



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ROSÂNGELA KAIANE OLIVEIRA DE LIMA

**GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE
ESTRESSES TÉRMICO E SALINO**

FORTALEZA

2019

ROSÂNGELA KAIANE OLIVEIRA DE LIMA

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE ESTRESSES
TÉRMICO E SALINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho
Coorientador: Me. Charles Lobo Pinheiro

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L71g Lima, Rosângela Kaiane Oliveira de.
Germinação e vigor de sementes de soja em condições de estresses térmico e salino / Rosângela Kaiane Oliveira de Lima. – 2019.
43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.
Coorientação: Prof. Me. Charles Lobo Pinheiro.

1. Glycine max. 2. Fatores abióticos. 3. Salinidade. 4. Temperatura. I. Título.

CDD 630

ROSÂNGELA KAIANE OLIVEIRA DE LIMA

GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA EM CONDIÇÕES DE ESTRESSES
TÉRMICO E SALINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 18/11/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Charles Lobo Pinheiro (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Maria Lílian dos Santos Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Paloma Rayane Pinheiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

*À Deus, aos meus pais, Ricardo de Lima
Correia e Francisca Jeane Oliveira de Lima.
Vocês são o meu bem mais precioso.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me dar sabedoria para escolher os meus caminhos, por, em seu infinito amor, me fazer ter fé em mim e me conceder forças nos momentos de aflições e inseguranças, me fazendo acreditar que eu posso ser alguém melhor todos os dias.

À toda minha família, que sempre me acompanhou e manifestou a mais sincera torcida e orgulho por mim durante esses anos. Obrigada por serem a minha base, por toda a ajuda e carinho. Amo todos vocês.

Ao meu amado pai, Ricardo de Lima Correia, por sempre estar ao meu lado como um reflexo do que eu desejo me tornar como pessoa, por me incentivar e acreditar na minha capacidade, por comemorar cada pequena vitória ao longo desses anos e por se orgulhar dos meus passos.

À minha amada mãe, Francisca Jeane Oliveira de Lima, por ter se orgulhado de mim, mesmo não compreendendo muito bem os ofícios do meu curso, me dando assim uma prova de amor incalculável, fundamental para mim nesses anos.

Ao meu querido irmão, Hudson Kaíque Oliveira de Lima, por toda a sua ajuda, torcida e por estar presente em todos os momentos em que eu verdadeiramente precisei. Obrigada irmão!

Ao meu querido namorado, Derek Gustavo Barbosa Pereira, por todo o amor, carinho e compreensão comigo. Por se fazer presente nos momentos que mais precisei desabafar, por me dar o seu ombro e me escutar por longas horas, pela imensa ajuda na realização deste trabalho. Pelas suas palavras de incentivo, por acreditar em mim quando nem eu acreditei, pelos seus esforços em me fazer feliz e acima de tudo, por ser meu companheiro de vida. Obrigada amor.

Ao grupo Agromáfia, o qual desde o início do curso foi uma base de apoio e companheirismo, tornando os mutirões de estudos mais leves e divertidos, pelo compartilhamento de conhecimentos e sentimentos de alegria, alívio, nervosismo e até tristeza pré e pós provas. Agradeço pelos momentos que vocês me fizeram rir (tantos) e me ajudaram (muitos). Espero que vocês tenham sucesso na vida. Apesar da distância e outros motivos, sempre lembrarei que o grupo fez parte da minha trajetória acadêmica. Obrigada!

À professora Haynna Abud, por gentilmente ter me concedido as sementes para realização deste experimento e a todos do Laboratório de Solo, Água e Planta do departamento de Engenharia Agrícola, pelo suporte na realização das análises químicas.

A todos do Laboratório de Análise de Sementes, o melhor, por todo o carinho ao me receber e pela contribuição para a minha formação profissional durante meus dois anos como bolsista. Por toda a ajuda que me deram, pelos bolos de sexta-feira, e por terem sido como uma família para mim. Vocês são diferenciados, obrigada por tudo.

À minha banca avaliadora deste trabalho, Prof. Sebastião Medeiros, Charles Lobo, Maria Lílian e Paloma Rayane, pela ajuda, compreensão, apoio e por estarem comigo nessa fase tão significativa da minha vida acadêmica. Obrigada!

À Universidade Federal do Ceará, por proporcionar meios e condições para me tornar esta profissional e contribuir para ampliar minha visão do mundo.

E a todos(a) que de alguma forma contribuíram com essa etapa da minha vida e torceram por mim, meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

O conhecimento acerca das condições ótimas para o desenvolvimento de culturas agrícolas é de fundamental importância para uma produção exitosa, visto que etapas do crescimento de espécies podem ser afetadas negativamente por fatores abióticos, como temperatura e salinidade, principalmente sob condições de estresse. Em decorrência disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a germinação e o vigor de sementes de soja, *Glycine max* cv. 5T7971PRO, sob condições de estresse térmico e salino. A montagem do experimento deu-se em rolos de papel Germitest® umedecidos com água destilada (testemunha), ou solução salina obtida através da diluição de Cloreto de Sódio (NaCl) em água destilada nas concentrações de 3, 6, 9, 12 e 15 dS m⁻¹, os quais foram mantidos em germinadores do tipo B.O.D. a temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35°C por 10 dias. As variáveis analisadas foram: germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento, matéria seca e concentração de íons, sódio e potássio, na raiz e na parte aérea das plântulas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e os que apresentaram diferença significativa ao nível de 5% tiveram comportamento representado por meio de modelos de regressões. Com exceção da germinação as demais variáveis de vigor analisadas apresentaram pouca tolerância aos efeitos do aumento das concentrações salinas e da temperatura, com resultados mais severos observados na concentração de 15 dS m⁻¹ e na temperatura de 35°C.

Palavras-chave: *Glycine max*, Fatores abióticos, Salinidade, Temperatura.

ABSTRACT

The knowledge about the optimal conditions for the development of crops is of fundamental importance for a successful production since species growth stages can be negatively affected by abiotic factors such as temperature and salinity, especially under stress conditions. As a result, the present work aimed to evaluate the germination and vigor of soybean seeds, *Glycine max* cv. 5T7971PRO, under conditions of heat and salt stress. The experiment was set up in Germitest[®] paper rolls moistened with distilled water (control) or saline obtained by diluting sodium chloride (NaCl) in distilled water at concentrations of 3, 6, 9, 12 and 15 dS m⁻¹, which were kept in B.O.D type germinators at constant temperatures of 20, 25, 30 and 35°C for 10 days. The variables analyzed were germination, germination speed index, length, dry matter and concentration of ions, sodium and potassium, in the root and shoots of seedlings. The results that presented a significant difference at the 5% level had behavior represented by regression models. With the exception of germination, the other vigor variables analyzed showed little tolerance to the effects of increased salt concentrations and temperature, with more severe results observed at 15dS m⁻¹ and 35°C.

Keywords: *Glycine max*, Abiotic factors, Salinity, Temperature.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Recipientes plásticos alocando rolos contendo sementes em B.O.D.....	25
Figura 2 - Sacos de papel contendo material vegetal em estufa para processo de secagem.....	26
Figura 3 - Tubos de ensaio em banho-maria.....	27
Figura 4 - Vidros identificados contendo extratos (A); Fotômetro de chama (B).....	28
Figura 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes de soja sob estresse térmico e salino.....	31
Figura 6 - Comprimento de plântulas de soja sob estresse térmico e salino.....	32
Figura 7 - Matéria seca de plântulas de soja sob estresse térmico e salino,	33
Figura 8 - Concentração de sódio Na ⁺ (A, B) e K ⁺ (C, D) em plântulas de soja sob estresse térmico e salino.....	35
Tabela 1 - Análise de variância com o quadrado médio do efeito do estresse térmico e salino nas variáveis de vigor de sementes de soja.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
BOD	Demanda biológica de oxigênio
CE	Ceará
CEa	Condutividade elétrica da água destilada
CEd	Condutividade elétrica para qual a solução será ajustada em dS.m^{-1}
cm	Centímetros
CV	Coefficiente de variação
cv	Cultivar
dS.m^{-1}	DeciSiemens por metro
<i>et al</i>	E outros
FV	Fonte de variação
G	Germinação
g	Grama
GL	Grau de liberdade
IVG	Índice de velocidade de germinação
K^+	Íon potássio
K^+ (PA)	Concentração de potássio na parte aérea
K^+ (R)	Concentração de potássio na raiz
mol/L	Concentração molar por litro
ml	Mililitro
mmol/g	Milimol por grama
MS (PA)	Matéria seca da parte aérea
MS (R)	Matéria seca da raiz
Na^+	Íon sódio
NaCl	Cloreto de sódio
Na^+ (PA)	Concentração de sódio na parte aérea
Na^+ (R)	Concentração de sódio na raiz
ns	Não diferem significativamente
PA (cm)	Comprimento da parte aérea em centímetros
R (cm)	Comprimento da raiz em centímetros

LISTA DE SÍMBOLOS

*	Diferença significativa a 5%
**	Diferença significativa a 1%
°C	Grau Celsius
®	Marca registrada
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVO.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	Aspectos gerais da soja.....	17
3.2	Produção de soja no Nordeste brasileiro.....	18
3.3	Fatores abióticos e sua influência na produção de soja.....	20
3.4	Salinidade e o seu efeito na germinação e desenvolvimento da soja.....	22
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1	Germinação.....	29
5.2	Índice de velocidade de germinação.....	30
5.3	Comprimento.....	31
5.4	Matéria seca.....	33
5.5	Concentração de Na⁺ e K⁺.....	34
6	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas agrícolas de maior relevância no mercado global, com elevada contribuição na economia brasileira, possui diversos usos, tanto na agroindústria, como na indústria química e de alimentos (COSTA NETO; ROSSI, 2000). Amplamente distribuída no território nacional, possui grande área de cultivo com aproximadamente 35 milhões de hectares, além de elevado potencial para aumentar a produção no país (CONAB, 2018).

Fatores como constituição genética, condições ambientais e a interação entre genótipo e ambiente definem a produtividade de espécies agrícolas vegetais, com reflexo no sucesso da germinação e do vigor das sementes. Assim, a cultura possui um potencial produtivo máximo determinado pela sua genética, que pode sofrer modificações em decorrência de fatores ambientais como temperatura, umidade, salinidade do solo e fotoperíodo, por exemplo (CARGNIN *et al.*, 2006). Nesse contexto, a planta necessita de condições ambientais favoráveis, principalmente nos estádios iniciais de crescimento, para que seja possível garantir altos rendimentos e expressar seu máximo desenvolvimento e produtividade em condições de campo (TEJO *et al.*, 2019).

Segundo Pitman & Lauchli (2002), condições térmicas e salinas estão dentre os principais fatores abióticos responsáveis por intervir no cultivo, na produção e na produtividade da soja, que apesar de ser caracterizada como glicófita tolerante a sal, ainda pode sofrer danos graves devido a exposição a condições adversas de salinidade, com reflexo negativo direto na germinação e no vigor das sementes, em detrimento de alguns fatores como, menor disponibilidade de água, toxicidade iônica e desordem nutricional, ocasionadas por concentrações elevadas de sais nos solos (QUEIRÓS, 2001).

A temperatura também pode afetar o crescimento inicial de sementes de soja, a qual em condições de estresse, interfere de forma desfavorável no desenvolvimento das sementes, comprometendo o crescimento vegetativo, além de prejudicar etapas posteriores do desenvolvimento da cultura, como a floração e a formação das vagens, no caso de temperaturas muito elevadas, situação que pode ser agravada pela ocorrência de déficit hídrico no solo, sendo este muitas vezes intensificado pela presença de sal no meio de crescimento (FARIAS *et al.*, 2007).

De acordo com Cirilo *et al.* (2010), o cultivo da soja tem se expandido principalmente na região Nordeste, caracterizada por conjuntos de solos com elevados níveis de sais, baixa pluviosidade e temperaturas elevadas, assim, faz-se necessário conhecer o comportamento da cultura nessas localidades, para que seja possível otimizar o manejo nessas áreas, a fim de se obter uma produção elevada, equivalente a de outras regiões com condições naturalmente mais favoráveis ao cultivo.

Com isso, o estudo acerca da soja e do seu relacionamento com os principais fatores que influenciam a germinação, o vigor, e conseqüentemente a produção, pode vir a possibilitar futuros programas de melhoramento genético para o cultivo, viabilizando a descoberta de técnicas de manejo alternativas e a produção de novas cultivares mais adaptadas às condições adversas características do cenário nordestino (VIEIRA, 2011).

2. OBJETIVO

A pesquisa teve como objetivo analisar a tolerância das sementes de soja cv. 5T7971PRO, durante a fase de germinação, quando semeadas em substrato com diferentes níveis de sais e submetidas à distintas condições térmicas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da soja

A soja cultivada é uma planta anual, de porte herbáceo, com grande variabilidade genética (EMBRAPA SOJA, 2004), pertencente a classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Leguminosae, gênero *Glycine* e espécie *Glycine max*. Possui ciclo de vida variando entre 70 e 200 dias, para cultivares precoces e tardias, respectivamente (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016). É um dos mais antigos produtos agrícolas cultivados que a humanidade tem conhecimento, com provável centro de origem e domesticação em regiões do nordeste da Ásia, na região central da China (CHUNG; SINGH, 2008), sendo posteriormente dispersa para o Ocidente através de navegações.

Para atingir um bom desenvolvimento vegetal, a soja necessita de condições favoráveis ao cultivo, com necessidade hídrica variando entre 450 e 800mm/ciclo (EMBRAPA, 2011), a disponibilidade de água é essencial principalmente nos processos de germinação, floração e enchimento dos grãos. A faixa de temperatura ideal para a cultivo situa-se entre 20 e 30°C, podendo a planta sofrer danos negativos no crescimento quando submetida a condições térmicas divergentes. Além disso, a espécie é considerada uma planta de dias curtos, devido à alta sensibilidade ao fotoperíodo dependendo da cultivar (SMIDERLE, *et al.*, 2009; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

As sementes apresentam conformidades ovais, globosas ou elípticas, com tegumento variando entre amarelo, preto ou verde e hilo marrom, preto ou cinza. O grão de soja possui excelente qualidade nutricional, sendo composto em média por 15% a 20% de gordura, com destaque para o teor de proteína que apresenta 35% a 40% na sua composição, 30% de carboidratos, 10% a 13% de umidade e cerca de 5% de minerais e cinzas podendo variar, conforme a variedade e condições de crescimento (FUCHS *et al.*, 2005; A SOJA, 2007; DALL'AGNOL *et al.*, 2007), sendo, portanto, muito utilizada como matéria-prima pela agroindústria, indústria química e de alimentos, pela variedade de seus subprodutos, como farinha de soja desengordurada, usos industriais, óleo cru, soja torrada, entre outros (EMBRAPA, 2012).

O sistema radicular é constituído de eixo principal e raízes secundárias, sendo classificado comumente como difuso, visto o baixo desenvolvimento da raiz principal (SEDIYAMA *et al.*, 1985), e as raízes são capazes de estabelecer simbiose com bactérias do gênero *Bradirhizobium*, fixadoras de nitrogênio (MASCARENHAS *et al.*, 2005). As folhas

exibem cor verde pálida ou escura e são classificadas em cotiledonares, simples, compostas trifolioladas e prófilos simples, já o caule é herbáceo, ramoso e ereto, podendo as plantas apresentarem hábito de crescimento determinado, semideterminado ou indeterminado (MÜLLHER, 1981).

O fruto é um legume também conhecido como vagem e apresenta-se arqueado e peludo, sendo formado por duas valvas de um carpelo simples. Possui variação na coloração, podendo ser amarelo-palha, cinza ou preto (MÜLLHER, 1981). A flor da soja é completa e possui coloração variando entre branco e púrpura, (VERNETTI; JUNIOR, 2009). Com reprodução autógama, a espécie apresenta taxa de fecundação cruzada menor que 1% (SEDIYAMA *et al.*, 2005).

Por conta de suas características e rentabilidade, a soja possui um papel de destaque na economia e comércio, principalmente devido a vasta diversidade de utilidades, sendo usada como ingrediente em rações para animais, óleo vegetal comestível, biocombustíveis, (KOHLHEPP, 2010; BOEREMA *et al.*, 2016), e larga aplicação também na alimentação humana, onde é classificada como alimento funcional, em razão de dispor de excelentes propriedades nutricionais e produzir efeitos benéficos à saúde (PACHECO; SGARBIERI, 2001).

3.2 Produção e expansão da sojicultura para o nordeste brasileiro

A soja é uma grande referência no mercado agrícola mundial, com apenas três países, Estados Unidos (EUA), Brasil e Argentina, assumindo cerca de 82% da produção global. Como resultado do destaque da sojicultura na economia nacional, o Brasil ocupa o primeiro lugar mundial na exportação de soja (ESPÍNDOLA; CUNHA, 2015), e a segunda posição mundial na produção de grãos, sendo ultrapassado apenas pelos Estados Unidos (EMBRAPA, 2018).

Explorado inicialmente na região Sul do Brasil, o cultivo de soja teve sucesso a partir da década de 40, tornando-se a principal cultura do agronegócio nacional nos anos 70, em razão da semelhança climática do Sul com o seu ecossistema de origem, região Sul dos EUA, o que contribuiu para a cultura obter rápido desenvolvimento e expansão nessas localidades (DALL'AGNOL, 2016). Completando 137 anos no Brasil em 2019, apresenta adaptabilidade a diferentes climas e solos nacionais após contínuo processo de evolução e

melhoramento vegetal, o que proporcionou a expansão da cultura na região Nordeste (FREITAS, 2011).

Com uma produção de aproximadamente 113,804 milhões de toneladas em 2017, o Brasil arrecadou cerca de U\$ 31,7 bilhões com 73,7% da produção anual exportada (ABIOVE, 2017). Assim, com 57% da área brasileira cultivada, a soja é a principal responsável pelo aumento de área agricultável no país (CONAB, 2016), além de ser a cultura que mais contribui para o setor de exportações do agronegócio, assumindo 45,05% das exportações brasileiras (AGROSTAT, 2018), com participação garantida no comércio agrícola, principalmente nos setores alimentício e industrial, pela produção dos seus principais subprodutos: grãos, farelo e óleo (DIAS, 2017).

O progresso em setores como o de mecanização agrícola e o de melhoramento vegetal, juntamente com a modernização de técnicas de manejo do solo e de pragas e doenças, facilitou o desenvolvimento de cultivares de soja de alta produtividade, aptas a uma maior variedade de regiões, com destaque para a expansão na região Nordeste, antes considerada fronteira agrícola apenas alternativa, se tornando uma nova região de interesse por produtores (FREITAS, 2011). O cenário brasileiro atual de soja cultivada conta com aproximadamente 100% de espécies melhoradas geneticamente (EMBRAPA, 2017), o que desenvolveu um cenário otimista e promissor ao cultivo e à expansão da produção de soja em várias regiões.

Com a considerável expansão da soja para o Nordeste, elevou-se a necessidade de otimizar o rendimento e a qualidade do cultivo e das sementes produzidas para atender à crescente demanda (ZAMBIAZZI *et al.*, 2017). Nesse contexto, a região vem ganhando relevância no cenário do agronegócio brasileiro através da exploração da sojicultura, com destaque no comércio nacional de grãos para os estados produtores Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, que juntos dão nome a uma importante fronteira agrícola popularmente conhecida como “Mapitoba”, que engloba áreas antes cultivadas somente com outras espécies agrícolas (FREITAS, 2011; CARVALHO *et al.*, 2012).

A produção de soja no Nordeste é mais comumente encontrada em regiões de cerrado, por apresentarem condições mais adequadas ao cultivo, como topografia plana ou pouco ondulada, o que facilita o manejo da cultura, e também pela desvalorização da terra nessas regiões em relação a outras áreas produtoras, resultando em menores preços para a aquisição e a manutenção de terras pelos produtores (BRAINER, 2013). Com 5,1 milhões de toneladas, a produção nordestina supera apenas a da região Norte, 3,8 milhões de toneladas,

sendo uma região promissora, porém ainda pouco expressiva no setor produtivo. Nesse cenário, o estado da Bahia é o maior produtor nordestino, ocupando o sétimo lugar no ranking nacional de produção, com 3,2 milhões de toneladas. Outros estados que possuem relevante produção para o Nordeste são o Maranhão e o Piauí, com 1,3 milhão e 645 mil toneladas, respectivamente (COELHO; XIMENES, 2016).

No entanto, apesar de a atividade agrícola ter papel de destaque na economia nordestina, alguns parâmetros como questões ambientais, deficiência logística, retardo tecnológico, falta de crédito e falta de assistência técnica, ainda são consideráveis obstáculos ao desenvolvimento dessa atividade na região (CASTRO, 2012), fazendo com que a região ainda não seja explorada em seu pleno potencial.

3.3 Influência de fatores abióticos na sojicultura

Apesar da sojicultura no Brasil ter atingido rendimentos expressivos com elevados potenciais de produtividade ao longo do território, a presença de fatores abióticos desfavoráveis à cultura pode reduzir significativamente o cultivo e a produtividade dessa espécie. Nesse contexto, Mohammadi *et al.* (2012) apontam fatores abióticos que afetam o desenvolvimento de plantas de soja, dentre eles os principais são, déficit hídrico, concentração de sal no solo, temperatura, estresse oxidativo e toxicidade por metais pesados.

Dos elementos que mais interferem na produção da soja, a disponibilidade hídrica, a salinidade, o fotoperíodo e a temperatura, são os que causam maior prejuízo ao desenvolvimento da cultura (FARIAS *et al.*, 2007), visto que em condições de estresse, esses fatores podem afetar negativamente desde o início do crescimento vegetal, acarretando consequências severas ao longo dos estádios de desenvolvimento posteriores.

A água é um dos elementos mais limitantes à produtividade agrícola (FERNANDES; CAIRO; NOVAES, 2015). Diante disso, a seca, agravada por altas temperaturas, é considerada o fator abiótico mais severo do ponto de vista econômico, pelo seu efeito negativo direto na produtividade das culturas (MOHAMMADI *et al.*, 2012), ocasionando plantas com baixa estatura, folhas murchas, redução da área foliar, encurtamento de entrenós, taxa respiratória e atividade fotossintética reduzidos (GAVA, 2014), além de modificações na eficiência de uso da água e ativação de mecanismos de defesa contra danos oxidativos (SHINOZAKI; YAMAGUSHO-SHINOZAKI, 2007). Com necessidade média de 450 a 800

mm de água por ciclo para garantir uma boa germinação e manter suas atividades vitais, vale salientar que tanto o excesso como a escassez de água são prejudiciais ao estabelecimento da soja, sendo o excesso hídrico ainda mais severo que a falta de água (FARIAS *et al.*, 2007), isso devido as espécies expostas a condições de seca e elevadas temperaturas apresentarem mecanismos, como constituintes celulares protegidos ou reparados, que admitem a sua sobrevivência, reduzindo assim os danos da desidratação (MITRA, 2001).

A temperatura é outro elemento meteorológico taxativo ao sucesso da produção da soja, à medida que influencia na germinação, crescimento, floração, frutificação, reações químicas e ainda na absorção de água e nutrientes pela planta, além de contribuir na determinação da duração de etapas do desenvolvimento vegetal (SEDIYAMA; BARROS, 2009). Com faixa de temperatura ótima entre 20 e 30°C, o cultivo da soja é prejudicado em regiões onde as temperaturas atingem valores menores ou iguais a 10°C, devido ao crescimento vegetativo nessas condições ser pouco expressivo (FARIAS *et al.*, 2009). Além disso, temperaturas do solo abaixo de 20°C prejudicam a germinação e a emergência das plântulas e acima de 40°C o crescimento é prejudicado, estimulando danos no processo de florescimento e redução da capacidade de retenção de vagens, refletindo severamente na produtividade (EMBRAPA, 2013).

Considerada uma planta de dia curto, a sensibilidade da soja ao fotoperíodo é uma característica variável entre as cultivares, limitando a capacidade de uma adaptação mais abrangente da cultura, visto que condições de fotoperíodo acima do nível crítico para a cultivar resultam em atraso no processo de florescimento, prejudicando o desempenho do desenvolvimento (FARIAS *et al.*, 2007). Além disso, a reação fotoperiódica é responsável por interferir no peso das sementes, altura, quantidade de ramificações e número de vagens por planta (SEDIYAMA; BARROS, 2009).

Solos com condutividade elétrica maior que 4,0 dS m⁻¹ detém um elevado acúmulo de sais capaz de alterar o desenvolvimento de espécies vegetais, reduzindo o crescimento de plantas (FLOWERS, 2004), e conseqüentemente a produção de biomassa destas. Nesse contexto, em razão da capacidade de tolerância à salinidade, as plantas podem ser classificadas em halófitas, as espécies vegetais que conseguem crescer e se desenvolver bem em ambientes com elevadas concentrações de sais, e glicófitas, aquelas que tem o seu crescimento e desempenho prejudicados devido a incapacidade de se desenvolverem em condições salinas (ORCUTT; NILSEN, 2000).

3.4 Salinidade e o seu efeito na germinação e desenvolvimento de sementes de soja

A resposta das espécies vegetais à salinidade é um fenômeno complexo, devido ao estresse salino possibilitar distúrbios em funções metabólicas, fisiológicas e anatômicas, sendo responsável por afetar severamente o crescimento vegetal (DUTRA *et al.*, 2017). Como as sementes exploram basicamente a camada mais superficial do substrato, a germinação e o crescimento inicial são mais prejudicados pelos efeitos da salinidade, devido o maior acúmulo de sais se situar nessas camadas e estas apresentarem redução da umidade facilitada pela evaporação (HOORN, 1991).

Dessa forma, a ação dos sais no meio de crescimento de espécies vegetais tem potencial para inibir a germinação, o estabelecimento preliminar e o desenvolvimento adequado das plântulas, além de desencadear estresse osmótico e ainda estresse por fitotoxicidade iônica específica, os quais acarretam redução da absorção de nutrientes e do crescimento da planta, com reflexo negativo na produtividade da cultura (MARQUES *et al.*, 2011; HARTER *et al.*, 2014).

A tolerância de espécies vegetais ao estresse salino é mais comumente determinada através da porcentagem de germinação das sementes em substratos salinos, (LIMA; TORRES, 2009), e esse resultado quando comparado ao controle atua como um indicador do nível de tolerância da espécie à salinidade (GÓIS *et al.*, 2008). Ainda através desse método é possível verificar a tolerância das plantas aos sais em estádios subsecutivos do desenvolvimento por meio do desempenho da germinação (TAIZ; ZEIGER, 2006). Embora concentrações elevadas de sais no solo torne o meio de crescimento desfavorável à maioria das espécies vegetais, independente da origem da salinidade (PEDROTTI *et al.*, 2015), o nível com que o estresse salino afeta o processo germinativo e o desenvolvimento inicial de plântulas é dependente de muitos elementos, entre eles, a espécie vegetal, a intensidade e duração do estresse e o estágio de desenvolvimento da planta (DUTRA *et al.*, 2017).

Em condições de estresse salino, ocorre também estresse osmótico com a entrada de íons, em particular Na^+ e Cl^- , em concentrações suficientes que os tornam responsáveis por causar toxicidade sobre o embrião e/ou células da membrana do endosperma e afetar a divisão e a diferenciação celular, a atividade de enzimas e o fluxo de nutrientes, retardando a emergência das plântulas e a mobilização de reservas, comprometendo assim a efetividade do desenvolvimento das sementes (VOIGT *et al.*, 2009). De forma indireta, outro efeito da salinidade é a indução de estresse oxidativo, ao estimular a produção de espécies reativas de

oxigênio (ERO's), como por exemplo, o radical superóxido (O_2^-) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), os quais em grandes quantidades geralmente possuem efeito tóxico mediante reação com vegetais e outros seres vivos (GILL, *et al.*, 2013).

Na região semiárida do nordeste brasileiro a maior parte da água utilizada para irrigação nas pequenas propriedades possui elevados teores de sais, (SUASSUNA; AUDRY, 2005), uma vez que as fontes de água estão localizadas em solos salinos, característica representativa dos solos nordestinos (CIRILO *et al.*, 2010). Assim, o constante uso da irrigação com água salina acarreta o comprometimento qualitativo dos solos, ocasionando prejuízos ambientais e econômicos à região, prejudicando o desenvolvimento das culturas agrícolas (RIBEIRO, 2010). Nessas regiões a situação pode ser mais agravada levando-se em consideração as condições características do clima nordestino favoráveis à salinidade como, distribuição irregular e escassez de chuvas, altas temperaturas, elevados índices de evaporação e baixa umidade relativa do ar (DÍAZ-LOPES *et al.*, 2012).

Como o processo germinativo das sementes e o estabelecimento inicial das plântulas são parâmetros dependentes da disponibilidade hídrica local, devido a maior sensibilidade dos vegetais ao déficit hídrico nas fases iniciais do desenvolvimento (TSUKAMOTO *et al.*, 2013), é importante salientar que o acúmulo de sais no solo ocasiona redução do potencial hídrico do meio de crescimento, que tem como consequência a diminuição na disponibilidade de água necessária à ativação e manutenção do metabolismo das sementes (BEWLEY *et al.*, 2013).

Assim, é de relevância o estudo acerca do comportamento da germinação e desenvolvimento inicial de sementes sob efeito do estresse salino, pois através deste é possível determinar e conhecer capacidades de tolerância e habilidades de adaptação de espécies ao meio, visto que sementes germinando sob efeitos de estresse detêm vantagens ecológicas em detrimento de outras que são mais vulneráveis (LAVEZO *et al.*, 2015).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, nos meses de agosto a setembro de 2019. Foram utilizadas sementes de soja cv. 5T7971PRO. As sementes foram submetidas a condições de estresse térmico e salino.

A semeadura foi realizada em folhas de papel Germitest[®], previamente esterilizadas em autoclave durante 20 minutos a 121°C, e posteriormente umedecidas com solução salina, para simulação do estresse salino, na proporção equivalente a 3 vezes a massa do papel seco (BRASIL, 2009). As soluções salinas aplicadas foram preparadas com base na diluição de Cloreto de Sódio (NaCl) em água destilada, nas concentrações de 0 (controle), 3, 6, 9, 12 e 15 dS m⁻¹, seguindo a equação (1) de Rhoades *et al.* (1992). Os valores obtidos foram transformados para mol/L e, em seguida, multiplicados pelo peso molar do NaCl (58,44g/mol), a fim de se determinar a quantidade necessária para suas respectivas concentrações, em g de NaCl/L.

$$mmol_c.L^{-1} = (CEd - CEa) \times 10 \dots\dots\dots(1)$$

Em que:

CEd = condutividade elétrica para qual a solução será ajustada em dS m⁻¹;

CEa = condutividade elétrica da água destilada, utilizada para a diluição do NaCl, em dS m⁻¹.

Para simulação do estresse térmico, os substratos foram submetidos a temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35°C, em germinadores do tipo Demanda Biológica de Oxigênio (B.O.D.), com variação ajustada para ±2°C e fotoperíodo com 12 horas de luz. Os rolos com as sementes foram acondicionados em sacos plásticos transparentes e alocados em recipientes plásticos contendo 4 rolos por saco, ainda um saco plástico transparente foi colocado cobrindo o recipiente com o objetivo de reter a umidade, e estes foram dispostos de forma aleatória na B.O.D., permanecendo nesse ambiente por 10 dias (Figura 1). O experimento resultou em 24 tratamentos, com 4 repetições cada, utilizando 25 sementes por unidade experimental.

Figura 1 – Recipientes plásticos alocando rolos contendo sementes em B.O.D.



Fonte: Rosângela Lima, 2019.

Germinação:

A germinação foi determinada até o décimo dia de incubação e utilizou-se como parâmetro para contagem de sementes germinadas a emissão da radícula e a quantificação do resultado foi expressa em percentual calculado por meio da seguinte equação (2):

$$PG = \frac{NG}{NS} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Em que:

- PG = Porcentagem de germinação;
- NG = Número de sementes germinadas no 10º dia;
- NS = Número de sementes semeadas.

Índice de velocidade de germinação (IVG):

Durante o período de incubação, contabilizou-se diariamente o número de sementes germinadas de acordo com Brasil (2009), e então calculou-se a velocidade de germinação das sementes por meio da fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{T_1} + \frac{G_2}{T_2} + \dots + \frac{G_i}{T_i} \dots\dots\dots(3)$$

Em que:

G1, G2, Gi = número de sementes germinadas a cada dia; e

T1, T2, Ti = número de dias decorridos da sementeira.

Comprimento médio da raiz (R cm) e da parte aérea (PA cm):

Após 10 dias de incubação das sementes foi realizada a mensuração do comprimento de 10 plântulas retiradas aleatoriamente de cada repetição, avaliando-se separadamente o comprimento da raiz e da parte aérea, com o auxílio de uma régua graduada em mm.

Matéria seca (MS):

Após a mensuração do comprimento, procedeu-se a retirada dos cotilédones e o fracionamento do eixo embrionário em duas partes (raiz e parte aérea) com auxílio de um bisturi, em seguida foram alocados em sacos de papel e levados para secagem em estufa a 80°C por 24 horas (Figura 2), e então determinado o peso das amostras secas em balança de precisão.

Figura 2 – Sacos de papel contendo material vegetal em estufa para processo de secagem.



Fonte: Rosângela Lima, 2019.

Concentração de Na⁺ e K⁺

A determinação dos íons Na⁺ e K⁺ foi realizada de acordo com a metodologia de Rinner *et. al.* (2012). Para preparo do extrato aquoso, inicialmente foi macerada a matéria seca da raiz e da parte aérea das plântulas, com auxílio de almofariz e pilão, até constituir uma amostra de pó fino, sendo pesado em balança de precisão 50mg dessa amostra em tubos de ensaio e adicionado 5ml de H₂O deionizada aos tubos para homogeneização do extrato. Posteriormente os tubos foram mantidos em banho-maria a 85°C (Figura 3), pelo período de 60 minutos, com agitações vigorosas em vórtex a cada 20 minutos.

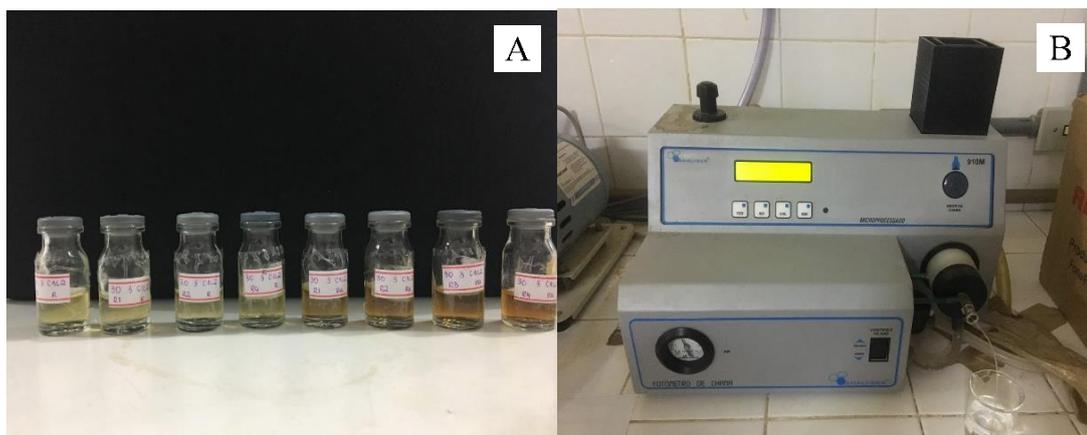
Figura 3 – Tubos de ensaio em banho-maria.



Fonte: Rosângela Lima, 2019.

Após o fim desse processo, foi aguardado 30 minutos e então o material foi centrifugado a 3000 x g por 10 minutos em temperatura ambiente (25°C) e o sobrenadante (extrato) foi filtrado com auxílio de papel filtro em recipientes de vidro identificados (Figura 4A), posteriormente alocados em congelador sob a temperatura de -25°C. Os teores de Na⁺ e K⁺ foram determinados por fotometria de chama (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989), por meio de leituras em fotômetro de chama modelo Analyser 910M (Figura 4B), para cada extrato devidamente diluído.

Figura 4 – Vidros identificados contendo extratos (A); Fotômetro de chama (B).



Fonte: Rosângela Lima, 2019.

Análise estatística

Os tratamentos analisados foram obtidos pela combinação dos fatores temperatura (20, 25, 30 e 35°C) e níveis de salinidade (3, 6, 9, 12 e 15 dS m⁻¹) em parcela subdividida, e os resultados das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando software estatístico SISVAR[®], versão 5.6., onde os que apresentaram diferença significativa foram representados por modelos de regressões através do software *TableCurve 2D*[®], versão 5.01, com representação gráfica dos resultados confeccionada através do software SigmaPlot[®], versão 11.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Germinação

Pode-se observar através do quadro da ANOVA (Tabela 1) que a variação da concentração salina e da temperatura não afetaram significativamente o processo germinativo das sementes de soja, as quais apresentaram uma média de 98,12% entre os tratamentos. Os resultados obtidos para essa variável divergem de respostas comumente encontradas na literatura, onde nota-se frequentemente uma redução significativa da germinação de sementes, em detrimento do aumento das concentrações de sal no substrato, em diversas culturas, como por exemplo em leguminosas forrageiras (MELLONI *et al.*, 2012). Entretanto, resultados semelhantes foram observados em sementes de milho por (SILVA, *et al.*, 2016), onde verificaram porcentagens de germinação acima de 90% apesar da adição de sal ao substrato.

Tabela 1. Análise de variância com o quadrado médio do efeito do estresse salino, da temperatura e da interação desses dois fatores na germinação e nas variáveis de vigor das sementes de soja.

FV	GL	Quadrado Médio									
		G%	IVG	MS (R)	MS (PA)	Na ⁺ (R)	Na ⁺ (PA)	K ⁺ (R)	K ⁺ (PA)	R (cm)	PA (cm)
SAL	5	30,70 ^{ns}	11,14 ^{**}	0,0053 ^{**}	0,0338 ^{**}	344,95 ^{**}	268,35 ^{**}	13,21 ^{**}	0,78 ^{ns}	6,74 ^{**}	7,64 ^{**}
Erro a	18	11,17	0,44	0,000036	0,00013	4,93	4,38	1,59	1,13	0,07	0,03
TEMP	3	25,94 ^{ns}	8,62 ^{**}	0,0019 ^{**}	0,0098 ^{**}	11,86 ^{ns}	7,51 ^{ns}	26,34 ^{**}	32,48 ^{**}	4,96 ^{**}	2,10 ^{**}
TEMP*SAL	15	9,81 ^{ns}	1,50 ^{**}	0,00016 ^{**}	0,00061 ^{**}	11,18 ^{ns}	9,19 [*]	10,28 ^{**}	2,58 [*]	0,30 ^{**}	0,23 ^{**}
Erro b	54	14,72	0,49	0,000037	0,00014	6,95	3,76	2,28	0,96	0,07	0,025
CVa (%)	--	3,41	5,83	0,57	1,03	14,21	18,21	9,83	9,18	8,66	6,50
CVb (%)	--	3,91	6,10	0,58	1,07	16,88	16,87	11,76	8,46	8,41	5,83

FV=Fonte de variação; GL=Grau de liberdade; CV=Coefficiente de variação; G=Germinação; IVG=Índice de velocidade de germinação; MS(R)=Matéria seca da raiz; MS(PA)=Matéria seca da parte aérea; Na⁺(R)=Concentração de Na⁺ na raiz; Na⁺(PA)=Concentração de Na⁺ na parte aérea; K⁺(R)=Concentração de K⁺ na raiz; K⁺(PA)=Concentração de K⁺ na parte aérea; R(cm)=Comprimento da raiz em centímetros; PA(cm)=Comprimento da parte aérea em centímetros; *=diferem significativamente a 5%; **=diferem significativamente a 1%; ns=não diferem significativamente.

Fonte: Rosângela Lima, 2019.

De acordo com Carvalho & Nakagawa (2012), o requisito para que uma semente inicie o desenvolvimento do embrião é que esta apresente teor de água entre 35 a 40%. Com isso, pode-se dizer que mesmo com a adição de soluções salinas ao substrato e consequente modificação do potencial osmótico do meio, as sementes em estudo ainda foram capazes de absorver teores de água suficientes para ativar o metabolismo e promover o desenvolvimento

do embrião, possibilitando a exteriorização de estruturas que configuram o processo germinativo, como a radícula. A diminuição do potencial hídrico do substrato, ocasionado pela salinidade, pode possibilitar ainda uma absorção mais lenta e uniforme de água nos tecidos das sementes, auxiliando na reorganização destes e favorecendo o processo de germinação (DANTAS; RIBEIRO; ARAGÃO, 2007; MARCOS FILHO, 2005).

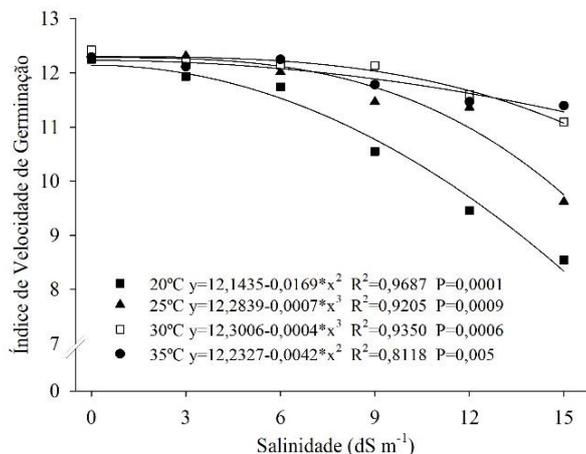
Ainda podemos observar na (Tabela 1) que a concentração de Na^+ no sistema radicular não é afetada significativamente pela variação da temperatura e pela interação entre temperatura e salinidade. Já na parte aérea, apenas a variação térmica não possui efeito significativo no acúmulo da concentração de Na^+ na plântula. O acúmulo de K^+ na parte aérea das plântulas não foi influenciado de forma significativa pelo aumento da concentração salina. As demais variáveis de vigor analisadas, foram influenciadas de forma significativa, a 1% de probabilidade, apresentando variação pela alteração da concentração salina, da temperatura e ainda pela interação desses dois fatores de estresse, indicando que essas variáveis são mais adequadas para avaliar o efeito principalmente do sal no desenvolvimento inicial de plântulas de soja.

5.2 Índice de velocidade de germinação

Os resultados para a determinação do índice de velocidade de germinação (IVG) (Figura 5), mostram que as sementes de soja apresentaram um padrão semelhante, e todas as temperaturas se ajustaram a uma equação de segundo grau, expondo uma velocidade de emergência inversamente proporcional ao aumento dos níveis de salinidade em todas as temperaturas analisadas, ou seja, quanto maior o nível de sal, menor velocidade de germinação das sementes foi observada. O que corrobora com os estudos de (LUCENA, 2017; SILVA, 2019) com feijão-caupi, onde constataram diminuição do índice de velocidade de germinação das sementes em conformidade com o aumento das concentrações de NaCl no substrato.

A temperatura mais baixa, 20°C, apesar do comportamento semelhante às demais, apresentou os menores índices de velocidade de germinação, principalmente a partir da concentração de 9 dS m⁻¹. Esse efeito da temperatura condiz com os estudos de (BRACCINI *et al.*, 1999) com soja, onde observaram que condições desfavoráveis ao plantio como baixas temperaturas e períodos de estiagem, podem promover baixa porcentagem de germinação e menores índices de velocidade de germinação.

Figura 5 – Índice de velocidade de germinação de sementes de soja sob estresse térmico e salino.



Fonte: Rosângela Lima, 2019.

Nesse contexto, a redução do índice de velocidade de germinação pode ser atribuída a redução do potencial osmótico da solução devido ao excesso de sais solúveis, restringindo a hidratação das sementes (COELHO *et al.*, 2017) e consequentemente a velocidade de processos fisiológicos básicos indispensáveis ao desenvolvimento inicial da semente (SILVA *et al.*, 2007). Em altas concentrações o sal também pode possuir efeito tóxico sobre o embrião e as células da membrana do endosperma e atuar ainda na limitação da divisão e alongamento celular, prejudicando a mobilização de reservas essenciais à concretização das etapas do processo de germinação (DUARTE *et al.*, 2006).

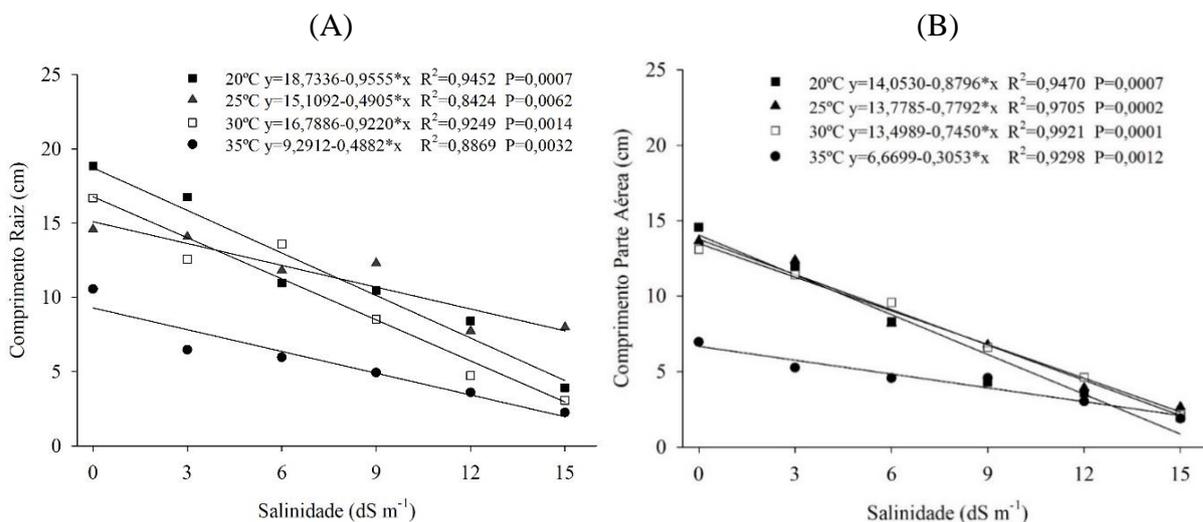
5.3 Comprimento

O comprimento radicular e o da parte aérea foram reduzidos gradativamente com o aumento dos níveis de salinidade (Figura 6), esse comportamento foi verificado em todas as temperaturas, que se ajustaram a um modelo de equação linear. Resultados semelhantes foram constatados por Freitas *et al.* (2003), onde observaram a redução do comprimento e consequente formação de plantas menores de feijão guandu, como efeito do aumento da salinidade. Para Cavalcanti (2002), a suspensão do desenvolvimento da planta é uma resposta característica ocasionada pelo efeito deletério da presença de sais no meio de crescimento.

As plântulas de soja apresentaram comprimento radicular (Figura 6A) maior em comparação ao comprimento da parte aérea (Figura 6B), podendo-se inferir que essas plântulas tendem a ser mais tolerantes aos efeitos da salinidade, visto esta característica está associada a expansão do sistema radicular, uma vez que a regulação da expansão foliar durante a exposição

ao estresse osmótico em condições salinas ocorre em função da quantidade de água acumulada nas raízes (TOORCHI *et al.*, 2009), capaz de proporcionar condições para o desenvolvimento vegetal.

Figura 6 – Comprimento radicular (A) e da parte aérea (B) de plântulas de soja sob estresse térmico e salino.



Fonte: Rosângela Lima, 2019.

A temperatura de 25°C apresentou a menor taxa de redução do comprimento radicular, apresentando menor variação dentre as temperaturas com o aumento da concentração salina (Figura 6A). Já as temperaturas de 20 e 30°C favoreceram o maior crescimento radicular (Figura 6A), no entanto, com o crescente aumento do nível de salinidade, há um efeito mais negativo na redução do crescimento nessas mesmas temperaturas. Já na condição sem estresse salino e temperatura de 35°C, as plântulas apresentaram raiz e parte aérea menores em comparação às demais temperaturas nas mesmas condições, evidenciado o efeito negativo do estresse térmico no crescimento da plântula. O que corroborou com os estudos de Farias *et al.* (2009), onde apontam uma melhor adaptação da soja a regiões cujas temperaturas estejam no intervalo entre 20 e 30°C, visto que fora desse intervalo o crescimento e desenvolvimento da planta podem ser negativamente afetados, com considerável redução do comprimento.

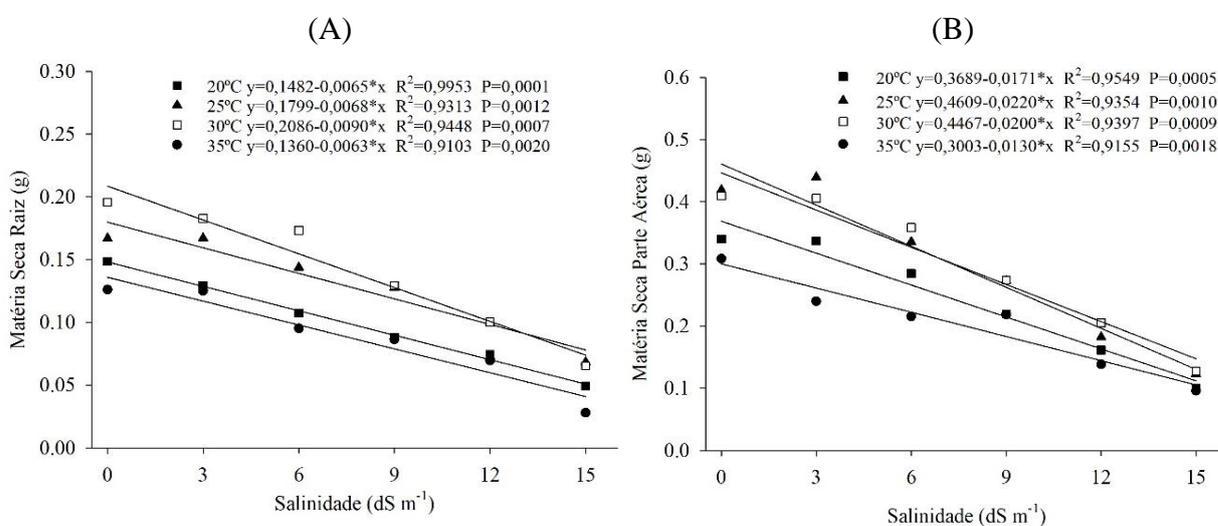
Neves *et al.* (2009) e Bezerra *et al.* (2010) atribuem o baixo desenvolvimento de plantas de feijão em substrato salino à redução de processos essenciais às plântulas em resposta aos efeitos negativos da salinidade, como por exemplo, a transpiração, a fotossíntese e a condução estomática, que podem causar efeitos prejudiciais em processos indispensáveis para o seu crescimento e desenvolvimento. Munns e Tester (2008), reiteram que a limitação do

crescimento das plantas em detrimento do aumento da salinidade está relacionada ao efeito tóxico da absorção excessiva dos íons Na^+ e Cl^- , ao desequilíbrio nutricional desencadeado pela limitação da absorção de nutrientes e à redução da quantidade de água disponível para a planta, embora a redução no crescimento seja uma das principais estratégias utilizadas pelas plantas para reduzir a perda de água e prevenir diminuições no potencial hídrico em condições de estresse salino, configurando uma característica adaptativa de sobrevivência (ZHU, 2003).

5.4 Matéria seca

O acúmulo de matéria seca, incluindo raiz e parte aérea, foi afetado diretamente pelo aumento das concentrações salinas (Figura 7), apresentando uma redução crescente com o aumento gradativo dos níveis de sal no substrato. Mistura *et al.* (2011) trabalhando com cunhã (*Clitoria ternatea*), verificaram que o aumento da concentração de NaCl no meio reduziu a matéria seca da parte aérea de plântulas dessa leguminosa. Resultados semelhantes foram observados por Vieira (2011) em plântulas de soja e por Gama *et al.* (2009), trabalhando com feijão sob estresse salino, onde constataram a redução da biomassa dessa leguminosa como efeito do aumento da salinidade, condição que contribuiu para a limitação do comprimento da raiz e da parte aérea, reduzindo consequentemente o peso dessas variáveis. Nesse contexto, o menor acúmulo de matéria seca pode ser resultado do efeito da elevada concentração de cloreto de sódio sobre mecanismos de hidrólise e mobilização de reservas para a plântula (PEDÓ *et al.*, 2014).

Figura 7 – Matéria seca da raiz e parte aérea de plântulas de soja sob estresse térmico e salino.



Fonte: Rosângela Lima, 2019.

Os menores valores de matéria seca na plântula são observados nas temperaturas mais extremas, 20 e 35°C. Em condições intermediárias de temperatura, 25 e 30°C, observa-se melhor crescimento e taxa de redução de matéria seca semelhantes. Com isso, podemos observar que as maiores temperaturas são mais prejudiciais ao acúmulo de material de reserva, como pode-se verificar a 35°C (Figura 7), que tanto na raiz quanto na parte aérea apresentou os menores valores de matéria seca. O que condiz com os estudos de Farias *et al.* (2009), onde reiteram que temperaturas mais elevadas podem interferir de forma negativa no crescimento das plantas, contribuindo conseqüentemente para uma redução no aporte de massa seca.

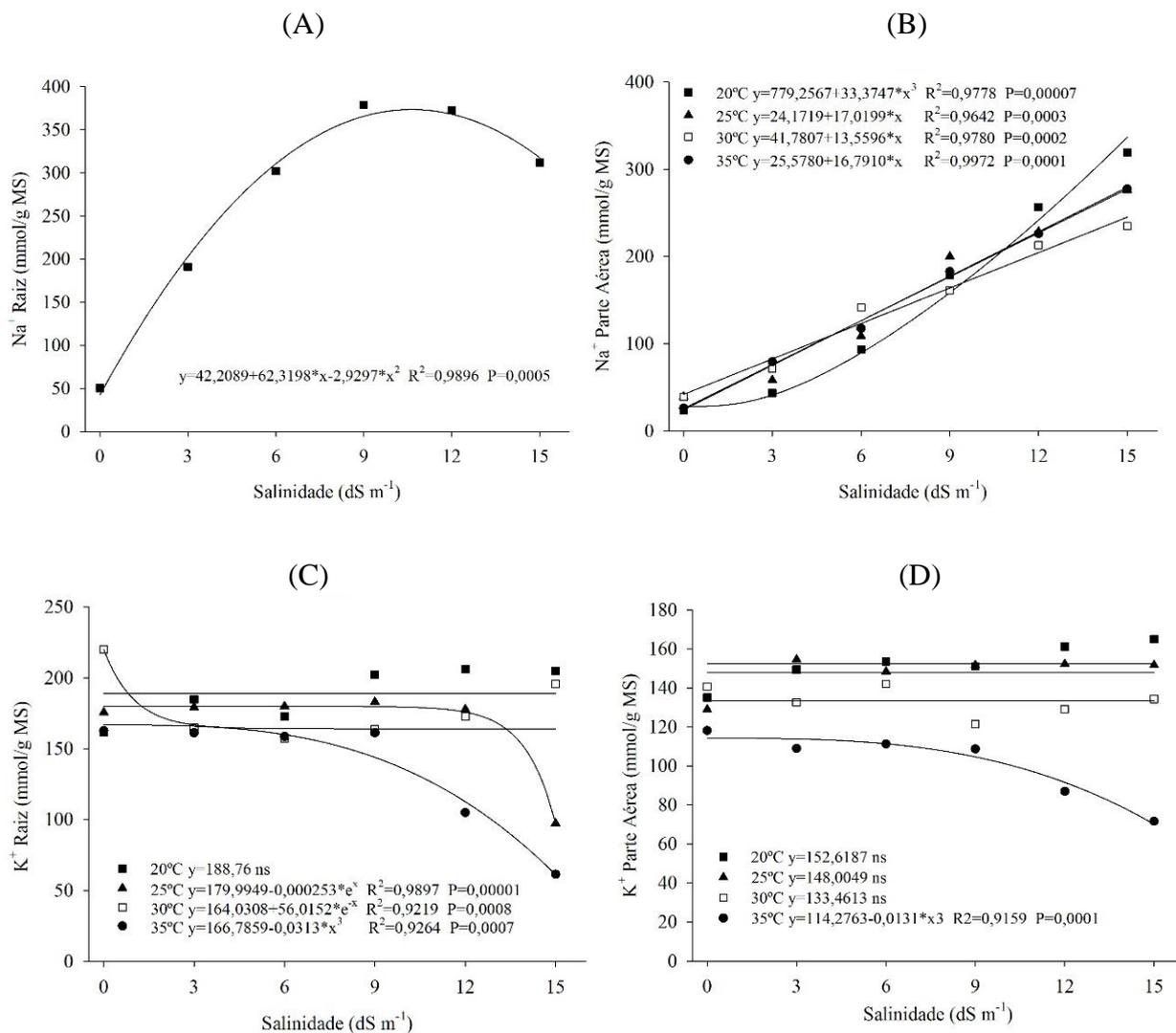
5.5 Concentração de Na⁺ e K⁺

A medida que se aumenta a concentração de sal no substrato, é possível verificar um crescente aumento na absorção de Na⁺ na raiz até 9dS m⁻¹ (Figura 8A), onde mantém-se com pouca variação até o seguinte nível de sal, 12dS m⁻¹, e então a partir deste inicia-se o decréscimo nos valores de acúmulo de Na⁺ no sistema radicular das plântulas em todas as temperaturas analisadas. Com isso, pode-se inferir que após uma concentração salina limitante, no caso 12 dSm⁻¹, a planta não consegue mais absorver o Na⁺ na raiz ocorrendo o decréscimo de acumulação do íon na planta. O mesmo comportamento tem sido comprovado em raízes de sorgo (SILVA *et al.*, 2014) e de feijão caupi (PRAXEDES *et al.*, 2011).

A intensidade de absorção de Na⁺ na parte aérea é acrescida com o aumento dos níveis de salinidade em todas as temperaturas, apresentando 20°C o maior acúmulo de Na⁺ a 15dS m⁻¹, embora essa temperatura apresente a menor taxa de absorção inicialmente entre as demais na condição sem estresse salino (Figura 8B).

Na parte aérea (Figura 8B), as condições salinas analisadas não resultaram em redução do acúmulo de Na⁺, sendo possível verificar um aumento crescente com o incremento dos níveis de sais. Isso ocorre devido as folhas acumularem maior quantidade dos íons Na⁺ e Cl⁻ em comparação com as raízes, visto que estas tendem a manter os teores desses íons constantes, através da exportação deles para o solo e para a parte aérea. Além disso, a parte aérea tende naturalmente a concentrar mais esses íons devido ser o destino do deslocamento destes pela corrente transpiratória no xilema à medida que a água é transpirada (TESTER; DAVENPORT, 2003).

Figura 8 – Concentração de Na^+ (A, B) e K^+ (C, D) em plântulas de soja sob estresse térmico e salino.



Fonte: Rosângela Lima, 2019.

Segundo Willadino & Camara (2010), uma alta concentração de Na^+ ou uma alta relação Na^+ / K^+ nas plantas pode influenciar negativamente no metabolismo, possibilitando em alguns casos, a interrupção de vários processos metabólicos essenciais ao desenvolvimento vegetal. Blumwald *et al.* (2000) explicam que os desarranjos metabólicos ocasionados em detrimento do acúmulo de Na^+ nas células vegetais são em parte derivados da competição iônica com o K^+ pelos sítios ativos de enzimas e ribossomos (TESTER; DAVENPORT, 2003).

De acordo com Shannon (1999), concentrações excessivas de Na^+ , proporcionadas pelo incremento da salinidade podem estimular a redução da absorção de K^+ nas células

vegetais, o que foi observado a partir da concentração de 12dS m^{-1} na (Figura 8 C, D). Isso devido à similaridade química desses íons, a qual permite a absorção de Na^+ por transportadores de K^+ , quando o sódio está em excesso no meio de crescimento, acarretando dessa forma, na redução dos teores de K^+ na planta em concentrações salinas mais elevadas (MAATHUIS; AMTMANN, 1999).

O aumento da concentração salina no substrato não afetou a absorção de K^+ no sistema radicular na temperatura de 20°C , sendo a curva, portanto, não significativa (Figura 8C). Nas temperaturas intermediárias, 25 e 30°C , a concentração de K^+ é representada por um modelo de equação exponencial, no qual o acúmulo de K^+ se mantém com pouca variação até 12dS m^{-1} . A 25°C , após a concentração de 12dS m^{-1} há uma queda acentuada no acúmulo do íon potássio nas raízes, reduzindo de 180 para 100 mmol/g MS (Figura 8C), aproximadamente, na concentração salina mais elevada, 15dS m^{-1} . Com isso, pode-se inferir que condições salinas mais elevadas podem interferir na absorção de K^+ pelas raízes, reduzindo o acúmulo desse íon no sistema radicular.

Nesse contexto, estudos apontam que concentrações elevadas de íons específicos, como Na^+ e Cl^- podem produzir efeitos indesejados nas plantas, como distúrbios nutricionais, com a redução da absorção de íons como potássio, cálcio e magnésio (LAUCHLI; EPSTEIN, 1990). Como exemplo desses efeitos tem-se a redução dos teores de K^+ em detrimento do aumento das concentrações de NaCl , devido à similaridade química dos íons (K^+ e Na^+). Outros mecanismos que favorecem a sobrevivência de plântulas em ambientes salinos são a produção de osmoprotetores, a regulação e a compartimentalização de íons considerados tóxicos e a ativação de enzimas antioxidantes (BRILHANTE, 2006).

Na condição sem estresse salino, a 30°C , é observada a maior concentração de K^+ na raiz das plântulas de soja, aproximadamente 220 mmol/g MS , no entanto, já no primeiro nível de sal, 3dS m^{-1} , o acúmulo de K^+ é reduzido, mantendo-se com pouca oscilação até 12dS m^{-1} , apresentando leve incremento na absorção de K^+ na concentração de 15dS m^{-1} (Figura 8C). Na temperatura de 35°C , apesar de manter uma constância na absorção de K^+ até a concentração salina de 9dS m^{-1} (Figura 8C), é observado o menor acúmulo de potássio nas raízes, com uma queda drástica nas concentrações mais extremas, 12 e 15dS m^{-1} . Assim, pode-se inferir que a combinação entre estresse térmico e salino elevados, intensificou o efeito da restrição da absorção de K^+ pelo sistema radicular das plantas de soja.

As temperaturas de 20, 25 e 30°C não foram afetadas pelo aumento das condições de estresse salino em relação ao acúmulo de K^+ na parte aérea das plântulas de soja, apresentando valores aproximadamente constantes de absorção de K^+ em todos os níveis de sal submetidos, com curvas não significativas (Figura 8D). O que condiz com os estudos de (VIEIRA, 2011) com soja, onde observou que a concentração de K^+ na parte aérea permaneceu constante apesar do estresse salino.

A 35°C, com a combinação de estresse térmico e salino elevados, houve uma variação a partir da concentração acima de 9dSm^{-1} , representada por uma redução gradativa da absorção de K^+ na parte aérea de plântulas de soja nas concentrações de 12 e 15dSm^{-1} (Figura 8D). Vale ressaltar que a concentração que configurou o menor acúmulo de K^+ na raiz, 15dSm^{-1} (Figura 8A), também contribuiu para a formação de raízes menores (Figura 6A), independente do estresse térmico.

6. CONCLUSÕES

Os estresses térmicos e salinos não afetaram a germinação das sementes de soja cv. 5T7971PRO.

As sementes mostraram-se pouco tolerantes aos efeitos do aumento das concentrações salinas e da temperatura apresentando resultados negativos para as demais variáveis de vigor analisadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **ABIOVE**. Disponível em: < <http://www.abiove.org.br/site/index.php>>. Acesso em 09 de novembro de 2019.

ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. **AGROSTAT**. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em 07 de novembro de 2019.

A SOJA. História, tendências e virtudes. **Revista Funcionais e Nutracêuticos**, n. 0, p. 28-40, 2007. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/funcionais_e_nutraceuticos/edicoes_materias.php?id_edicao=16em:>> Acesso em: set. 2019.

BEWLEY, J. D. *et al.* Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3rd ed. New York: **Springer**, p.392, 2013.

BEZERRA, A. K. P. *et al.* Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1075-1082, 2010.

BOEREMA, A. *et al.* Soybean Trade: Balancing Environmental and SocioEconomic Impacts of an Intercontinental Market. **Plos One**, Iowa, v. 11, n. 5, p. 1-13, 2016.

BRACCINI, A. L. *et al.* Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.6, p.1053- 1066, 1999.

BRAINER, M. S. C. P. **Análise setorial de grãos – soja**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. 2009.

BRILHANTE, J. C. A. **Contribuição de solutos orgânicos e inorgânico no potencial osmótico de folhas de Atriplex numulária submetidas ao NaCl, seca e PEG**. 2006. 195f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

CARGNIN, A. *et al.* Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 987-993, 2006.

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

CARVALHO, T. C. *et al.* Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. **Ciência Rural**, Santa Maria RS, v. 42, n. 8, p. 1366-1371, 2012.

CASTRO, C. N. **A agricultura no nordeste brasileiro: Oportunidades e limitações ao Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: IPEA, 2012.

CAVALCANTI, F. R. **Atividade de enzimas antioxidativas e integridade de membranas em plantas de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas ao estresse salino**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n.5, p. 295-341, 2008.

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. **A questão da água no semiárido brasileiro**. In: BICUDO, C. E. de M; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B.. (Org.). Águas do Brasil análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. v. 1, p. 81-91.

COELHO, D. S. *et al.* Germinação e crescimento inicial de variedades de feijão caupi submetidas a diferentes concentrações salinas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.2, p.261-266, 2017.

COÊLHO, J. D.; XIMENES, L. J. F. **Produção de grãos no Nordeste: de olho na China**. ETENE,2, 27-39, out. 2016.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento - **Observatório Agrícola Acompanhamento de safra Brasileira de grãos**. - v.6 - SAFRA 2018/19- n. 2 - Segundo levantamento, Novembro, 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2015/16**. 2016.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

DALL'AGNOL, A. *et al.* **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Circular Técnica n. 43, Londrina: Embrapa Soja, 2007. 12 p.

DALL'AGNOL, Amélio. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Brasília: Embrapa, 2016. 72 p.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. S.; ARAGÃO, C. A. Germination, initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p.106-110, 2007.

DÍAZ-LÓPEZ, L. *et al.* The tolerance of *Jatropha curcas* seedlings to NaCl: an ecophysiological analysis. **Plant Physiology and Biochemistry**., v.54, p.34-42, 2012.

DIAS, P. P. **Efeito das densidades e profundidades de semeadura sobre o desempenho agrônomo da soja**. 2017. Disponível em: <alsafi.ead.unesp.br.> Acesso em: 26 set. 2019.

DUARTE, G.L. *et al.* Physiological quality of wheat seeds submitted to saline stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.1, p.122-126, 2006.

DUTRA, T. R. *et al.* Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. **Revista Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 323-330, 2017.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (safra 2017/2018)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 08 de novembro de 2019.

EMBRAPA SOJA. **Soja**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br>. Acesso em: 15 de out. 2019.

EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil 2012 e 2013. **Sistemas de Produção**, n. 15. Londrina: Embrapa Soja, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/904487/tecnologias-de-producao-de-soja---regiao-central-do-brasil-2012-e-2013>> . Acesso em: 11 nov. 2019

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivares de Soja: Macrorregiões 3, 4 e 5 Goiás e Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 2012. 23 p.

ESPÍNDOLA, C. J.; CUNHA, R. C. C. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva de soja no Brasil e no Mundo. **Geotextos**, v. 11, n. 1, p. 217-238, Salvador, UFBA, 2015.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Circular Técnica n. 48, Londrina: Embrapa, 2007, 9p.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Soja**. Agrometeorologia dos cultivos. Brasília DF, p. 263-277, 2009.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.307-319, 2004.

FREITAS, A. D. S. *et al.* Fixação do N₂ e desenvolvimento do Guandu inoculado com rizóbio em um cambissolo salinizado do Semi-árido. **Agropecuária Técnica**, Areia, PB, v. 24, n. 2, p.87-95, 2003.

FREITAS, M. de C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12, p. 2, 2011.

FUCHS, R. H. B. *et al.* “Iogurte” de soja suplementado com oligofrutose e inulina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 175-181, 2005.

GAMA, P. B. S. *et al.* Saltinduced stress effect on biomass, photosynthetic rate, and reactive oxygen species scavenging enzyme accumulation in common bean. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 837-854, 2009.

GAVA, R. **Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja (Glicine Max, (L.) Merrill)**, 2014. 124f. Tese (Doutor em Ciências). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba- SP.

GILL, S. S. *et al.* Glutathione and glutathione reductase: A boon in disguise for plant abiotic stress defense operations. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.70, p. 204-212, 2013.

GÓIS, V. A.; TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga** 21: 64-67, 2008.

HARTER, L. S. H. *et al.* Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira** 32: 80-85, 2014.

HOORN, J. W. V. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. **Agricultural Water Management**, v. 20, n. 1, p. 17– 28, 1991.

KOHLHEPP, Ge. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100017&lng=en&nrm=iso>. acesso em: 10 nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100017>.

LAVEZO, A. *et al.* Estresse osmótico na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 622-630, 2015.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae). **Revista Caatinga** 22: 93-99, 2009.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.3, p.79-85, 2008.

LUCENA, R. B. de. *et al.* **Efeito do estresse salino na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de feijão caupi**. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS – PDV Agro 2017.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, p. 176-7. 1962.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba. 201p, 1989.

MARCOS, F. J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARQUES, E. C. *et al.* Efeitos do estresse salino na germinação, emergência e estabelecimento da plântula de cajueiro anão precoce. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 993-999, 2011.

MASCARENHAS, H. A. A. *et al.* Nitrogênio: a soja aduba a lavoura da cana. **O Agrônomo**. Campinas, v. 1, n. 57, 2005.

MELLONI, M. L. G. *et al.* Espermidina exógena atenua os efeitos do NaCl na germinação e crescimento inicial de leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 495-503, 2012.

- MISTURA, C.; *et al.* Germinação e desenvolvimento de plântulas de cunhã em função da salinidade. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.12, n.2, p.306-317, 2011.
- MITRA, J. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. **Current Science**, v. 80, n. 6, mar. 2001.
- MOHAMMADI, P. P. *et al.* Organ-specific proteomic analysis of drought-stressed soybean seedlings. **Journal of Proteomics**. v. 75, p. 1906-1923, jan. 2012.
- MÜLLER, L. **Taxonomia e morfologia**. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. A soja no Brasil. 1 ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 65-104, 1981.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p.651-681. 2008.
- NEVES, A. L. R. *et al.* Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, p. 758-765, 2009.
- ORCUTT, D. M.; NILSEN, E. T. Physiology of Plants Under Stress. New York, **John Wiley & Sons**, 2000.
- PACHECO, M. T. B.; SGARBIERI, V. C. Alimentos Funcionais: conceituação e importância na saúde humana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE OS BENEFÍCIOS DA SOJA PARA A SAÚDE HUMANA, 1., 2001, Londrina, 2001. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 37-40.
- PEDÓ, T. *et al.* Desempenho fisiológico de sementes e plântulas de genótipos de Cucurbitaceae e Solanaceae em ambiente salino. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.8, n.2, p.1-7, 2014.
- PEDROTTI, A. *et al.* Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308–1324, 2015.
- PITMAN, M. G., LAUCHLI, A. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: A. Lauchli, U. Luttge, eds. Salinity: environment – plants – molecules. **Kluwer Academic Publishers**, p.3-20. 2002.
- PRAXEDES, S. C. *et al.* Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, p. 193- 204, 2010.
- QUEIRÓS, M. F. M. A. **Seleção in vitro de linhas celulares de batateira (Solanum tuberosum L.) tolerantes a NaCl: estudo de parâmetros bioquímicos associados à tolerância à salinidade**. 2001. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Botânica, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2001.
- RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production**. Roma, FAO, 1992. 133p.

- RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: Ghey, H. R. *et al.* **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p.11-19.
- RINNER, K. T. *et al.* Evaluation of a liquid chromatography method for compoundspecific analysis of plant carbohydrates in alkaline media. **Rapid Commum Mass Spectrom**, n.26, p.2173-2185, 2012.
- ROCHA, R. S. *et al.* Desempenho agronômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.
- SECCO, L. B.; *et al.* Germinação de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em condições de estresse salino. **Revista Verde**, v.4, n.4, p.129-135, 2010.
- SEDIYAMA, T.; BARROS, H. B. Luz, Umidade e Temperatura. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologia de produção e usos de soja**. Londrina: Mecenass, 2009, p. 1-5.
- SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A soja. In: SEDIYAMA, T. **Produtividade da Soja**. Londrina: Mecenass, 2016, p. 11-17.
- SEDIYAMA, T. *et al.* Botânica, descrição da planta e cruzamentos artificial. In: **Cultura da Soja – I parte**. Viçosa: UFV, p. 5-6, 1985.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p. 553-604. 2005.
- SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 78, p. 5-38, 1999.
- SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**. v.58, p. 221 - 227, 2007.
- SILVA, M. do C. **Estresse salino em sementes de *Vigna unguiculata* (L.)**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Paragominas, 2019.
- SILVA, M. L. S.; *et al.* **Growth, accumulation of solutes and nitrogen metabolism in plants of sunflower under salt stress**. In: II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation, Fortaleza, 2014.
- SILVA, R. C. da; GRZYBOWSKI, C. R. de S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 491-499, 2016.
- SILVA, R. N. *et al.* Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.40-44, 2007.
- SMIDERLE, O. J. *et al.* Cultivo de soja no cerrado de Roraima. **Sistema de Produção**, Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/index.htm>. Acesso em: 10 nov. 2019.

- SOARES, M. M. *et al.* Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesqui. Agropecu. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 4, p.370-378, Dec. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632015000400370&lng=en&nrm=iso>. Acesso: 24 set. 2019.
- SUASSUNA, J.; AUDRY, P. **Qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido: um estudo de caso.** 2005. Disponível em <<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/estcaso.html>> Acesso: 24 set. 2019.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2006. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed. 719p
- TEIXEIRA, R. N. *et al.* Germinação e vigor de sementes de crambe sob estresse salino. **Irriga**, v.16, n.1, p.42-51, 2011.
- TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. dos S.; BURATTO, J. S. Soja: Fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de XIX da FAEF**, v.35, n.1, junho, 2019.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, p. 503-527, 2003.
- TOORCHI, M. *et al.* Proteomics approach for identifying osmotic-stress-related proteins in soybeans roots. **Peptides**, v.30, n.12, p.2108-2117, 2009.
- TSUKAMOTO, F. *et al.* Regime de regas e cobertura de substrato afetam o crescimento inicial de mudas de Myracrodruon urundeuva. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.20, n.4, p.521-529, 2013.
- VERNETTI, F. J.; JUNIOR, F. J. V. Genética da soja: caracteres quantitativos e diversidade genética. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 221, 2009.
- VIEIRA, C. F. **Indicadores fisiológicos envolvidos na tolerância à salinidade em plantas de soja.** Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Agronomia. Ceará, p. 48. 2011
- VOIGT, E. L. *et al.* Source-sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 80-89, 2009.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-23, 2010.
- ZAMBIAZZI, E. V. *et al.* Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 3, p. 543-553, set. 2017. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2017000300007&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 27 set. 2019.
- ZHU, J. K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, n. 5, p. 441-445. 2003.