporcionado pela concentração $33,33 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 em relação a concentração de $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 .

Os carotenoides participam do processo de fotossíntese, atuando como protetores do aparato fotossintético, antioxidantes e estabilizadores do fotossistema I (FOYER & SHIGEOKA, 2011). Sendo assim, pode-se dizer que, os teores reduzidos de carotenoides podem ter contribuído para a redução da clorofila A e B, sobretudo nas plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$. Níveis elevados de carotenoides podem contribuir para a manutenção dos níveis de clorofila em plantas sob estresse, uma vez que, essas substâncias atuam na dissipação da energia e proteção do aparato fotossintético na situação de estresse (GILL & TUTEJA, 2010).

4.3 Análise de crescimento

Não houve interação significativa entre a salinidade da água de irrigação e os níveis de H_2O_2 para altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar. Porém, verificou-se significância isolada nos fatores salinidade e H_2O_2 para altura de planta e diâmetro do caule (Apêndice 3).

A altura da planta aumentou com o aumento da concentração de H_2O_2 de forma linear independente da salinidade da água de irrigação (Figura 4A e B), isso indica que,

independente da água ser salina ou não, o aumento na concentração de H_2O_2 favoreceu o crescimento primário das plantas. Considerando-se os valores da altura de planta nos níveis de salinidade da água de irrigação, observa-se que as plantas irrigadas com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ apresenta valores médios superiores em relação as plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}$, (Tabela 6).

Tabela 6. Altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF) em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e peróxido de hidrogênio (H_2O_2). CCTA/UFMG, Pombal, 2015.

Salinidade (dS/m)	AP (cm)	DC (mm)	NF	AF (cm ²)
0,3	43,38 a	21,17 a	11,65 a	2184,27 a
2,0	39,38 b	18,59 b	11,35 a	2084,67 a
CV (%)	6,42	2,87	5,14	16,83

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

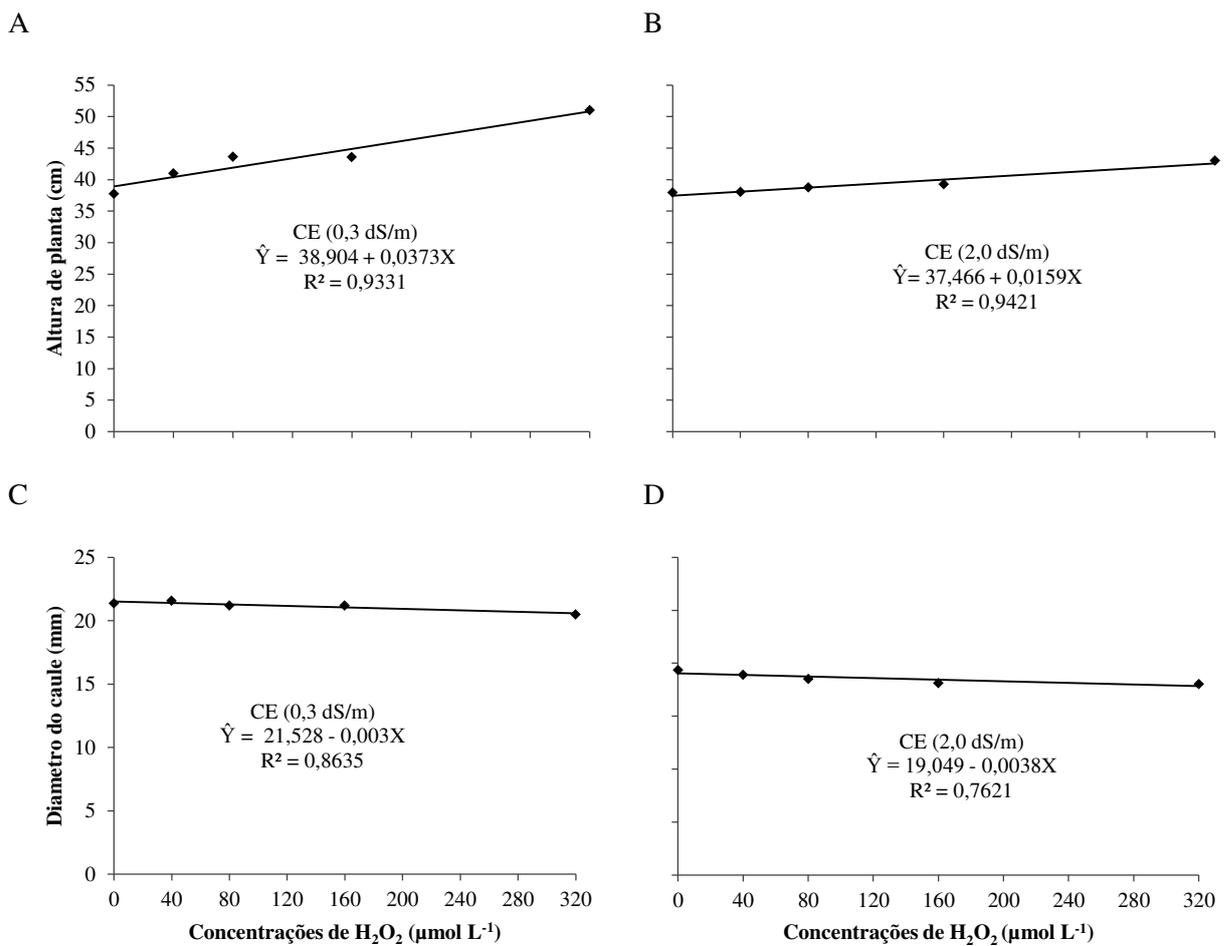


Figura 4. Altura da planta (A e B) e diâmetro do caule (C e D) em plantas de milho submetidas ao pré-tratamento de sementes com H_2O_2 e irrigadas com água salina. CCTA/UFMG, Pombal, 2015.

Para o diâmetro do caule, ocorreu situação contrária, observando-se redução linear quando se aumentou a concentração de H_2O_2 , (Figura 4C e D). Pode-se observar que as concentrações elevadas de H_2O_2 , aliadas ao estresse salino, provocaram maior alongamento das plantas, porém, com menor diâmetro. Considerando-se os valores do diâmetro do caule nos níveis de salinidade da água de irrigação, observa-se que, nas plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ apresentam valores médios superiores em relação as plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 6).

O número de folhas por planta aumentou com o aumento do H_2O_2 até a concentração de $185 \mu\text{mol L}^{-1}$, para as plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$, proporcionando um incremento de 8,42% no número de folhas por planta em relação a concentração $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , (Figura 5A). Para as plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, esse aumento ocorreu até a concentração $116,67 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , proporcionando incremento de 3,51% no número de folhas por planta em relação a concentração $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , (Figura 5B). Considerando-se os valores do número de folhas por planta nos níveis de salinidade da água de irrigação, nota-se nas plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$, os maiores valores médios em relação às plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 6).

A área foliar teve comportamento semelhante ao número de folhas, notando-se comportamento quadrático, verificando-se, ao aplicar uma concentração de H_2O_2 estimada em $184,44 \mu\text{mol L}^{-1}$ nas plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$, os maiores valores médios, constatando-se um incremento na ordem de 18,40% na área foliar em relação à concentração $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , (Figura 5C). Em vinculação às plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, nota-se que o maior valor médio foi obtido com a aplicação da concentração estimada de $157,92 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , proporcionando incremento de 12,75% na área foliar em relação a concentração $0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , (Figura 5D). Considerando-se os valores da área foliar por planta nos níveis de salinidade da água de irrigação, observam-se nas plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ valores médios superiores aos das plantas irrigadas com água de $\text{CE} = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 6).

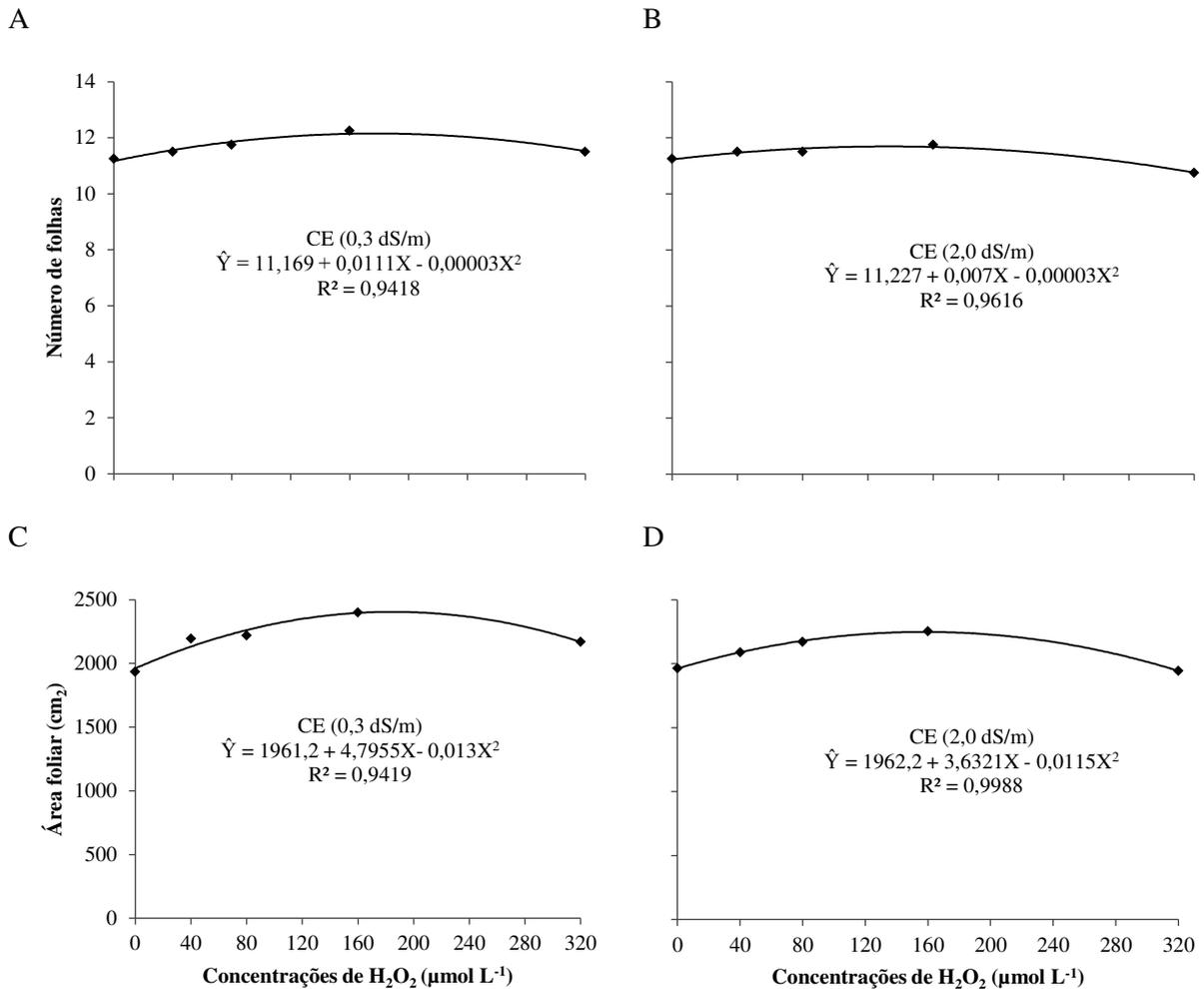


Figura 5. Número de folhas (A e B) e área foliar (C e D) em plantas de milho submetidas ao pré-tratamento de sementes com H₂O₂ e irrigadas com água salina. CCTA/UFMG, Pombal, 2015.

O efeito mais comum da salinidade sobre as plantas é a limitação do crescimento, devido ao aumento da pressão osmótica do meio e, conseqüentemente, a redução da água prontamente disponível, afetando a divisão celular e o alongamento das células (OLIVEIRA et al., 2009). A redução no crescimento foliar representa um mecanismo de defesa das plantas sob condições de estresse hídrico e salino, reduzindo as perdas de água por transpiração (TAIZ & ZEIGER, 2009). No presente trabalho, houve redução da altura de planta quando se aumentou a salinidade de 0,3 para 2,0 dS m⁻¹, de acordo com outros trabalhos, que verificaram redução significativa na altura de planta em milho pipoca (OLIVEIRA, et al., 2009), milho pipoca e milho doce (SOUZA et al., 2014), variando em torno de 26,9% e 44,7%, para milho pipoca e milho doce respectivamente, quando irrigados com água salina. Redução da altura de plantas em resposta a salinidade também foi encontrada para a cultura do milho comum e feijoeiro (TRAJANO, 1981) e no algodoeiro (JÁCOME et al., 2003).

Diferentemente da altura das plantas, os níveis crescente da concentração de H_2O_2 aliado ao estresse salino, exerceram efeitos negativos sobre o DC. No milho pipoca híbrido ‘Zélia’, irrigado com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 2,13; 2,94; 3,5 e 5,0 $dS\ m^{-1}$), o diâmetro do caule foi afetado significativamente, sendo beneficiado com o incremento da salinidade da água de irrigação até 2,13 $dS\ m^{-1}$, quando a partir desta, o diâmetro do caule foi reduzido (OLIVEIRA et al., 2009). Souza et al. (2014), estudando duas variedades de milho (milho doce e milho pipoca) sob estresse salino (0,5 e 4,5 $dS\ m^{-1}$), verificaram que houve efeito mais intenso da salinidade sobre o DC no milho pipoca, o qual apresentou redução de 15,7% quando foi irrigada com água de maior salinidade.

Oliveira et al. (2009) constataram redução significativa no número de folha por planta de milho doce a partir do nível salino de 3,5 $dS\ m^{-1}$, e este, por sua vez, apresentou redução de 32,7% em relação ao menor nível salino. Comportamento semelhante foi observado por Souza et al. (2014), também trabalhando com milho doce, em que, apresentou redução de 12,7% no NF na maior salinidade. Para a área foliar, Souza et al. (2014) notaram redução significativa quando as plantas foram irrigadas com água salina (4,5 $dS\ m^{-1}$), apresentando redução de 28,2% e 28,7% para milho doce e milho pipoca, respectivamente. Já Oliveira et al. (2009), constataram que a área foliar do milho de pipoca irrigado com água salina teve resposta positiva até a salinidade 2,94 $dS\ m^{-1}$, a partir da qual, passou a ser prejudicial às plantas. Segundo esses autores, no nível salino mais elevado (5,0 $dS\ m^{-1}$), a área foliar sofreu redução em torno de 40% em relação às plantas irrigadas com o menor nível salino (0,5 $dS\ m^{-1}$).

Tem-se evidenciado que a adição de H_2O_2 em tecidos foliares de forma exógena ou sua indução endógena age como um sinal de indução para a expressão de genes referentes à catalase, o ascorbato peroxidase, o guaiacol peroxidase e à glutathiona redutase em que, o acúmulo de H_2O_2 em tecidos específicos e em quantidades apropriadas beneficia as plantas mediando a aclimação e a tolerância cruzada a estresses bióticos e abióticos (BOWLER & FLUHR, 2000). Isso é verificado em alguns trabalhos que utiliza o H_2O_2 no combate à salinidade, a exemplo de Gondim, et al. (2011) que utilizaram o pré-tratamento em plantas de milho com H_2O_2 na concentração de 10 mM, aplicado via pulverização, sob salinidade de 0 mM e 80 mM, verificaram que, o H_2O_2 induziu a aclimação das plantas de milho ao estresse salino, revertendo parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no crescimento. Porém, resultados semelhantes não foram constatados no presente trabalho.

4.4 Acúmulo de massa seca da parte aérea

Não houve interação significativa entre a salinidade da água de irrigação e os níveis de H_2O_2 para massa seca da folha, massa seca do caule e massa seca total da parte aérea, (Apêndice 3).

Mesmo não havendo interação significativa, a massa seca da folha, do caule e total da parte aérea teve comportamento semelhante quando irrigada com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$, aumentando com o acréscimo da concentração de H_2O_2 até as concentrações de 270, 215 e 206 $\mu\text{mol L}^{-1}$, respectivamente, proporcionando incremento de 8,94%, 5,81% e 14,82% na massa seca da folha, caule e total da parte aérea, (Figura 6 A, C e E), respectivamente.

Para as plantas irrigadas com $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, não se verificou diferenças entre as médias com o aumento do H_2O_2 para massa seca da folha, (Figura 6B). Para massa seca do caule das plantas irrigadas com $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, nota-se os maiores valores quando se aplicou a concentração de 85 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , proporcionando incremento de 6,30% na massa seca do caule, (Figura 6D) em relação a concentração 0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 . Para a massa seca total da parte aérea, constatou-se incremento até a concentração de 112 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 , resultando em adição de 15,58% na massa seca total da parte aérea, (Figura 6F).

Considerando-se os valores da massa seca da folha, caule e total da parte aérea nos níveis de salinidade da água de irrigação, observa-se que as plantas irrigadas com água de $CE = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$ possuem valores médios superiores em relação as plantas irrigadas com água de $CE = 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, (Tabela 7).

Tabela 7. Massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC) e massa seca total (MST) em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e peróxido de hidrogênio (H_2O_2). CCTA/UFMG, Pombal, 2015.

Salinidade (dS/m)	MSF (g)	MSC (g)	MST (g)
0,3	10,00 a	6,38 a	16,41 a
2,0	9,74 b	6,06 b	15,77 b
CV (%)	17,79	16,59	16,55

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

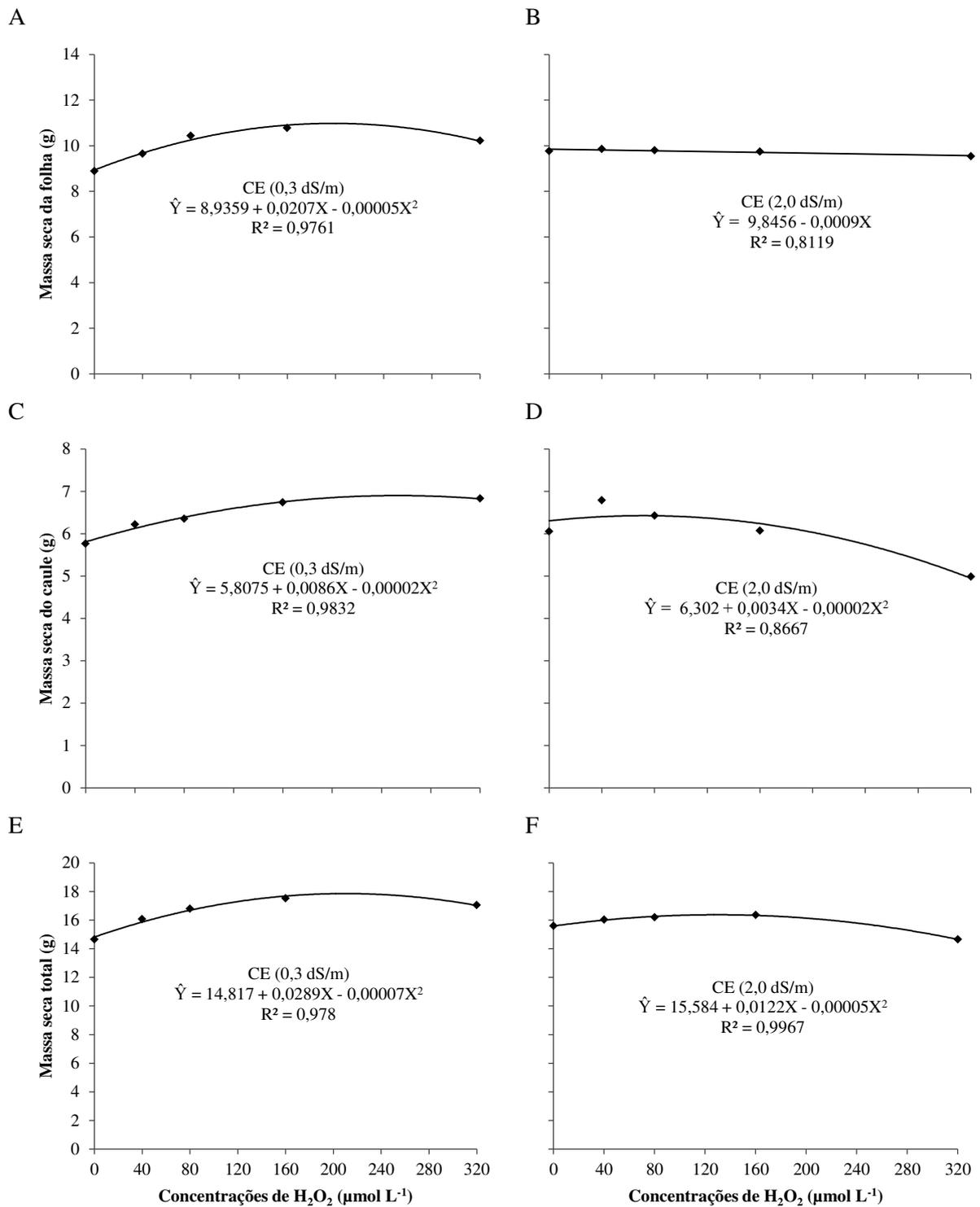


Figura 6. Massa seca da folha (A e B), massa seca do caule (C e D) e massa seca total da parte aérea (E e F) em plantas de milho submetidas ao pré-tratamento de sementes com H_2O_2 e irrigadas com água salina. CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

Redução geral no acúmulo de massa seca na planta tem sido um comportamento comum verificado por diversos autores, a exemplo de Lima et al. (2007), ao verificarem redução de 66,94% na biomassa seca da parte aérea do feijão vigna (cultivar Quarentinha),

quando o mesmo foi irrigado com água apresentando condutividade elétrica de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, em comparação a testemunha, irrigada com água de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Tawfik (2008) também verificou redução do crescimento e rendimento do feijão Vigna com o aumento das concentrações de NaCl (0, 25, 50 e 75 mM). Avaliando-se o desenvolvimento inicial de duas variedades de milho especial (milho doce e milho pipoca) irrigadas com água de baixa e alta salinidade, Souza et al. (2014) verificaram redução significativa na massa seca do caule com o aumento da salinidade, com perdas relativas de 28,9% e 44,4%, para milho doce e milho pipoca, respectivamente. Verificou-se, ainda, que o milho doce apresentou maior massa seca de folhas (MSF) nas duas salinidades, sendo superior em 39,6% e 64,9% nos níveis salinos de 0,5 e 4,5 dS m^{-1} , respectivamente, em ambas as culturas, o uso de água salina provocou redução na MSF, com maior perda ocorrendo no milho pipoca (48,6%), enquanto o milho doce apresentou redução de 39,3%.

De forma geral, percebe-se que a intensidade do efeito da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas é variável em função do órgão analisado (SOUZA, et al., 2014). Nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade, assim como a adaptação ao estresse salino varia entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos (MORALES et al., 2001). Este comportamento é atribuído, possivelmente, a redução no potencial hídrico da solução externa, gerado pelo efeito osmótico dos sais Na^+ e Cl^- , ou adição de concentrações elevadas de H_2O_2 , dificultando a absorção de água pelas raízes das plantas e, conseqüentemente, reduzindo a turgescência foliar.

Tanto em casa de vegetação quanto em condições de campo, avaliando a salinidade da água de irrigação na cultura do milho, verificou-se que a produção de MSPA das plantas sofreu decréscimo com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (OLIVEIRA et al., 2009; SOUSA et al., 2010). A redução da matéria seca da parte aérea em plantas de milho irrigado com água salina está relacionada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de salinidade do solo, logo, a redução nos valores da MSPA pode ser o reflexo do custo metabólico de energia (GARCIA et al., 2007).

5 CONCLUSÕES

O aumento da concentração de sais reduziu as trocas gasosas e o crescimento inicial das plantas de milho;

O fornecimento do H_2O_2 reduziu, no milho, o efeito estressante causado pela salinidade da água de irrigação de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ entre as concentrações de 40 e $80 \mu\text{mol L}^{-1}$;

A salinidade da água de irrigação aliada a doses elevadas de H_2O_2 causaram redução na fotossíntese, no crescimento inicial, no acúmulo de massa seca e nos teores de clorofila e carotenoides.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO C. A. **Avaliação de híbridos simples braquíticos de milho super doce (*Zea mays*) portadores do gene shrunken (sh2sh2) utilizando esquema dialélico parcial.** UNESP. 2002. 101 p. (Tese doutorado), Botucatu, SP.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB. 1991, 218 p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

AZEVEDO NETO, A. D. et al. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 162, p. 1114 - 1122, out., 2005.

BOWLER, C. & FLUHR, R. The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 5, p. 241 - 246, 2000.

CARVALHO, F. E. L.; et al. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p. 416 - 423, abr., 2011.

CONAB. **6º levantamento de safra.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 13 julho. 2015.

CRUZ, J. C. & PEREIRA FILHO, I. A. Manejo e tratos culturais para o cultivo do milho verde. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde.** Brasília: Embrapa, 2002. p. 31-49.

DAT, J. et al. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. **Cellular and Molecular Life Science**, Basel, v. 57, p. 779 - 795, mai., 2000.

ÉAUX, B. & TOLEDANO, M.B. Ros as signalling molecules: mechanisms that generate specificity in ROS homeostasis. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 8, p. 813 - 824, 2007.

FARIAS. L, L, P. **Avaliação Agronomica de híbridos de milho (*Zea mays* L.) para produção de silagem ou grãos cultivados no Distrito Federal.** Universidade de Brasília, 2013. (Monografia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF.

FERREIRA NETO, M. et al. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 1675 - 1681, nov.- dez., 2007.

FERREIRA, P. A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados.** Fortaleza, INCT Sal, 2010.

FORNASIERI FILHO D. **Manual da cultura do milho.** Jaboticabal: Funep. 2007. 576p.

FOYER, C. H. & SHIGEOKA, S. Understanding oxidative stress and antioxidant functions to enhance photosynthesis. **Plant Physiology**, Rockville, v. 155, n. 1, p. 511 - 566, jan. 2011.

GARCIA, G. O. et al. Índices fisiológicos, crescimento e produção de milho irrigado com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 307 - 325, jul. - set. 2007.

GILL, S. S. & TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and Biochemistry**, Paris: société française de physiologie végétale, v. 48, n. 12, p. 909 - 930, dec., 2010.

GONDIM, F. A. et al. Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress. **Brazilian Society of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 103 - 112, July, 2010.

GONDIM, F. A. et al. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 373 - 381, abr - jun, 2011.

GONDIM, F. A. et al. Catalase plays a key role in salt stress acclimation induced by hydrogen peroxide pretreatment in Maize. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 56, p. 62 - 71, apr., 2012.

IŞERI, Ö. D. et al. Hydrogen peroxide pretreatment of roots enhanced oxidative stress response of tomato under cold stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 35, n. 6, p. 1905 - 1913, Feb., 2013.

ISLÃ, R. & ARAGUÉS, R.. Yield and plant ion concentrations in maize (*Zea mays* L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. **Field Crops Research**, v. 116, p. 175 - 183, 2010.

JÁCOME, A.G. et al. Crescimento de genótipos de algodoeiro em função da salinidade da água de irrigação. **Acta Scientiarum**, v. 25, n. 2, p. 305 - 313, 2003.

LACERDA, C. F. et al. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under stress. **Environmental and Experimental Botany**, Kidlington, v. 49, p. 107 - 120, apr., 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: RiMa Artes e Textos, 2000. 531p.

LI, J. T. Exogenous hydrogen peroxide can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 33, n. 3, p. 835 - 842, sept., 2010.

LICHTENTHALER H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds.), **Methods in Enzimology**, v. 148, p. 350 - 382, 1987.

LIMA, C. J. G. S. et al. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 79 - 86, jul - dez., 2007.

MALLICK, N. & RAÍ, L.C. Response of the antioxidant systems of the nitrogen fixing cyanobacterium *Anabaena doliolum* to the copper. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 155, p. 146 - 149, 1999.

MELONI, D. A et al. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, Kidlington, v. 49, n. 1, p. 69 - 76, feb., 2003.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant in Science**, Oxford, v. 9, p. 405 - 410, sept., 2002.

MORAIS NETO, L. B. **Avaliação temporal do acúmulo de fitomassa e trocas gasosas do capim-canarana em função da salinidade da água de irrigação**. UFC, 2009. 74p (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

MORALES, M. A. et al. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. **Flora**, v. 196, n. 5, p.345 - 352, 2001.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance. **New Phytologist**, v. 167, n. 03, p. 645 - 663, 2005.

OLIVEIRA, F. A. et al. Desenvolvimento inicial do milho-pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 04, n. 02, p. 149 - 155, abr. - jun., 2009.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. Cultivares para o consumo verde. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa, 2002. p. 17 - 30.

PETROV, V.D. & VAN BREUSEGEM, F. Hydrogen peroxide: a central hub for information flow in plant cells. **AoB Plants**, Oxford, v. 2012, p. 1 - 13, 2012.

PRISCO, J. T. & GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse 10 salino em plantas. In: GHEYI H R; DIAS N S; LACERDA C F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, INCT Sal, 2010.

QUAN, L. et al. Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. **Journal of Integrative Plant Biology**, Victoria, v. 50, p. 2 - 18, Jan., 2008.

QUEIROZ, J.E. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI H R; DIAS N S; LACERDA C F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, INCT Sal, 2010.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiology**, v. 101, p. 7 - 12, 1993.

SCHMUTZ, U. Effect of salt stress (NaCl) on whole plant CO₂-gas exchange in mango. **Acta Horticulturae**, v. 509, n. 1, p. 269 - 276, 2000.

SOARES, A. M. S & MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Ciências Agrárias e Biológicas**, v.1, n. 1, p. 9, 2007.

SOARES, T. M. et al. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v. 12, p. 235 - 248, abr. - jun., 2007.

- SOUSA, G. G. et al. Acumulação de biomassa, teores e extração de micronutrientes em plantas de milho irrigadas com água salina. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 31, n. 2, p. 01 - 10, 2010.
- SOUZA, M. W. de L. et al. Desenvolvimento inicial de milho doce e milho pipoca sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 3, p. 65 - 62, jul - set., 2014.
- SOUZA, R. P. et al. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 586 - 592, jun., 2011.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil. 2009. 819p.
- TAWFIK, K. M. Evaluating the use of Rhizobacterin on cowpea plants grown under salt stress. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, Faisalabad, v. 4, n. 1, p. 26 - 33, jan., 2008.
- TERZI, R. et al., Hydrogen peroxide pretreatment induces osmotic stress tolerance by influencing osmolyte and abscisic acid levels in maize leaves. **Journal of Plant Interaction**, Oxon, v. 9, n. 1, p. 559 - 565, jan., 2014.
- TRAJANO, M. D. M. **Acúmulo de sais no solo e comportamento de algumas plantas tratadas com água salina**. UFPB, 1981. (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.
- UCHIDA, A. et al. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. **Plant Science**, Clare, v. 163, n. 03, p. 515 - 523, sept., 2002.
- USDA, (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE), World corn supply and use. World agricultural supply and demand estimates. 2013. Disponível em: <<http://usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>> Acesso em: 13 julho. 2015.
- USDA, (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE), U.S. Sweet corn statistics. 2010. Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1564>>. Acesso em: 15 ago. 2010.
- VAN BREUSEGEM, F. et al. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**, Clare, v. 161, p. 405 - 414, aug., 2001.
- WAHID, A. et al. Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 164, p. 283 - 294, mar., 2007

APÊNDICES

Apêndice 1. Fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (Gs) e concentração intercelular de CO₂ (Ci) em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e peróxido de hidrogênio (H₂O₂). CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

FV	GL	A	E	Gs	Ci
Salinidade (S)	1	268,03**	36,95**	47,12**	19,69**
H ₂ O ₂	4	6,14**	4,12**	6,03**	0,41 ^{ns}
S x H ₂ O ₂	4	8,01**	1,10 ^{ns}	1,54 ^{ns}	2,30 ^{ns}
Resíduo	30				
CV (%)		3,60	9,07	6,49	16,78

** e *, significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. Valores de F e significância.

Apêndice 2. Clorofila A (CLA), clorofila B (CLB), clorofila total (CLT) e carotenoides (CART) em plantas de milho submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e peróxido de hidrogênio (H₂O₂). CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

FV	GL	CLA	CLB	CLT	CART
Salinidade (S)	1	3,67 ^{ns}	3,90 ^{ns}	11,97**	6,65*
H ₂ O ₂	4	1,36 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,96 ^{ns}	1,57 ^{ns}
S x H ₂ O ₂	4	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Resíduo	30				
CV (%)		17,98	18,11	20,10	20,27

** e *, significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. Valores de F e significância.

Apêndice 3. Altura de planta (AP), área foliar (AF), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF) e massa seca total (MST) em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e peróxido de hidrogênio (H₂O₂). CCTA/UFCG, Pombal, 2015.

FV	GL	AP	AF	NF	DC	MSC	MSF	MST
Salinidade (S)	1	19,88**	0,00 ^{ns}	2,57 ^{ns}	215,24**	1,22 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,59 ^{ns}
H ₂ O ₂	4	8,14**	0,73 ^{ns}	2,68*	5,42**	0,48 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,53 ^{ns}
S x H ₂ O ₂	4	2,32 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2,40 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Resíduo	30							
CV (%)		6,42	16,83	5,14	2,87	17,79	16,59	16,55

** e *, significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. Valores de F e significância.