



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

Erythrina velutina* Willd.: modelagem de distribuição potencial em Sergipe e análises de sementes como ferramentas para conservação *ex situ

JULIANA LOPES SOUZA

2016



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

JULIANA LOPES SOUZA

***Erythrina velutina* Willd.: MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL EM
SERGIPE E ANÁLISES DE SEMENTES COMO FERRAMENTAS PARA
CONSERVAÇÃO *ex situ***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientadora
Prof^a. Dr^a. Renata Silva Mann

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2016

JULIANA LOPES SOUZA

***Erythrina velutina*: MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL EM SERGIPE
E ANÁLISES DE SEMENTES COMO FERRAMENTAS PARA CONSERVAÇÃO *ex situ***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2016.

Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira
UFS

Prof. Dr^a. Allívia Rouse Carregosa Rabbani
IFBA

Prof^a. Dr^a. Renata Silva Mann
UFS
(Orientadora)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*Aos meus pais, José Gomes e Lucia, e ao meu
irmão Igor, por todo amor, carinho e apoio
incondicional*
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, José Gomes e Lucia Maria, e ao meu irmão Igor, pelo incentivo e carinho incondicional.

À minha orientadora, Dr^a Renata Silva Mann, pela orientação, os conhecimentos compartilhados, a paciência e o carinho de sempre.

Aos meus colegas de mestrado durante esses dois anos, que compartilharam comigo os momentos de aprendizado, especialmente a Thiago Xavier Chagas, colega de graduação e mestrado e amigo, Bruno Antonio Lemos de Freitas, colega de graduação e mestrado, amigo e parceiro sempre, Gabriela Rolim, colega de graduação e mestrado, Fernando Araujo, colega de mestrado e grupo de pesquisa e Lícia Ribeiro, colega de mestrado e grupo de pesquisa.

A todos os meus amigos pela paciência e amizade, mesmo não estando tão presente, em especial à Mariana Viana, Helaina Gurgel, Luciana Mendonça, Juan Saulo, Débora Barreto, David Souza e Melissa Martinez.

Às minhas amigas Larissa Guarany Ramalho Elias e Daniela Monique Guimarães Menezes por todo o incentivo, amizade e pelos dias de descontração.

Ao Secretário Municipal de Meio Ambiente, Dr. Eduardo Matos e o Diretor de Licenciamento Ambiental, Dr. Edinaldo Batista, pelo incentivo e pelo valor dado ao conhecimento científico.

Aos meus colegas de trabalho na Diretoria de Licenciamento Ambiental da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, em especial aos que assim como eu fizeram mestrado durante esse período, Carlos Miranda e Taiguã Corrêa, à minha colega de trabalho e graduação e amiga, Ana Carolina Boschese, aos colegas Flávia Emanuela, Juliana Santana, Simeão Neto, Rafael Gouveia, Luciana Machado, Osmar José, Bruno Pereira, Andrezza Ribeiro, André Omenas, Daniel, Dédalo e Áurea, ao amigo, Klebson Nascimento, e aos meus queridos estagiários Eduardo, Maria Helena, Gabriela, Juliane, Vitória, Tássio, Bruno, Wilma, Ícaro, Paulo, Adônes e Gilson. E aos meus colegas de outros setores, especialmente os colegas da Diretoria de Controle Ambiental, Emanuela Carla, companheira de mestrado, Taciana, Natalie, Mélanie, Gabriela Regina, Layse, Cássia e Floema, agradeço pelo incentivo, contribuições e pensamentos positivos.

Ao Dr. Ricardo Silva, à Prof^a Dr^a Sheila Valéria Álvares Carvalho e a Prof^a Dr^a Allívia Rouse Carregosa Rabbani do grupo GENAPLANT e a todos os colegas e estagiários do grupo, especialmente Edla Crisley, pelo apoio.

Ao Prof. Dr. Carlos Souza, pelo conhecimento compartilhado.

Ao Programa de Pós Graduação em Agricultura e Biodiversidade pela oportunidade e a todos os seus docentes pelos conhecimentos compartilhados com tanta dedicação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo ao conhecimento científico e à pesquisa.

E a todos que influenciaram de alguma forma este trabalho, eu agradeço.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE SIGLAS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Caracterização da espécie - <i>Erythrina velutina</i> Willd. (Fabaceae)	3
2.2. Distribuição geográfica e modelos de distribuição geográfica potencial	5
2.3. Estresse hídrico e condicionamento osmótico em sementes	7
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
4. ARTIGO 1: ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA PROSPECÇÃO DE <i>Erythrina velutina</i> Willd. NO ESTADO DE SERGIPE.....	17
RESUMO	17
ABSTRACT	18
4.1. Introdução	19
4.2. Material e métodos	20
4.2.1. Coleta de dados	20
4.2.2. Variáveis Ambientais	20
4.2.3. Análise dos dados	20
4.3. Resultados e Discussão	20
4.4. Conclusão	28
4.5. Referências Bibliográficas	28
5. ARTIGO 2: RESTRIÇÃO HÍDRICA EM SEMENTES DE <i>Erythrina velutina</i> Willd.....	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
5.1. Introdução	34
5.2. Material e métodos	34
5.2.1. Teste de Raios-X	34
5.2.2. Determinação da morfometria.....	35

5.2.3.	Massa de 1.000 sementes	35
5.2.4.	Teste de germinação em papel e em areia.....	35
5.2.5.	Teste de condutividade elétrica	36
5.2.6.	Restrição hídrica.....	36
5.2.7.	Condicionamento osmótico.....	36
5.2.8.	Delineamento e análise estatística.....	37
5.3.	Resultados e discussão	37
	<i>Morfometria</i>	39
5.4.	Conclusões	46
5.5.	Referencias bibliográficas	46
6.	CONCLUSÕES GERAIS	48
	ANEXOS.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura

- 3.1 Modelo de Distribuição Geográfica Potencial para a espécie *Erythrina velutina* Willd. no Brasil gerado por meio do algoritmo Maxent. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2016. 21
- 3.2 Modelo de Distribuição Geográfica Potencial para a espécie *Erythrina velutina* Willd. no estado de Sergipe gerado por meio do algoritmo Maxent. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2016. 23
- 3.3 Sobreposição das áreas de uso da terra com pastagem, solos expostos, cidades e área cultivada sobre a modelagem de distribuição potencial de *Erythrina velutina* Willd no Estado de Sergipe para os municípios em foco. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2016. 25
- 3.4 Sobreposição das áreas de uso da terra com floresta e mata secundária sobre a modelagem de distribuição potencial de *Erythrina velutina* Willd. no Estado de Sergipe para os municípios em foco. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2016. 27
- 5.1 Amplitude de pixels para as médias das variáveis área, moda e número máximo de pixels no valor modal (Max) para as sementes deterioradas (DE), as plântulas anormais (PA) e plântulas normais (PN) das sementes de *Erythrina velutina* Willd. de duas procedências (Sergipe e Pernambuco) avaliadas por raios-X. UFS, São Cristóvão, 2016. 37
- 5.2 (A) Imagens de raios-X das sementes de *Erythrina velutina* Willd., histogramas de pixels e imagens das plântulas germinadas. Imagens de raios-X e histogramas de pixels para Sergipe; (B) imagens de raios-X e histogramas de pixels para Pernambuco; (C) imagens de raios-X, histogramas de pixels e imagens de plântulas anormais de Sergipe; (D) imagens de raios-X, histogramas de pixels e imagens de plântulas anormais Pernambuco; (E) imagens de raios-X, histogramas de pixels e imagens de plântulas normais de Sergipe e (F) imagens de raios-X, histogramas de pixels e imagens de plântulas normais de Pernambuco. UFS, São Cristóvão, 2016. 38
- 5.3 Distribuição de comprimento, largura e espessura em milímetros das sementes de cada lote (Sergipe e Pernambuco) avaliadas. UFS, São Cristóvão, 2016. 39
- 5.4 Germinação (%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (sementes.dia⁻¹) das sementes de *Erythrina velutina* Willd. cada lote (Sergipe e Pernambuco) submetidas à restrição hídrica em polietilenoglicol (PEG 6000) a -0,8 MPa nos tempo de 12, 24, 48 e 72 horas. UFS, São Cristóvão, 2016. 42
- 5.5 Tempo Médio de Germinação (TMG) (sementes.dia⁻¹) e Velocidade Média de Germinação (VMG) (sementes.dia⁻¹) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. cada lote (Sergipe e Pernambuco) submetidas à restrição hídrica em solução de polietilenoglicol -0,8 MPa nos tempo de 12, 24, 48 e 72 horas. UFS, São Cristóvão, 2016. 42

LISTA DE TABELAS

Tabela		
3.1	Porcentagem de vegetação em relação à área total de municípios de Sergipe	24
5.1	Média do comprimento (mm), da largura (mm), da espessura (mm), e da área (mm ²) de 100 sementes e massa de 1000 sementes (g) de cada lote (Sergipe e Pernambuco) avaliadas. UFS, São Cristóvão, 2016.....	39
5.2	Porcentagem de germinação (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) para germinação em papel e areia de sementes de <i>Erythrina velutina</i> Willd. procedentes de Sergipe e Pernambuco. UFS, São Cristóvão, 2016.....	40
5.3	Porcentagem de germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) de sementes de <i>Erythrina velutina</i> Willd. (Sergipe - SE e Pernambuco - PE) sob diferentes tempos de restrição hídrica em solução de polietilenoglicol (PEG 6000) a -0,8 MPa. UFS, São Cristóvão-SE, 2016.....	41
5.4	Porcentagem de germinação (%G), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) de sementes de <i>Erythrina velutina</i> L. para dois lotes (Sergipe e Pernambuco) sob condicionamento osmótico em água e solução de polietilenoglicol (PEG 6000) a -0,8 MPa, sem (Sem) e com escarificação (Com). UFS, São Cristóvão-SE, 2016	44

LISTA DE SIGLAS

ALCB	Herbário Alexandre Leal Costa
ASE	Herbário da Universidade Federal de Sergipe
ATP	Trifosfato de Adenosina
BAH	Herbário Antônio Nonato Marques
BHCB	Herbário da Universidade Federal de Minas Gerais
BOD	Demanda Bioquímica de Oxigênio
CEN	Herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
CEPEC	Herbário do Centro de Pesquisas do Cacau
CESJ	Herbário Leopoldo Krieger
CNMT	Herbário Centro Norte Mato Grossense
DHN	Dehidrinas
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EAC	Herbário Prisco Bezerra
EAN	Herbário Jaime Coelho de Moraes
ESA	Herbário da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
FLOR	Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina
GARP	Algoritmo Genético para Predição de Conjuntos de Regras
HAS	Herbário Alarich Rudolf Holger Schultz
HCF	Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão
HPL	Herbário do Jardim Botânico Plantarum
HST	Herbário Sérgio Tavares
HTSA	Herbário do Trópico Semiárido
HTSA Carpoteca	Carpoteca do Trópico Semiárido
HUEFS	Herbário da Universidade Federal de Feira de Santana
HUESB	Herbário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
HVASF	Herbário Vale do São Francisco
IAC	Herbário do Instituto Agrônomo de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICN	Herbário do Instituto de Ciências Naturais
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
INPA	Herbário INPA
IPA	Herbário IPA Dárdano de Andrade Lima
ISSR	<i>Inter Simple Sequence Repeat</i>
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
JPB	Herbário Lauro Pires Xavier
LEA	<i>Late Embriogenesis Abundant</i>
MAC	Herbário do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas
MBM	Herbário do Museu Botânico Municipal
MBML	Herbário Mello Leitão
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MOBOT BR	Missouri Botanical Garden Brazilian records
MOSS	Herbário Dárdano de Andrade Lima
NY	The New York Botanical Garden - Brazilian records
PE	Pernambuco
PEG	Polietilenoglicol
PEUFR	Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho
R	Herbário do Museu Nacional

RAS	Regras para Análise de Sementes
RON	Herbário Rondoniense
SE	Sergipe
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SORO	Herbário do Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade
SP	Herbário do Estado "Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo" Coleção de Fanerógamas
SPF	Herbário da Universidade de São Paulo
SPSF	Herbário Dom Bento José Pickel
TEPB	Herbário Graziela Barroso
TMG	Tempo Médio de Germinação
UB	Herbário da Universidade de Brasília
UC	Unidade de Conservação
UEC	Herbário da Universidade Estadual de Campinas
UESC	Herbário da Universidade Estadual de Santa Cruz
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFP	Herbário UFP - Geraldo Mariz
UFP Carpoteca	Carpoteca UFP
UFRN	Herbário UFRN
UFRR	Herbário da Universidade Federal de Roraima
UFS	Universidade Federal de Sergipe
VMG	Velocidade Média de Germinação

RESUMO

SOUZA, Juliana Lopes. *Erythrina velutina* Willd.: modelagem de distribuição potencial em Sergipe e análises de sementes como ferramentas para conservação *ex situ*. São Cristóvão: UFS, 2016. 54p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

A fragmentação de florestas promove o isolamento de populações, a perda da variabilidade genética das espécies nativas e a deterioração da sua capacidade de adaptação às mudanças climáticas. Até plantas com alta plasticidade ecológica são encontradas em situação de raridade nos biomas brasileiros, antes mesmo do conhecimento pleno das suas propriedades e potencialidades, exigindo medidas urgentes para sua conservação. No entanto, para estabelecimento da conservação é necessário o conhecimento sobre germinação, bem como da tolerância à restrição hídrica destas. *Erythrina velutina* Willd. é uma espécie nativa do estado de Sergipe nos biomas Mata Atlântica e Caatinga, estando em caráter de raridade na região do Baixo São Francisco. Neste contexto, objetivou-se verificar a distribuição geográfica de *Erythrina velutina* Willd. em Sergipe por meio do método de modelagem de distribuição geográfica potencial e identificar áreas fora das Unidades de Conservação de provável ocorrência para direcionar os locais para coleta de sementes, além de avaliar a resposta de sementes dessa espécie a restrição hídrica e ao condicionamento osmótico. Para a modelagem de ocorrência foram utilizados dados 395 registros de ocorrência da espécie e 38 variáveis ambientais que foram avaliados através do programa *Maxent*. Com o modelo gerado pelo programa foram gerados mapas no programa ArcGis com a predição de ocorrência e contrastando com o uso local da terra. Por meio do modelo de distribuição potencial, identifica-se 23 municípios com maior probabilidade de ocorrência para *E. velutina*, observou-se que a maior parte das áreas está ocupada por pastagens e as formações florestais remanescentes altamente fragmentadas, sendo necessárias medidas para amostragem da diversidade e coleta de material para conservação *ex situ*. Para as análises de sementes, foram usadas sementes de duas procedências, Sergipe e Pernambuco, armazenadas desde 2012 e 2008. As sementes foram primeiramente avaliadas por imagens de raios-X, após isso se determinou a qualidade inicial com a determinação da morfometria, massa de 1.000 sementes, germinação em papel e em areia e condutividade elétrica. Em seguida, as sementes foram submetidas à restrição hídrica com solução de polietilenoglicol (PEG 6000) à -0.8 MPa nos tempos 12, 24, 48 e 72 horas. E outra porção de sementes dos mesmos lotes foi submetida ao osmocondicionamento por imersão em água e em solução PEG à -0,8 MPa com aeração constante durante sete dias. Estimou-se %G, IVG, TMG e VMG. Não sendo observadas diferenças pelas imagens de raios-X, ambas as procedências apresentaram sementes cheias, prosseguiu-se para a avaliação da qualidade inicial. As sementes de Pernambuco, apesar de maiores e mais pesadas, tiveram menor germinação e vigor. Para a restrição hídrica, as sementes procedentes de Sergipe apresentaram incremento na germinação com o aumento do tempo em restrição e as de Pernambuco tiveram o maior valor de germinação com 24 h. Com a restrição no tempo de 72 h é possível diferenciar as duas procedências quanto ao vigor. O condicionamento osmótico resulta em incremento na germinação das sementes com baixo vigor, como as procedentes de Pernambuco com aumento de 11%.

Palavras-chave: mulungu, ocorrência, germinação, estresse hídrico, biodiversidade.

* Comitê Orientador: Renata Silva Mann – UFS (Orientadora) – UFS.

ABSTRACT

SOUZA, Juliana Lopes. *Erythrina velutina* Willd.: potential distribution model in Sergipe state and seed analysis as tools for *ex situ* conservation. São Cristóvão: UFS, 2016. 54p. (Thesis - Master of Science in Agriculture and Biodiversity).*

The fragmentation of forests promotes the isolation of populations, the loss of genetic diversity of native species and the deterioration of its capacity to adapt to climate change. Even plants with high ecological plasticity are found in a situation of rarity in the Brazilian biomes, before the full knowledge of its properties and potentials, demanding urgent measures for its conservation. Nevertheless, for the establishment of this conservation, the knowledge about germination and tolerance to water restriction is fundamental. *Erythrina velutina* Willd. is a native species recommended for degraded areas recovery, found in the state of Sergipe in the biomes Atlantic Forest and Caatinga, in rareness in the area of Baixo São Francisco. In this context, it is proposed the identification of the geographic distribution of *Erythrina velutina* Willd. in Sergipe state through potential geographic distribution modelling technique and identify areas outside of Conservation Units of potential occurrence to with places for seed collecting. For the occurrence modelling, 395 registers of occurrence for the species and 38 variables were used and evaluated on the *Maxent* program. Using the model generated by the program, maps were created on the program ArcGis with the species occurrence prediction and contrasting against local land use were generated. Through the potential distribution model, 23 cities had the higher occurrence probabilities for *E. velutina*, and it was noticed that most part of the areas were occupied by pasture and the remaining forests were vastly fragmented, demanding measures to sample this diversity and to collect material for *ex situ* conservation. For the seeds analysis two seed lots from different origins were used, Sergipe state and Pernambuco state, stored since 2012 and 2008. The seeds were first evaluated through X Ray image analysis, after that the initial seed quality with the determination of morfometry, 1000 seeds weigh, germination on paper and on sand and electric conductivity. After this, the seeds were submitted to water restriction with polietilenoglycol (PEG 6000) at -0.8 MPa though 12, 24, 48 and 72 hours. Another part of the seeds lots were submitted to osmopriming though submersion in water and PEG at -0.8 MPa with constant airing during seven days. The germination percentage (%G), germination speed index (IVG), average germination time (TMG) and average germination speed (VMG) were estimated. There were no observed differences between the seed thought the X-Ray image analysis, both lots had full seeds, and then the initial quality analyses were held. The seeds from Pernambuco state were bigger and heavier, but had lower germination and vigor. For the water restriction, the seeds form Sergipe state had an increment on germination with the increased time under restriction and the seeds from Pernambuco had the hair germination value with 24 hours. With the restriction at 72 hours is possible to differentiate between the vigor of the two lots. The osmopriming results in a 11% increment in germination in low vigor seeds, such as the ones from Pernambuco with 11% increase.

Key-words: mulungu, occurrence, germination, water stress, biodiversity.

* Supervising Committee: Renata Silva Mann – UFS (Orientadora) - UFS.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o país com uma das maiores biodiversidades do mundo, entretanto, essa diversidade tem sido cada vez mais ameaçada pela intensa mudança climática e aquecimento global, pela expansão agropecuária e imobiliária sobre as áreas com vegetação nativa, pelo extrativismo não manejado e pela exploração ilegal da madeira.

Como consequência, tem-se a fragmentação de florestas, ocorrendo o isolamento de populações, promovendo a perda da variabilidade genética das espécies nativas e a deterioração da sua capacidade de adaptação às mudanças climáticas, e até plantas com alta plasticidade ecológica são encontradas em situação de raridade nos biomas brasileiros, antes mesmo do conhecimento pleno das suas propriedades e potencialidades, exigindo medidas urgentes para sua conservação.

A conservação da diversidade genética das espécies pode ser feita *in situ* ou *ex situ*. A conservação *in situ* é realizada no local de ocorrência natural das espécies, como em florestas naturais em áreas protegidas. A conservação *ex situ* é realizada fora do local de ocorrência, em bancos ativos de germoplasma, bancos de sementes, cultura de tecidos ou células ou criopreservação em laboratórios de instituições de pesquisa. No entanto, não há garantias que mudanças ecológicas não ameacem a conservação das espécies, mesmo em curtos espaços de tempo. Logo, o monitoramento, a intervenção e o manejo de populações florestais são importantes para a conservação da diversidade genética.

A melhor maneira de conservar espécies vegetais é *in situ*. A conservação do habitat e dos processos ecológicos tem impactos na sobrevivência dos indivíduos, tanto na diversidade como na capacidade das espécies em evoluir frente a mudanças ambientais. Quando se trata de recuperação do habitat, a reintrodução de indivíduos e incremento em populações são ferramentas cada vez mais importantes para a conservação, com tanto que sejam realizados objetivando o incremento do número de espécies ou a ampliação da diversidade genética.

A recuperação florestal é uma das principais ferramentas no auxílio da conservação *in situ*, com o restabelecimento de indivíduos e diversidade em áreas degradadas, seja com o plantio direto de sementes ou com o plantio de mudas de espécies nativas. Para o sucesso do reflorestamento é importante que se conheça a distribuição natural das espécies a serem utilizadas para obtenção de matrizes, de forma a amostrar a diversidade genética e coletar propágulos para o armazenamento e produção de mudas, principalmente para espécies endêmicas ou em caráter de raridade. A ineficiência da amostragem de matrizes pode levar a produção de mudas com baixa diversidade e criar populações florestais em áreas de reflorestamento altamente susceptíveis a ação de fatores abióticos e/ou bióticos.

Em Sergipe, a conservação *in situ* no estado é realizada, principalmente por meio de Unidades de Conservação (UC), com 18 unidades ocupando 6,4% do território, e abrangendo os biomas Caatinga e Mata Atlântica. Apesar da conservação no local abranger um grande número de espécies de seres vivos, ainda é insuficiente para a manutenção da diversidade florestal no estado. Muitas áreas de vegetação nativa em Sergipe encontram-se degradadas devido ao impacto da ação antrópica apenas 13% do território é composto de vegetação nativa remanescente, sendo que 89% dessa vegetação é composta por fragmentos com área inferior a 50 hectares. (SERGIPE, 2012).

A conservação *ex situ* é feita por meio do armazenamento de amostras de populações em médio e longo prazo, permitindo o maior conhecimento de características anatômicas, fisiológicas e bioquímicas do material armazenado, e fornecendo fontes para uso em programas de melhoramento ou para reintrodução de plantas, possuindo grande importância para ecossistemas degradados e sob alta pressão climática e/ou antrópica.

As sementes de espécies florestais são o tipo de propágulo mais utilizado para a conservação *ex situ*. Para o sucesso da técnica é necessário o conhecimento sobre os processos genéticos e fisiológicos das sementes ligados ao vigor para manutenção da viabilidade sob armazenamento. Além disso, o conhecimento da resposta das sementes a diferentes condições

abióticas, como a disponibilidade de água, também é importante na aplicação em projetos de recuperação florestal, especialmente para plantas em climas diversos.

Erythrina velutina Willd. é espécie nativa recomendada para recuperação de áreas degradadas por ser uma leguminosa de ampla plasticidade, ocorrendo naturalmente nos biomas Caatinga, Mata Atlântica e Cerrado, e presente no estado de Sergipe nos biomas Mata Atlântica e Caatinga, estando em caráter de raridade na região do Baixo São Francisco. Conhecida como mulungu, tal espécie é bastante utilizada na medicina popular e possui alto potencial farmacológico.

Neste contexto, objetivou-se por meio deste trabalho, identificar a ocorrência real e potencial de *Erythrina velutina* Willd. no estado de Sergipe fora de áreas de Unidades de Conservação, visando nortear a prospecção para conservação *ex situ*, além de avaliar a resposta de sementes dessa espécie a situação de restrição hídrica, um dos fatores abióticos recorrentes das mudanças ambientais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Caracterização da espécie - *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae)

O gênero *Erythrina* compreende cerca de 120 espécies distribuídas em todas as regiões tropicais do mundo ocorrendo em uma variedade de habitat. No Brasil são encontradas 12 espécies, oito delas no Nordeste. *Erythrina velutina* Willd. ocorre naturalmente no Brasil entre as latitudes 3° 45' S e 16° 45' S, sendo mais comum na região nordeste. Mundialmente, a espécie também é encontrada nas Antilhas, no norte da Venezuela, no norte da Colômbia, no Equador, nas Ilhas Galápagos e no Peru (LORENZI & MATOS, 2002; CARVALHO, 2008; LORENZI & MATOS, 2008).

Erythrina velutina Willd. é planta angiosperma da família Fabaceae, subfamília Faboideae. O nome *Erythrina* é derivado do grego, significa vermelho e está relacionado à cor das flores, *velutina* deriva do latim e está relacionado ao aspecto aveludado da folha devido a sua pilosidade. Os sinônimos botânicos para a espécie são: *Coralloidendron velutinum* (Willd.) Kuntze, *Erythrina aculeatissima* Desf., *Erythrina splendia* Diels e *Chrirocalix velutinus* Walp. Essa planta é popularmente conhecida como suinã, bucaré, canivete, corticeira, muchôco, mulungá, mulungu, mulungu-da-flor-vermelha e mulungu-da-flor-amarela. O nome mais popular no estado de Sergipe é mulungu, que vem do tupi, mussungú ou muzungú e do africano mulungu, significando pandeiro e talvez fazendo alusão ao som do tronco oco (CARVALHO, 2008; LORENZI & MATOS, 2008).

Erythrina velutina é uma espécie pioneira, decídua, heliófita, característica de várzeas úmidas e beira de rios da Caatinga, ocorrendo principalmente em formações secundárias, com dispersão irregular e descontínua, mas devido a sua plasticidade é encontrada em diversos biomas além da Caatinga, como na Mata Atlântica e no Cerrado, e em outras formações vegetacionais como brejos de altitude, floresta ombrófila aberta e campo rupestre. Essa plasticidade, o rápido crescimento em campo e participação no processo de fixação biológica do nitrogênio no solo a tornam uma espécie recomendada para a recuperação de ecossistemas degradados (MAIA, 2004; SANTOS *et al.*, 2014).

E. velutina suporta variações pluviométricas anuais de 316 a 2.500 milímetros, temperaturas de 22,4 a 26,6°C. A espécie adapta-se a áreas de clima úmido, como na faixa costeira de Sergipe, áreas de clima seco, como no interior do Nordeste e de Minas Gerais, preferindo solos úmidos e aluviais, com textura arenosa ou argilosa (FERREIRA *et al.*, 2004; LORENZI & MATOS, 2008).

E. velutina é uma árvore de porte médio com altura de 8 a 12 metros e diâmetro de 40 a 70 centímetros quando adulta (LORENZI & MATOS, 2002). O tronco varia de reto a levemente tortuoso com ramos pouco aculeados e fuste curto de até 5 metros de comprimento. A ramificação é dicotômica e a copa é aberta, ampla e arredondada. As folhas são alternas espiraladas, compostas trifoliadas, sustentadas por pecíolos de 6 a 14 centímetros. Os folíolos variam de ovalados a orbiculares, de consistência cartácea, com a face dorsal de cor verde mais clara e revestida por densa pilosidade felpuda e a face ventral apenas pulverulenta, medindo de 6 a 12 centímetros de comprimento por 5 a 14 de largura (CARVALHO, 2008; REYES *et al.*, 2008). Como aspectos morfológicos característicos, têm-se as cavidades de secreção no talo e na folha do mulungu, dos tipos tricoma e estômato, em localização e distribuição específica, além de uma estreita fenda hilar longitudinal de cor castanho-amarronzada, típica da subfamília (BARROSO *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2013).

As inflorescências ocorrem em panículas terminais curtas, de 12 a 20 centímetros e com três flores, de cor vermelho-coral com lâmina quase orbicular, cálice espatáceo e hermafroditas (GALETTO *et al.*, 2000; LEITE & MACHADO, 2010).

Os vetores de polinização do mulungu são pássaros e as abelhas *Apis mellifera* (abelha-europeia) e *Xylocopa ssp.* que utilizam a planta como fonte de néctar. Ambas as espécies de abelha são encontradas no estado de Sergipe em região de Mata Atlântica, Agreste e Caatinga (DANTAS *et al.*, 2000). Espécies de *Erythrina* têm grande interesse biológico por

serem polinizadas por beija-flores, os quais favorecem um grande fluxo de pólen e aumentam a chance de homogeneização das formas recombinantes genéticas (NARDY *et al.*, 2010). Existe, ainda, um relato do lagarto *Euprepis atlanticus* (mabuia de Noronha) agindo como polinizador ao se alimentar de *E. velutina* devido ao seu néctar bastante diluído e abundante durante a época seca no Arquipélago de Fernando de Noronha (SAZIMA *et al.*, 2005).

A floração do mulungu ocorre de julho a agosto no estado de Minas Gerais, de julho a dezembro na Bahia, de agosto a setembro em São Paulo, de setembro a novembro no Rio de Janeiro, de outubro a dezembro em Pernambuco, de novembro a dezembro em Sergipe e de janeiro a fevereiro no Ceará. A frutificação atinge maturidade de setembro a novembro em São Paulo, em outubro no Rio de Janeiro, de dezembro a fevereiro em Minas Gerais e de janeiro a março em Pernambuco. A dispersão das sementes ocorre de forma anemocórica e zoocórica, principalmente por aves (CARVALHO, 2008).

O fruto é do tipo legume estipulado, glabro, polispérmico, com coloração dourada na parte interna, um pouco curvo e de ápices e bases agudas, internamente não septada, com de 1 a 4 sementes, estas por sua vez são de cor vermelho-enebecida em formato de feijão, alongadas e reniformes, com ápice arredondado e base arredondada truncada e com germinação epigea fanerocotiledonar (SILVA *et al.*, 2008).

As sementes apresentam dormência devido à impermeabilidade do tegumento à água e também pela provável presença de inibidores de germinação, sendo superada com escarificação em lixa na extremidade oposta à micrópila ou junto à mesma (SILVA *et al.*, 2013). Quando semeadas diretamente após a colheita, a germinação ocorre entre 10 e 25 dias com taxa variando entre 19 e 87%. O mulungu propaga-se muito mal por estaquia (CARVALHO, 2008; LORENZI & MATOS, 2008).

Constatou-se aspectos morfológicos homogêneos para sementes, frutos, plântulas e plantas de *E. velutina* em diferentes fragmentos, mas dentro da área do mesmo município em Areia na Paraíba (SILVA *et al.*, 2008). Diferenças em biometria, embebição e germinação de sementes de mulungu foram observadas em comparação entre áreas de Caatinga e Brejo de Altitude em Alagoinha e Poção em Pernambuco (SILVA JUNIOR *et al.*, 2012).

A madeira dessa espécie é leve, clara, porosa e de baixa durabilidade natural, sendo utilizada para a confecção de tamancos, jangadas, brinquedos e caixotes. A árvore também é utilizada para arborização e paisagismo, como cerca-viva e no sombreamento de cacauzeiros, além de possuir flores comestíveis (MAIA, 2004; CARVALHO, 2008; LORENZI & MATOS, 2008).

A casca e as sementes de mulungu possuem o alcaloide eritrina que tem poderosa ação nos nervos, causando paralisia e quando macerada a casca tem ação hipnótica e narcótica, sendo empregados na medicina popular. À casca são atribuídas propriedades sudorífica, calmante, emoliente e peitoral e ao fruto seco, ação anestésica local quando usado na forma de cigarro como odontálgico. A infusão da casca é empregada como sedativo e calmante de tosses e bronquites, no combate a verminoses e no tratamento de hemorroidas, o cozimento é indicado para agilizar a maturação dos abscessos nas gengivas, e é curativa nas picadas de lacraia ou de escorpião (CARVALHO, 2008). A planta é ainda popularmente utilizada no combate a dores de cabeça, febre, insônia, inflamações, hipertensão e diabetes (ALBUQUERQUE *et al.*, 2007).

Os efeitos sedativos e redutores de ansiedade encontrados em estudos realizados com ratos dão suporte ao uso popular do mulungu com calmante, mas ainda são necessários estudos científicos que confirmem ou não as demais propriedades descritas pela medicina popular e que possam atestar a eficácia e a segurança do uso (VASCONCELOS *et al.*, 2003; DANTAS *et al.*, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2006; RAUPP *et al.*, 2008).

Estudos realizados com ratos observaram que o uso agudo da infusão de folhas e dos extratos aquoso e alcoólico de *E. velutina* se mostraram atóxicos, considerando-os previamente seguros para o uso pela medicina popular (BOMFIM, 2001; CRAVEIRO *et al.*,

2008). Além disso, identificou-se em testes em ratos, a propriedade anti-nociceptiva (MARCHIORO *et al.*, 2005).

O extrato aquoso de folhas de mulungu apresenta compostos alcalóides, catequinas, esteróides, flavonóis, flavonas, flavonóides, fenóis, saponinas, taninos, triterpenóides e xantonas (CARVALHO *et al.*, 2009).

A descoberta de novos compostos a partir de *E. velutina*, compostos nunca isolados, como a faseolidina, e compostos inéditos até mesmo na família Fabaceae, como a homoesperitina são importantes para estudos genéticos visando à identificação de novos potenciais para bioprospecção biotecnológica (RABELO *et al.*, 2001). Tais ocorrências são interessantes, principalmente, quando os indivíduos são avaliados em diferentes regiões e climas, dadas à plasticidade da planta, e diferentes ocorrências, como em florestas naturais ou plantios para recuperação de áreas degradadas.

A partir da casca de *E. velutina* foi possível a extração de ácido fênico, ácido cinâmico, - α -amirina, etigmasterol em mistura com β -sistosterol e três alcalóides, a eritralina, 8-oxo-11 β -metoxieritralina e eritrinina, sendo o estigmasterol e os três últimos alcalóides citados pela primeira vez para a espécie (VIRTUOSO & MIGUEL, 2005). Isolaram-se a partir de sementes de mulungu novos alcalóides eritrínicos, o N-óxido de erisodina e mais três contendo grupo sulfato de *E. velutina* (OZAWA *et al.*, 2009; OZAWA *et al.*, 2011). Além destes, isolou-se a partir da casca um triperpeno inédito para a espécie, o 3 β -eritrodiool, um alcalóide, a erisovina e três flavonóides, a faseolidina, 4'-O-metil-sigmoidina B e 7-O -[α -ramnopiranosil- β -glicopiranosideo]-genisteina, sendo o último inédito para o gênero (CABRAL, 2009).

Os alcalóides presentes em *Erythrina* inibem a síntese de proteínas e DNA em algumas células (PARSONS & WILLIAMS, 2000) e possuem ação genotóxica e inibidora em raízes de cebola (*Allium cepa*) apresentaram cinco anormalidades celulares (SILVA *et al.*, 2011). A ação alelopática das sementes de *E. velutina*, influencia na germinação e o desenvolvimento de alface (*Lactuca sativa* L.) (CENTENARO *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2012). E ainda, constataram-se evidências da atividade antibacteriana da casca de *E. velutina* contra *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus pyogenes* (VIRTUOSO *et al.*, 2005).

Outra ação verificada para esta espécie, foi a de bioinseticida biodegradável de vicilina das sementes agindo na traça-indiana-da-farinha (*Plodia interpunctella*) e na mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata* (Wied)) (AMORIM, 2007; MACEDO, 2010).

Considerando-se a relevância ecológica e o potencial econômico para a espécie, destaca-se a importância da identificação de genótipos para conservação *in situ*, *ex situ* e para a introdução em populações onde a variabilidade genética seja baixa, garantindo a conservação da espécie. Na região do Baixo São Francisco, no estado de Sergipe, tem sido evidente a raridade de indivíduos de *E. velutina*, constatada ao estudar a diversidade genética de duas populações naturais usando marcadores moleculares ISSR (GONÇALVES *et al.*, 2014). Destaca-se a importância da identificação.

2.2. Distribuição geográfica e modelos de distribuição geográfica potencial

Os modelos de distribuição geográfica potencial de espécies são ferramentas desenvolvidas nos últimos 20 anos para estimar a correlação entre os registros de ocorrência de espécies e informações sobre as características ambientais e espaciais dos locais de registro. Essa correlação pode ser usada para identificar, por meio de processamento computacional com algoritmos matemáticos, os locais de provável ocorrência da espécie e gerar mapas de representação da distribuição potencial (PEARSON *et al.*, 2007; FRANKLIN, 2010; PETERSON & SOBERÓN, 2012).

Os fatores que afetam a distribuição geográfica de plantas são a distribuição disjunta, dispersão à longa distância, redução de áreas inicialmente amplas e contínuas e o surgimento

independente do táxon em áreas separadas, por evolução paralela ou convergente (GOOD, 1964; SCHNELL, 1970).

Em escala continental, as variáveis climáticas funcionam como determinantes da distribuição geográfica das espécies. No entanto, em escala local, as variáveis de solo, como *land-cover* e topografia; e demográficas, como o índice de ocupação humana, são ainda mais importantes, podendo até excluir habitat altamente alterados da previsão de ocorrência (PEARSON & DAWNSON, 2003; ANDERSON & MARTINEZ-MEYER, 2004; GUIBAN & THUILLER, 2005). Ao se observar a ocorrência potencial de espécies nativas no México em diferentes zonas climáticas, destacou-se a importância do uso de variáveis climáticas de alta resolução em escala local (REICH *et al.*, 2008).

Os modelos de distribuição geográfica potencial têm sido utilizados nas áreas de conservação, biodiversidade, biogeografia e ecologia (ELITH & LEATHWICK, 2009). Para estudos com plantas brasileiras nativas, diversos autores utilizaram a ferramenta em estudos de conservação de espécies em risco de extinção, perda de biodiversidade e impactos de mudanças climáticas (PETERSON *et al.*, 2002; SIQUEIRA *et al.*, 2007; LEMES & LOYOLA, 2015). Destaca-se a importância do conhecimento sobre a distribuição espacial de remanescentes florestais como guia para ações de conservação, principalmente em biomas altamente degradados, como a Mata Atlântica (RIBEIRO *et al.*, 2009).

O objetivo da modelagem de distribuição geográfica potencial é prever a adaptabilidade ambiental da espécie em função das variáveis ambientais. É aplicada como alternativa no planejamento de conservação devido à escassez de dados de ocorrência de algumas espécies e/ou áreas pouco conhecidas em regiões tropicais. Assim, os modelos gerados funcionam como indicadores de novas áreas para amostragem de populações subestimadas ou ainda não identificadas - com a incorporação de novos registros de ocorrência, pode-se melhorar a predição dos modelos. Com isso, ressalta-se que locais de não ocorrência da espécie nos mapas gerados, não necessariamente indicam inadequabilidade ambiental para a espécie, isso se deve a relativa inabilidade dos modelos em prever a distribuição potencial de uma espécie em locais onde não foi amostrada. Por isso a importância de obter vários registros com ampla distribuição (CAYUELA *et al.*, 2009; FEELEY & SILMAN, 2011; MOTA-VARGAS & ROJAS-SOUTO, 2012).

O método da abordagem correlativa é usado para criar a distribuição preditiva. Nesse método, as áreas ecologicamente similares aos locais de registro da espécie são definidas como ocorrência potencial (GUIBAN & ZIMMERMANN, 2000; SOBERÓN, 2005). Geralmente, são utilizados dados de coletas armazenados em herbários, complementados com dados de pesquisas ou publicações científicas (PETERSON *et al.*, 2002; LOBO *et al.*, 2008).

As análises estatísticas para os modelos de distribuição podem usar dados de presença e ausência da espécie no espaço, ou de apenas presença. Como os dados de ausência são raros e de difícil obtenção, especialmente em áreas tropicais pouco amostradas, os algoritmos matemáticos que demandam apenas presença são os mais utilizados. Entre esses estão: *Bioclim*, *Environmental Distance*, *Maxent* - Máxima Entropia, e GARP - Algoritmo Genético para Predição de Conjuntos de Regras (SOBERÓN, 1999; ELITH & LEATHWICK, 2009). O *Maxent*, além de mostrar bom desempenho em geral, apresenta o melhor resultado com poucos pontos de ocorrência e apenas dados de presença. Tanto *Maxent*, quanto o GARP desenvolvem modelagem com acurácia a partir de apenas 30 pontos e são os algoritmos mais utilizados (PEARSON *et al.*, 2007; WISZ *et al.*, 2008)

O princípio da máxima entropia é a base para a previsão realizada pelo software *Maxent* e diz que a melhor abordagem é assegurar-se que a aproximação satisfaça qualquer restrição à distribuição. O modelo gerado deve concordar com tudo que é conhecido, mas não deve assumir nada que não seja conhecido. O *Maxent* realiza previsões de distribuição mais próxima da distribuição uniforme, aquela da probabilidade de máxima entropia, dentro das restrições de informações de registros apenas de presença. O programa integra variáveis topográficas e produz previsões detalhadas (PHILLIPS *et al.*, 2004; PHILLIPS *et al.*, 2006).

O método de análise do *Maxent*, ao pressupor que a representação mais adequada do nicho ecológico de uma espécie é a distribuição conhecida, atribui valores de 0-1 (ausência e presença) para os demais quadrantes da área geográfica, formando uma representação gráfica da provável ocorrência da espécie.

A representação gráfica gerada com o *Maxent* pode ser plotada em ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e suplantadas com limites de divisas geopolíticas, delimitações de áreas, entre outras informações para geração de um mapa de ocorrência potencial da espécie em estudo.

A técnica de modelagem de distribuição geográfica potencial tem sido usada para avaliar a distribuição de espécies florestais de importância ecológica e econômica na Amazônia usando-se variáveis ambientais apenas ou combinado estas com dados de imagens de satélite (FIGUEIREDO *et al.*, 2015; SAATCHI *et al.*, 2008).

Os modelos de predição com os algoritmos GARP e Maxent também foram usados para prever o impacto das mudanças climáticas na cobertura vegetal arbórea da Mata Atlântica até 2050, as reduções previstas na vegetação foram de 25, no modelo mais otimista a 50%, no modelo mais pessimista, pelo GARP e de 20 a 30% pelo Maxent (COLOMBO & JOLY, 2010). O GARP foi usado para prever o impacto das mudanças climáticas nesse mesmo período para o bioma Cerrado e as reduções previstas foram de 25 a 90%, ambos os cenários são preocupantes considerando-se a alta fragmentação atual dos biomas brasileiros (SIQUEIRA & PETERSON, 2003).

2.3. Estresse hídrico e condicionamento osmótico em sementes

A germinação de sementes é o resultado de um conjunto de atividades metabólicas ativadas pela absorção de água e resultando no crescimento do eixo embrionário, emergência de raiz e plúmula. A presença de água nesse processo é fundamental para a retomada do crescimento do eixo embrionário com o fornecimento de energia e nutrientes. A entrada de água na semente, embebição, é processo físico, ocorrendo no sentido de maior potencial para o menor potencial hídrico (FERREIRA & BORGUETTI, 2009).

No ambiente as condições de disponibilidade de água podem não ser ideais para o desenvolvimento do embrião, caracterizando-se em uma situação de estresse abiótico para as sementes. A indisponibilidade de água como fenômeno ambiental é conhecida como seca, e ocorre comumente em regiões tropicais, acontecendo predominantemente no Semiárido no Brasil, região com altas temperaturas médias anuais e baixos índices pluviométricos (RAHMAN & HASEGAWA, 2012; SERGIPE, 2012). A situação da seca tem se agravado nos últimos anos com as mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento global, expandindo a área impactada com déficit hídrico.

As plantas apenas resistem a um determinado limite de aumento de temperatura em condições de disponibilidade de água. Com o aquecimento global, é provável que o volume de pluviosidade possa não compensar a demanda de transpiração das florestas, que também aumenta com a temperatura, possibilitando a perda da capacidade de sobrevivência de espécies e limitando sua distribuição espacial (KIRSCHBAUM, 2000).

Sob restrição hídrica, as sementes podem ativar mecanismos de sobrevivência para a manutenção da qualidade fisiológica, promovendo a expressão de genes e a produção de proteínas (COELHO *et al.*, 2010).

Em laboratório, é possível simular condições de estresse para o estudo dos mecanismos fisiológicos ativados. O *priming*, por exemplo, é uma técnica que possibilita uma germinação parcial em condição de estresse moderado e sem permitir a protrusão da radícula por meio de absorção de água controlada (MCDONALD, 2000; VARRIER & VARI, 2010). O *priming* propicia, sob condições controladas, a mobilização de reservas, a ativação e síntese de DNA nuclear, a produção de ATP, o reparo de danos nas membranas, aumenta a intensidade respiratória e reduz a restrição mecânica do endosperma em algumas espécies,

resultando em uma germinação mais rápida, uniforme e em maiores taxas e melhorara na resistência de plântulas aos estresses abióticos (VENTURA *et al.*, 2012).

A submissão de plantas a uma condição de estresse pode ativar os mecanismos de tolerância que preparam as plantas para reagir a diversos tipos de estresse e forma o *imprint* de estresse, um tipo de memória genética ou bioquímica nas plantas que promove uma maior expressão de genes de resposta ao estresse. Os fatores relacionados com o efeito memória causado pelo *priming* estão potencialmente ligados aos mecanismos de acumulação de proteínas sinalizadoras ou fatores de transcrição ou, a mudanças epigenéticas (BRUCE *et al.*, 2007).

Em sementes que passaram pelo estresse durante o *priming*, o metabolismo pré-germinativo e tolerância ao estresse adquirida, criam mecanismos irreversíveis para protrusão da radícula em condições de germinação e ativação da tolerância cruzada, agindo como uma memória de *priming* (CHEN & ARORA, 2013).

A simulação do estresse às sementes na técnica de *priming* se dá pela absorção controlada de água pela embebição das sementes em soluções osmóticas como a solução de polietilenoglicol (PEG) - *osmoprining* ou osmocondicionamento ou condicionamento osmótico; em água - hidrocondicionamento; ou em soluções salinas – halocondicionamento (PEREZ & NEGREIROS, 2001; FOOLAD *et al.*, 2003; SOEDA *et al.*, 2005; IQBAL & ASHRAF, 2007; FAROOQ *et al.*, 2008; GHASSEMI-GOLEZANI *et al.*, 2010;). O PEG é uma das substâncias mais utilizadas para simular em laboratório condições de restrição hídrica pela eficiência em simular déficit hídrico, por ser organicamente inativo, atóxico e possuir alto peso molecular (SANTOS *et al.*, 2008).

A técnica de *priming* é de grande importância para que se possa maximizar a adaptabilidade das sementes às condições adversas de umidade, temperatura e/ou salinidade dos ambientes. Ao condicionar osmoticamente sementes de *Digitalis purpurea*, observou-se resultados positivos em longevidade para sementes armazenadas e; resultados negativos para propágulos recém coletados, ocorrendo o reparo dos danos causados pela deterioração nas sementes durante o armazenamento, pelo condicionamento (BUTLER *et al.*, 2009).

As sementes com menor vigor, ao serem condicionadas, necessitam de mais tempo, quando comparadas a sementes com maior vigor, para se recuperar dos danos causados pelo metabolismo celular antes que ocorram avanços na germinação, e assim, prevenindo deterioração posterior (POWELL *et al.*, 2000).

As proteínas LEA (*late embryogenesis abundant*) agem em várias situações de condição de estresse abiótico nas sementes de espécies ortodoxas, incluindo o estresse hídrico, agindo na proteção de membranas celulares, do citoplasma e de enzimas, apresentando influência direta na germinação e formação de plântulas sob estresse (BUITINK *et al.*, 2006; TUNACLIFFE & WISE, 2007).

Vários trabalhos apontam que tratamentos com PEG podem promover o acúmulo de proteínas LEA ligadas à tolerância aos estresses abióticos, como as DHN (dehidrinase), demonstrando a capacidade de condicionamento das sementes à resistência ao estresse (VARIER *et al.*, 2010; CHEN *et al.*, 2012; CHEN & ARORA, 2013).

Trabalhos com espécies florestais tem observado o efeito positivo da técnica, como por exemplo, em sementes de *Cnidoculus juercifolius* Pax & K. Hoffm., *Poincianella pyramidalis*, *Sesbania virgata*, *Stryphnodendron obovatum* e *Stryphnodendron polyphyllum* (MAIA, 2004; SILVA *et al.*, 2005; KISSMANN *et al.*, 2010; MASETTO *et al.*, 2013).

Estudos com *Erythrina falcata* Benth identificaram a sensibilidade das sementes da espécie da restrição hídrica, sendo a germinação, tempo médio e índice de velocidade de germinação inibidos a partir de potenciais acima de -0,4 MPa em solução de PEG (6000) (PELEGRINI *et al.*, 2013). Para *Moringa oleifera* L., o potencial osmótico de -0,4 MPa também inibiu a formação de plântulas, não havendo germinação a partir dessa concentração (RABBANI *et al.*, 2012). Para *Erythrina velutina*, o limite foi de -0,6 MPa em solução de PEG (6000), ocorrendo degradação das sementes. Entretanto, para o potencial de -0,8 MPa, apesar

de não ter ocorrido germinação na condição de restrição hídrica, ao serem colocadas em uma situação de disponibilidade de água todas as sementes germinaram, revelando um potencial para condicionamento osmótico para a espécie (REIS *et al.*, 2012).

Esses estudos demonstram que o conhecimento sobre a relação entre as espécies e a disponibilidade de água é importante para entendimento das adaptações das plantas ao meio ambiente, além de contribuir para o estabelecimento de técnicas para maior eficiência de germinação e formação de plântulas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, U. P. de; MEDEIROS, P. M. de; ALMEIDA, A. L. S. de; MONTEIRO, J. M.; LINS NETO, E. M. de F.; MELO, J. G. de; SANTOS, J. P. dos. Medicinal plants of the Caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 114, n. 3, p. 325-354, 2007.
- AMORIM, T. M. L. de. **Avaliação da ação bioinseticida de SBTI e vicilina de *Erythrina velutina* em enzimas digestivas e membrana peritrófica de larvas de *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado em Biquímica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- ANDERSON, R. P. & MARTINEZ-MEYER, E. Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (Heteromys) of Ecuador. **Biological Conservation**, v. 116, n. 2, p. 167-179, 2004.
- BARROSO, G.M.; MORIM, M. O.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 2004. 443p.
- BONFIM, K. B. R. Farmacologia de plantas medicinais analgésicas de uso popular da Caatinga. **São Cristóvão: Núcleo de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe**, 2001.
- BRUCE, T. J.; MATTHES, M. C.; NAPIER, J. A.; PICKETT, J. A.. Stressful “memories” of plants: evidence and possible mechanisms. **Plant Science**, v. 173, n. 6, p. 603-608, 2007.
- BUITINK, J.; LEGER, J. J.; GUISE, I.; VU, B. L. WUILLÈME, S.; LAMIRAULT, G.; LEPRINCE, O. Transcriptome profiling uncovers metabolic and regulatory processes occurring during the transition from desiccation-sensitive to desiccation-tolerant stages in *Medicago truncatula* seeds. **The Plant Journal**, v. 47, n. 5, p. 735-750, 2006.
- BUTLER, L. H.; HAY, F. R.; ELLIS, R. H.; SMITH, R. D.; MURRAY, T. B. Priming and re-drying improve the survival of mature seeds of *Digitalis purpurea* during storage. **Annals of Botany**, v. 103, n. 8, p. 1261-1270, 2009.
- CABRAL, A. L. G. S. **Constituintes químicos de *Erythrina velutina* Willd.(Fabaceae). Paraíba, 163p**. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em produtos naturais e sintéticos bioativos, Universidade Federal da Paraíba.
- CARVALHO, A. C. C.; ALMEIDA, D. S.; MELO, M. G.; CAVALCANTI, S. C.; MARÇAL, R. M. Evidence of the mechanism of action of *Erythrina velutina* Willd (Fabaceae) leaves aqueous extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 122, n. 2, p. 374-378, 2009.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**; Colombo: Embrapa Florestas, v. 3, 2008.
- CAYUELA, L.; GOLICHER, D.; NEWTON, A.; KOLB, H., ALBURQUERQUE, F. S. de, ARETS, E. J. M.; PÉREZ, A. M.. Species distribution modeling in the tropics: problems, potentialities, and the role of biological data for effective species conservation. **Tropical Conservation Science**, v. 2, n. 3, p. 319-352, 2009.
- CENTENARO, C.; CORRÊA, L. G.; KARAS, M. J.; VIRTUOSO, S.; DIAS, J. E. G.; MIGUEL, O. G.; MIGUEL, M. D. Contribution to the allelopathic study of *Erythrina velutina* Willd., Fabaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 1B, p. 304-308, 2009.

- CHEN, K.; ARORA, R. Priming memory invokes seed stress-tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 94, p. 33-45, 2013.
- CHEN, K.; FESSEHAIE, A.; ARORA, R.. Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in *Spinacia oleracea* L. cv. Bloomsdale: possible role in stress tolerance. **Plant science**, v. 183, p. 27-36, 2012.
- COELHO, D. L. M., AGOSTINI, E. A. T. D.; GUABERTO, L. M. MACHADO NETO, N. B. ; CUSTÓDIO, C. C. Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e expressão diferencial de proteínas durante a germinação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 491-499, 2010.
- COLOMBO, A. F.; JOLY, C. A. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 697-708, 2010.
- CRAVEIRO, A. C. S.; CARVALHO, D. M. M.; NUNES, R. D. S.; FAKHOURI, R.; RODRIGUES, A. S.; TEXEIRA-SILVA, F. Toxicidade aguda do extrato aquoso de folhas de *Erythrina velutina* em animais experimentais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. Supl, 2008.
- DANTAS, J. O.; OLIVEIRA, D. A.; MENDONÇA, M. C. Lista preliminar das abelhas da região de Sergipe (Hymenoptera, Apoidea). **Biologia Geral e Experimental, São Cristóvão, SE**, v. 1, n. 1, p. 19-21, 2000.
- DANTAS, M. C.; OLIVEIRA, F. S. de; BANDEIRA, S. M.; BATISTA, J. S.; SILVA, C. D.; ALVES, P. B.; ANTONIOLLI, A. R.; MARCHIORO, M. Central nervous system effects of the crude extract of *Erythrina velutina* on rodents. **Journal of ethnopharmacology**, v. 94, n.1, p. 129-133, 2004.
- ELITH, J. & LEATHWICK, J. R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 677, 2009.
- FAROOQ, M.; AZIZ, T.; BASRA, S. M. A.; CHEEMA, M. A.; REHMAN, H.. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 194, n. 2, p. 161-168, 2008.
- FEELEY, K. J. & SILMAN, M. R. Keep collecting: accurate species distribution modelling requires more collections than previously thought. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 6, p. 1132-1140, 2011.
- FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed Editora, 2009.
- FERREIRA, R. A.; RIBEIRO, G. T.; GOMES, L. J., SILVA-MANN, R.; REZENDE, A. M. da S.; ARAGÃO, A. G. de; COSTA, C. C.; SANTOS, R. N.; SANTOS, T. I. S.; CARVALHO, S. V. A.; ROCHA, I. P. da; SANTANA, G. da C. Restauração de mata ciliar na região do Baixo São Francisco. In: II Seminário de Pesquisa FAP-SE, 2004. Aracaju. Anais... Aracaju: FAP-SE, 2004. p.1-3.
- FIGUEIREDO, S. M. de M.; VENTICINQUE, E. M.; FIGUEIREDO, E. O.; FERREIRA, E. J. L. Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, p. 167-174, 2015.

FOOLAD, M. R.; SUBBIAH, P.; KRAMER, C.; HARGRAVE, G.; LIN, G. Y. Genetic relationships among cold, salt and drought tolerance during seed germination in an interspecific cross of tomato. **Euphytica**, v. 130, n. 2, p. 199-206, 2003.

FRANKLIN, J. **Mapping species distributions: spatial inference and prediction**. Cambridge University Press, 2010.

GALETTO, L.; BERNADELLO, G.; ISELE, I. C.; VERPRINI, J.; SPERONI, G.; BERDIC, A. Reproductive biology of *Erythrina crista-galli* (Fabaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 127-145, 2000.

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; CHADORDOOZ-JEDDI, A.; NASROLLAHZADEH, S., MOGHADDAM, M. Effects of hydro-priming duration on seedling vigour and grain yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 38, n. 1, p. 109, 2010.

GONÇALVES, L. O.; PINHEIRO, J. B.; ZUCCHI, M. I.; SILVA-MANN, R. Caracterização genética de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) em áreas de baixa ocorrência. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 290-298, 2014.

GOOD, R. The geography of the flowering plants. **The geography of the flowering plants.**, n. 3rd Ed, 1964.

GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological modelling**, v. 135, n. 2, p. 147-186, 2000.

GUISAN, A. & THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology letters**, v. 8, n. 9, p. 993-1009, 2005.

IQBAL, M.; ASHRAF, M. Seed preconditioning modulates growth, ionic relations, and photosynthetic capacity in adult plants of hexaploid wheat under salt stress. **Journal of plant nutrition**, v. 30, n. 3, p. 381-396, 2007.

KIRSCHBAUM, M. U. F. Forest growth and species distribution in a changing climate. **Tree physiology**, v. 20, n. 5-6, p. 309-322, 2000.

KISSMANN, C.; SCALON, S. D. P. Q.; MOTA, L. H. D. S.; VIEIRA, M. D. C. Germinação de sementes de *Stryphnodendron* Mart. osmocondicionadas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 26-35, 2010.

LEITE, A. V. de L. & MACHADO, I. C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.74, n. 11, p. 1374-1380, 2010.

LEMES, P.; LOYOLA, R. D. Mudanças climáticas e prioridades para a conservação da biodiversidade. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 11, n. 1, p. 47-57, 2015.

LOBO, J. M.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; REAL, R.. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. **Global ecology and Biogeography**, v. 17, n. 2, p. 145-151, 2008.

LORENZI, H. & MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**, 1 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 512 p. 2002.

- LORENZI, H. & MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 577 p. 2008..
- MACEDO, C. de S. **Efeito inseticida de vicilinas isoladas de sementes de *Erythrina velutina* em condições de semi-campo para moscas das frutas (*Ceratitis capitata*)**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Biquímica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica Editora, 413p, 2004.
- MARCHIORO, M.; BLANK, M. de F. A.; MOURÃO, R. H. V.; ANTONIOLLI, A. R. Antinociceptive activity of the aqueous extract of *Erythrina velutina* leaves. **Fitoterapia**, v. 76, n. 7, p. 637-642, 2005.
- MASETTO, T. E.; FARIA, J. M. R.; FRAIZ, A. C. R.; REZENDE, R. K. S. Condicionamento osmótico de sementes de *Sesbania virgata* (CAV.) PERS (FABACEAE). **Cerne, Lavras**, v. 19, n. 4, p. 629-636, 2013.
- MCDONALD, M. B. Seed priming. In: **Seed technology and its biological basis**. Academic Press Ltd., 2000. P 287-325.
- MOTA-VARGAS, C. & ROJAS-SOTO, O. R. The importance of defining the geographic distribution of species for conservation: The case of the Bearded Wood-Partridge. **Journal for Nature Conservation**, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2012.
- NARDY, M.; YUYAMA, P. M.; ALMEIDA, L. D. N. A. de; VANZELA, A. L. L. Chromosome banding patterns and localization of 5S and 45S rDNA sites in three shrub-tree species of *Erythrina* L. (Leguminosae: Papilionoideae) from Brazil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, 2010.
- OLIVEIRA, A. K.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; DIÓGENES, F. E.; MEDEIROS FILHO, S. Alelopatia de extratos de diferentes órgãos de mulungu na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 480-483, 2012.
- OZAWA, M.; ETOH, T.; HAYASHI, M.; KOMIYAMA, K.; KISHIDA, A.; OHSAKI, A. TRAIL-enhancing activity of Erythrinan alkaloids from *Erythrina velutina*. **Bioorganic & medicinal chemistry letters**, v. 19, n. 1, p. 234-236, 2009.
- OZAWA, M.; KISHIDA, A.; OHSAKI, A. Erythrinan alkaloids from seeds of *Erythrina velutina*. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 59, n. 5, p. 564-567, 2011.
- PARSONS, A. F. & WILLIAMS, D. A. J. Radical Cyclisation Reactions Leading to Polycyclics Related to the Amaryllidaceae and *Erythrina* Alkaloids. **Tetrahedron**, v. 56, n. 37, p. 7217-7228, 2000.
- PEARSON, R. G. & DAWSON, T. P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. **Global ecology and biogeography**, v. 12, n. 5, p. 361-371, 2003.
- PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; TOWNSEND, A. P. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 1, p. 102-117, 2007.

- PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 511-519, 2013.
- PEREZ, S.C.J.G de A.; NEGREIROS, G. de F. Priming effects on viability and vigor of canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) seeds under stress. **Revista Brasileira de Sementes** (Brazil), 2001.
- PETERSON, A. T. & SOBERÓN, J. Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 2, p. 102-107, 2012.
- PETERSON, A. T.; ORTEGA-HUERTA, M. A.; BARTLEY, J.; SÁNCHEZ-CORDERO, V.; SOBERÓN, J.; BUDDEMEIER, R. H.; STOCKWELL, D. R. Future projections of Mexican faunas under global climate change scenarios. **Nature**, v. 416, n. 6881, p. 626-629, 2002.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, Robert E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3, p. 231-259, 2006.
- PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: **Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning**. ACM, 2004. p. 83.
- POWELL, A. A.; YULE, L. J.; JING, H. C. GROOT, S. P.; BINO, R. J.; PRITCHARD, H. W. The influence of aerated hydration seed treatment on seed longevity as assessed by the viability equations. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 353, p. 2031-2043, 2000.
- RABBANI, A. R. C.; SILVA-MANN, R.; FERREIRA, R. A. Variabilidade genética de *Genipa americana* L. pertencente ao baixo curso do rio São Francisco. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 401-409, 2012.
- RABELO, L. A.; AGRA, M. de F.; DA-CUNHA, E. V. L., SILVA, M. S. S.; BARBOSA-FILHO, J. M. Homohesperetin and phaseollidin from *Erythrina velutina*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 29, n. 5, p. 543-544, 2001.
- RAHMAN, I. M. M.; HASEGAWA, H. **Water Stress**. Croacia: Editora InTech, 2012. 300p.
- RAUPP, I. M.; SERENIKI, A.; VIRTUOSO, S.; GHISLANDI, C.; SILVA, E. C. TREBIEN, H. A.; MIGUEL, O. G.; ANDREATINI, R. Anxiolytic-like effect of chronic treatment with *Erythrina velutina* extract in the elevated plus-maze test. **Journal of ethnopharmacology**, v. 118, n. 2, p. 295-299, 2008.
- REICH, R. M.; AGUIRRE-BRAVO, C.; BRAVO, V. A. New approach for modeling climatic data with applications in modeling tree species distributions in the states of Jalisco and Colima, Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 7, p. 1343-1357, 2008.
- REIS, R. C. R.; DANTAS, B. F.; PELACANI, C. R. Mobilization of reserves and germination of seeds of *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae-Papilionoideae) under different osmotic potentials. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 580-588, 2012.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest

distributed: Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RIBEIRO, M. D.; ONUSIC, G. M.; POLTRONIERI, S. C.; VIANA, M. B. Effect of *Erythria velutina* and *Erythrina mulungu* in rats submitted to animal models of anxiety and depression. **Brazilian journal of medical and biological research**, v. 39, n.2, p. 236-270, 2006.

SAATCHI, S.; BUERMANN, W.; TER STEEGE, H.; MORI, S.; SMITH, T. B. Modeling distribution of Amazonian tree species and diversity using remote sensing measurements. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 5, p. 2000-2017, 2008.

SANTOS, L. W. D.; COELHO, M. D. F. B., AZEVEDO, R. A. B. D.; LIMA, A. K. B.; SOUZA, J. W. N. D. *Erythrina velutina* Willd.-Fabaceae: Árvore de múltiplos usos no nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, 2014.

SANTOS, M. C. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, M. S.de; SILVA, R. F.da; SOUSA, P. A.de. Condicionamento osmótico de sementes. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 1-6, 2008.

SAZIMA, I.; SAZIMA, C.; SAZIMA, M. Little dragons prefer flowers to maidnes: a lizard that laps nectar and pollinates trees. **Biota Neotropica**, v.5, n. 1, p. 185-192, 2005.

SCHNELL, R. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. **Paris, Gauthier-Villars**, v. 1971, p. 4-7, 1970.

SERGIPE. **Florestas em Sergipe**: Construindo uma Política Florestal. Sergipe: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2012.

SILVA JUNIOR, V. T. D.; LIMA, J. M. G. M. D.; RODRIGUES, C. W. D. M. S.; BARBOSA, D. C. D. A. *Erythrina velutina* willd. (leguminosae-papilionoideae) ocorrente em Caatinga e Brejo de Altitude de Pernambuco: biometria, embebição e germinação. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 247-257, 2012.

SILVA, D. S.; GARCIA, A. C.; MATA, S. S.; OLIVEIRA, B. D.; ESTEVAM, C. S.; SCHER, R.; PANTALEAO, S. M. Genotoxicity and cytotoxicity of *Erythrina velutina* Willd., Fabaceae, on the root meristem cells of *Allium cepa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 21, n. 1, p. 92-97, 2011.

SILVA, K. B.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. D. L. A.; MATOS, V. P.; GONÇALVES, E. P. Morphology of fruits, seeds and seedlings of *Erythrina velutina* willd., leguminosaeae-Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n. 3, p. 104-114, 2008.

SILVA, L. M. de M.; AGUIAR, I. B. de; MORAIS, D. L. de; VIÉGAS, R. A. Estresse hídrico e condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de faveleira *Cnidocolus juercifolius*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 66-72, 2005.

SILVA, L. W. da; COELHO, M. D. F.B.; MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P. da; CÂNDIDO, W. dos S.; SILVA, A. C. da. Armazenamento e métodos para superação da dormência de sementes de mulungu. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 171-178, 2013.

SILVA, M. S.; SANTANA, A. S.; PIMENTEL, R. M.; SILVA, F. C.; RANDAU, K. P.; SOARES, L. A. Anatomy of leaf and stem of *Erythrina velutina*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 2, p. 200-206, 2013.

- SIQUEIRA, M. F. de & PETERSON, A. T. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2003.
- SIQUEIRA, M. F. de; DURIGAN, G.. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 2, p. 233-243, 2007.
- SOBERÓN, J. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, p. 1-10, 2005.
- SOBERON, J. Linking biodiversity information sources. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 14, n. 7, p. 291-291, 1999.
- SOEDA, Y.; KONINGS, M. C.; VORST, O.; VAN HOUWELINGEN, A. M.; STOOPEN, G. M.; MALIEPAARD, C. A.; KODDE, J.; BINO, R. J.; GROOT S. P. C.; VAN DER GEEST, A. H. Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. **Plant Physiology**, v. 137, n. 1, p. 354-368, 2005.
- TUNNACLIFFE, A.; WISE, M. J. The continuing conundrum of the LEA proteins. **Naturwissenschaften**, v. 94, n. 10, p. 791-812, 2007.
- VARIER, A.; VARI, A. K. Seed enhancement technology. **Seed Science and Technology**, Kalyani Publishers, New Delhi, 2010, p. 182 -198.
- VARIER, A.; VARI, A. K.; DADLANI, M.. The subcellular basis of seed priming. **Current Science**, v. 99, n. 4, 2010.
- VASCONCELOS, S. M. M.; OLIVEIRA, G. R.; CARVALHO, M. M. de; RODRIGUES, A. C. P.; SILVEIRA, E. R.; FONTELES M. F.; SOUZA, F. C. F.; VIANA, G. S. B. Antinociceptive activities of the hydroalcoholic extracts from *Erythrina velutina* and *Erythrina mulungu* in mice. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 26, n. 7, p. 946-949, 2003.
- VENTURA, L.; DONÀ, M.; MACOVEI, A.; CARBONERA, D.; BUTTAFAVA, A.; MONDONI, A.; BALESTRAZZI, A. Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 60, p. 196-206, 2012.
- VIRTUOSO, S. & MIGUEL, O. G.. Estudo fitoquímico e biológico das cascas de *Erythrina velutina* Willd.-Fabaceae (Leguminosae-Papilionoideae). **Visão Acadêmica**, v. 6, n. 1, 2005.
- VIRTUOSO, S.; DAVET, A.; DIAS, J. F. G.; CUNICO, M. M.; MIGUEL, M. D.; OLIVEIRA, A. B.; MIGUEL, O. G. Estudo preliminar da atividade antibacteriana das cascas de *Erythrina velutina* Willd., Fabaceae (Leguminosae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 2, p. 137-142, 2005.
- WISZ, M. S.; HIJMANS, R. J.; LI, J.; PETERSON, A. T.; GRAHAM, C. H.; GUISAN, A. Effects of sample size on the performance of species distribution models. **Diversity and Distributions**, v. 14, n. 5, p 763-773, 2008.

4. ARTIGO 1: ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA PROSPECÇÃO DE *Erythrina velutina* Willd. NO ESTADO DE SERGIPE

Periódico a ser submetido: Scientia Forestalis

RESUMO

As informações sobre as áreas antropizadas com maior abundância de uma espécie vegetal e os ambientes de ocorrência são importantes para estudos de populações vegetais obtidos a partir de modelos de distribuição geográfica. Essas informações contribuem para a tomada de decisão em conservação ambiental, estudos sobre biodiversidade e coleta de material para conservação *ex situ*. Objetivou-se com este estudo verificar a distribuição geográfica de *Erythrina velutina* Willd. em Sergipe por meio do método de modelagem de distribuição geográfica potencial e identificar áreas fora das Unidades de Conservação de provável ocorrência e direcionar os locais de coleta de sementes. Os dados de ocorrência de *E. velutina* foram compilados e eliminados os registros em duplicata. Ao total, 395 registros foram utilizados para a modelagem preditiva de distribuição eco-geográfica, utilizando-se 38 variáveis ambientais. A técnica de modelagem utilizada foi do *Maxent* e para destacar os padrões de distribuição das espécies em relação às variáveis ambientais usadas na modelagem. O modelo gerado permitiu a criação de mapas com a predição de ocorrência da espécie; e, contrastando as áreas de maior probabilidade de ocorrência com o uso local da terra. Identifica-se 23 municípios com maior probabilidade de ocorrência para *E. velutina* e observa-se que a maior parte das áreas está ocupada por pastagens e as formações florestais remanescentes altamente fragmentadas, sendo necessárias medidas para amostragem da diversidade e coleta de material para conservação *ex situ*.

Palavras-chave: modelagem, Maxent, mulungu, biodiversidade.

ABSTRACT

Title: Priority areas for prospection of *Erythrina velutina* Willd. in the state of Sergipe

The information about areas with higher abundance of a plant species and the environments of occurrence are important for the studies of plant populations, obtained from geographic distribution models. These reports contribute to the decision making process in environmental conservation, biodiversity studies and the collecting of material for ex situ conservation. We had the object to observe the geographic distribution of *Erythrina velutina* Willd. in Sergipe through potential geographic distribution modeling and to identify areas of probable occurrence, relate the distribution with environmental variables and direction the seed collecting in the state. The occurrence data of *E. velutina* were compiled and the eliminated the duplicated values. In total, 395 registers were used for the ecogeographic distribution prediction modeling, using 38 environmental variables. The *Maxent* modeling technique was used and the model created was adequate. Maps with the species' occurrence prediction and contrasting the areas of higher occurrence probability against local land use were generated. There are 23 cities with higher occurrence probability for *E. velutina* and most part of the areas are occupied with pasture and remaining forest formations are vastly fragmented, demanding measures to sample this diversity and to collect material for *ex situ* conservation.

Key-words: modeling, Maxent, mulungu, biodiversity.

4.1. Introdução

A distribuição de espécies vegetais é afetada diretamente pelos fatores físicos e climáticos do ambiente e pela sua capacidade de adaptação a estes. Algumas espécies possuem características que limitam sua ocorrência geográfica natural, conhecidas como espécies endêmicas, outras possuem ampla plasticidade e ocorrem em vários biomas, adaptando-se a diversas condições climáticas.

Para estimar a correlação entre a ocorrência natural das espécies vegetais e as características ambientais físicas e bioclimáticas, técnicas matemáticas têm sido desenvolvidas. Algoritmos matemáticos são usados para identificar locais de provável distribuição das espécies com base em observações de ocorrência natural - coordenadas geográficas - advindas de registros em herbários ou estudos de diversidade e características do clima, solo e/ou ocupação humana do local. São gerados modelos de distribuição geográfica potencial, capazes de contribuir para a previsão de adaptabilidade das espécies ao ambiente por meio de mapas e projeções cartográficas (ELITH & LEATHWICK, 2009).

Entre os algoritmos mais utilizados, o Maxent - Máxima Entropia, que se baseia na probabilidade de máxima entropia com as informações dos registros de presença da espécie no local, gera previsões detalhadas com quantidades de apenas 30 pontos de ocorrência (PEARSON *et al.*, 2007; WISZ *et al.*, 2008).

Com as informações sobre a distribuição real, suplantadas pelos estudos de modelagem de distribuição geográfica é possível realizar ações de conservação de espécies prioritárias, indicando-se áreas para criação de Unidades de Conservação, indicar locais para coleta de material genético para estudos, e determinar locais para a coleta de propágulos para alimentar bancos de germoplasma e para a produção de mudas.

É imperativo que se realizem ações de conservação direcionadas em remanescentes florestais no Nordeste, região mais impactada pela ação das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos (BRASIL, 2015). A modelagem preditiva é apontada como ferramenta essencial para subsidiar ações, frente aos impactos causados ao meio pelas mudanças climáticas e pelo contínuo aumento da temperatura global (ELLIOTT *et al.*, 2011).

A combinação de ferramentas de exposição ecológica espacial, tais como modelagem e conservação usando técnicas genéticas podem prover informação crítica sobre a distribuição espacial de uma espécie. Além disso, o incremento da disponibilidade de bancos de dados com o uso da terra podem oferecer chaves para compreensão das principais causas de degradação, enquanto futuros modelos climáticos podem periodicamente ser revistos. A combinação e avaliação destas informações podem ser tomadas como ações preliminares para o desenvolvimento de estratégias de conservação de espécies em risco (MORALES *et al.*, 2015). Exemplos com sucesso na utilização desta ferramenta foi o estudo realizado com *Gymnocladus assamicus*, espécie endêmica na Índia. Esta espécie arbórea está criticamente ameaçada. As populações desta espécie estão partindo do estado de raridade e atingindo estado crítico em extinção (MENON *et al.*, 2010).

No estado de Sergipe, a espécie *Erythrina velutina* Willd., se encontra em estado de raridade na região do Baixo São Francisco. Indivíduos de *E. velutina* foram estudados por meio de marcadores moleculares ISSR, pertencentes a três localidades (Município de Pinhão - Caatinga; Município de Santana do São Francisco e São Cristóvão - Mata Atlântica). Como resultados evidencia-se a distribuição de forma aleatória de alguns indivíduos, o que compromete a sustentabilidade ao longo do tempo, e, portanto, requer ações imediatas de conservação e recuperação (GONÇALVES *et al.*, 2014).

Objetivou-se através desse trabalho observar a ocorrência real, gerar um modelo de distribuição geográfica potencial no estado de Sergipe, para a espécie nativa *Erythrina velutina* Willd., encontrada em caráter de raridade na região do Baixo São Francisco e identificar locais prioritários para a coleta de sementes para estudos genéticos e de conservação *ex situ*.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Coleta de dados

A modelagem preditiva da distribuição eco-geográfica potencial de *Erythrina velutina* Willd. foi realizada com dados de registros georreferenciados com coordenadas não suspeitas obtidos de exsicatas depositadas nos herbários do Brasil e obtidos através do Herbário Virtual da Flora e dos Fungos do INCT (ALCB, ASE, BAH, BHCB, CEN, CEPEC, CESJ, CNMT, EAC, EAN, ESA, FLOR, HAS, HCF, HPL, HST, HTSA, HTSA - Carpoteca, HUEFS, HUESB, HVASF, IAC, ICN, INPA, IPA, JPB, MAC, MBM, MBML - Herbário, MOBOT BE, MOSS, NY, PEUFR, R, RON, SORO, SP, SPF, SPSF, TEPB, UB, UEC, UESC, UFP, UFP - Carpoteca, UFRN, UFRR) com pontos de coordenadas originais e coordenadas de municípios por meio da plataforma online *speciesLink*, abrangendo um total de 16 estados (Bahia, Pernambuco, Paraíba, Ceará, Sergipe, Alagoas, Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Goiás, Rondônia, Amazonas e Roraima).

Estes dados foram complementados por registros de indivíduos coletados em campo pelos grupos de pesquisa Genaplant e Restauração (Universidade Federal de Sergipe) no estado de Sergipe. Após a compilação dos dados, foram eliminados os registros em duplicata, totalizando 395 registros de coleta.

4.2.2. Variáveis Ambientais

A relação entre a distribuição e a demografia das espécies com fatores bioclimáticos podem influenciar decisões de manejo e conservação das espécies (O'DONNELL & IGNIZIO, 2012). Foram utilizadas 38 variáveis ambientais para geração do modelo, entre variáveis bioclimáticas, de precipitação e topográficas (Tabela 1A).

As variáveis bioclimáticas e a topográfica foram obtidas no banco de dados *WorldClim*, com resolução espacial de ~1 km² e são compilações de informações de estações meteorológicas entre os anos de 1950 e 2000 (HIJMANS *et al.*, 2005). As demais camadas, como limites geopolíticos, foram obtidas no Ministério de Meio Ambiente (MMA) e no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4.2.3. Análise dos dados

A previsão da distribuição geográfica potencial de *E. velutina* foi realizada com o software *Maxent* que correlaciona dados de presença da espécie com as variáveis edafoclimáticas do local (PHILLIPS *et al.*, 2006).

Dois mapas foram criados, um com a distribuição geográfica potencial da espécie no país com todos os 395 registros de coleta e outro para o estado de Sergipe, com apenas os registros de coleta dentro da área do estado, gerando uma previsão mais específica, onde fatores em escala local podem ter maior influência. E mais dois mapas contrastando o modelo gerado com o atual uso da terra - informações geográficas do IBGE, que podem influenciar decisivamente na retirada de indivíduos, nos locais com maior potencial de ocorrência no estado de Sergipe.

A versão do programa utilizada foi a 3.3.3k com ajustes dos padrões do número de amostras para teste externo para 30% (FIELDING & BELL, 1997) e reamostragem pelo método *jackknife*, método de número fixo de iterações onde se retira um valor de cada vez da amostra por permuta, para as repetições dos cálculos (YANG *et al.*, 2013).

Os resultados obtidos foram transformados no programa ArcMap 10.2.1 - Sistema de Informação Geográfica (SIG) - em mapas de distribuição potencial da espécie e em mapas de distribuição complementados com informações sobre o uso da terra (ESRI, 2013; BRASIL, 2015).

4.3. Resultados e Discussão

Modelar e prever a ocorrência de espécies é essencial para estudos de perda da biodiversidade (POLASKY e SOLOW, 2001). O resultado da análise de desempenho do

modelo gerada pelo programa é dado pelo gráfico receptor-operador (ROC-plot) e avaliado pela área sob a curva (*Area Under Curve* - AUC). Neste trabalho esta foram superiores a 0,9 e os modelos foram classificados como aceitáveis, considerando-se que quanto mais próximo de 1,0, melhor o desempenho do modelo (PHILLIPS *et al.*, 2006).

As camadas ambientais são as variáveis explicativas, que associadas aos dados de ocorrência registrados, resultam em modelos geralmente empíricos para modelar a ocorrência de uma espécie em uma determinada área (GUISAN & THUILLER, 2005). Por meio do produto da análise com o algoritmo *Maxent* observa-se que 33 das 38 variáveis tiveram influência na distribuição da espécie no país. As variáveis que mais influenciaram o modelo para o Brasil foram: precipitação 1 (21,5%), precipitação 2 (15,4%), solos (13,3%), BIO12 (12,2%), precipitação 10 (9,8%), precipitação 12 (4,8%), BIO2 (4,1%), cobertura vegetal (3,1%), BIO11 (2,7%) e vegetação (2,1%) (Tabela 2A).

A distribuição potencial foi consistente com a amplitude de ocorrência relatada, sendo as áreas com maior probabilidade de ocorrência situam-se em todos os estados do Nordeste, em Goiás, Minas Gerais e São Paulo (Figura 3.1). Em estudo de distribuição potencial de *Schinus terebinthifolius*, usando camadas com resolução espacial de aproximadamente 4,6 km² para a América, observou-se também que os locais com maior probabilidade coincidem com os locais de ocorrência relatada no Brasil (GARRASTAZU & MATTOS, 2013).

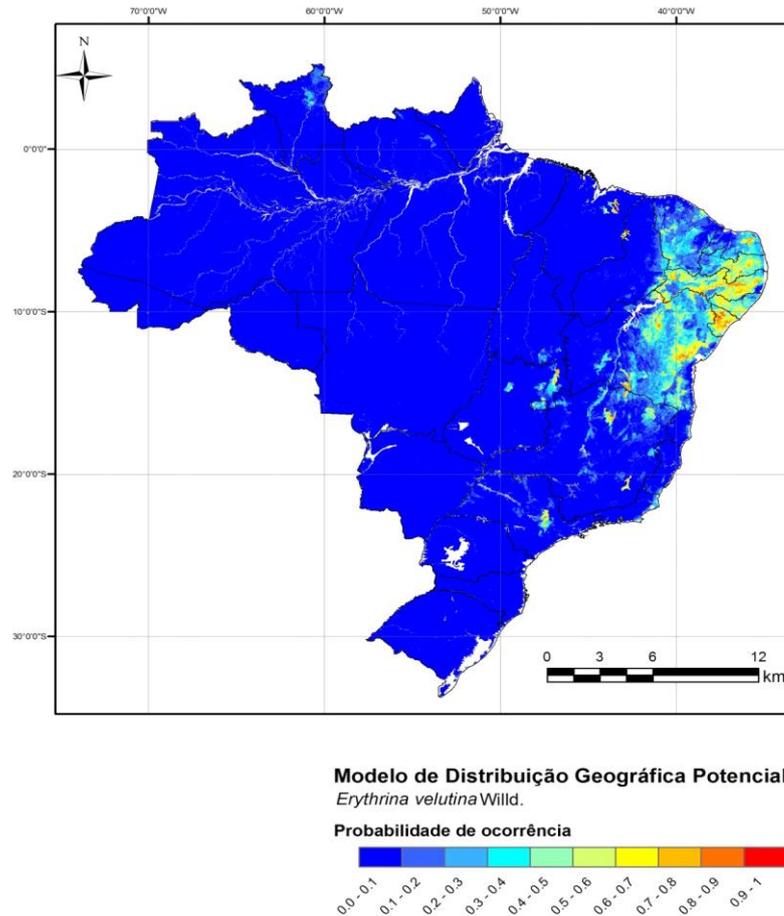


Figura 3.1. Modelo de Distribuição Geográfica Potencial para a espécie *Erythrina velutina* Willd. no Brasil gerado por meio do algoritmo Maxent. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2016.

Para a distribuição no estado de Sergipe, apenas 18 variáveis influenciaram o modelo, sendo as de maior influência: precipitação 1 (45,9%), solos (17,3%), precipitação 7 (12,9%), BIO4 (10,8%), altitude (3,0%), BIO3 (2,4%), precipitação 12 (2,3%), vegetação (1,7%), BIO15 (1,5%) e precipitação 11 (0,5%), apresentando distribuição mais restrita do que observada no modelo de distribuição para o Brasil (Tabela 3A). Ainda sobre o estudo com *S. terenbinthifolius*, um modelo gerado para região dos estados de Sergipe e Alagoas com camadas de aproximadamente 1km² de resolução espacial, a distribuição local observada também foi mais restrita quando comparada ao observado no modelo continental (GARRASTAZU & MATOS, 2013).

Destaca-se a importância das variáveis precipitação 1 (volume pluviométrico no mês de janeiro), solos e vegetação na distribuição de *E. velutina*, tanto em Sergipe quanto para a distribuição no Brasil. Ao comparar a distribuição obtida para a espécie com o mapa de média de precipitação (1961 - 1990) do estado para o mês de janeiro, percebe-se a alta relação entre os dois, sendo este período caracterizado por uma média pluviométrica entre 42 e 46 mm na região com maior probabilidade de ocorrência de *E. velutina* pelo modelo (Figura 1A) (SEMARH, 2016).

Observa-se que em Sergipe os municípios com maior potencial de ocorrência de *E. velutina* são Areia Branca, Campo do Brito, Capela, Carmópolis, Divina Pastora, Frei Paulo, Itabaiana, Itaporanga D'Ajuda, Japaratuba, Lagarto, Laranjeiras, Macambira, Maruim, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Pedra Mole, Riachuelo, Ribeirópolis, Rosário do Catete, Santa Rosa de Lima, São Cristóvão, São Domingos e Siriri, com maior abundância de locais com probabilidade de ocorrência entre 58% e 83%, predominantemente nos territórios Agreste e Leste Sergipano (Figura 3.2). A legenda dos municípios do estado de Sergipe encontra-se na Tabela 4A.

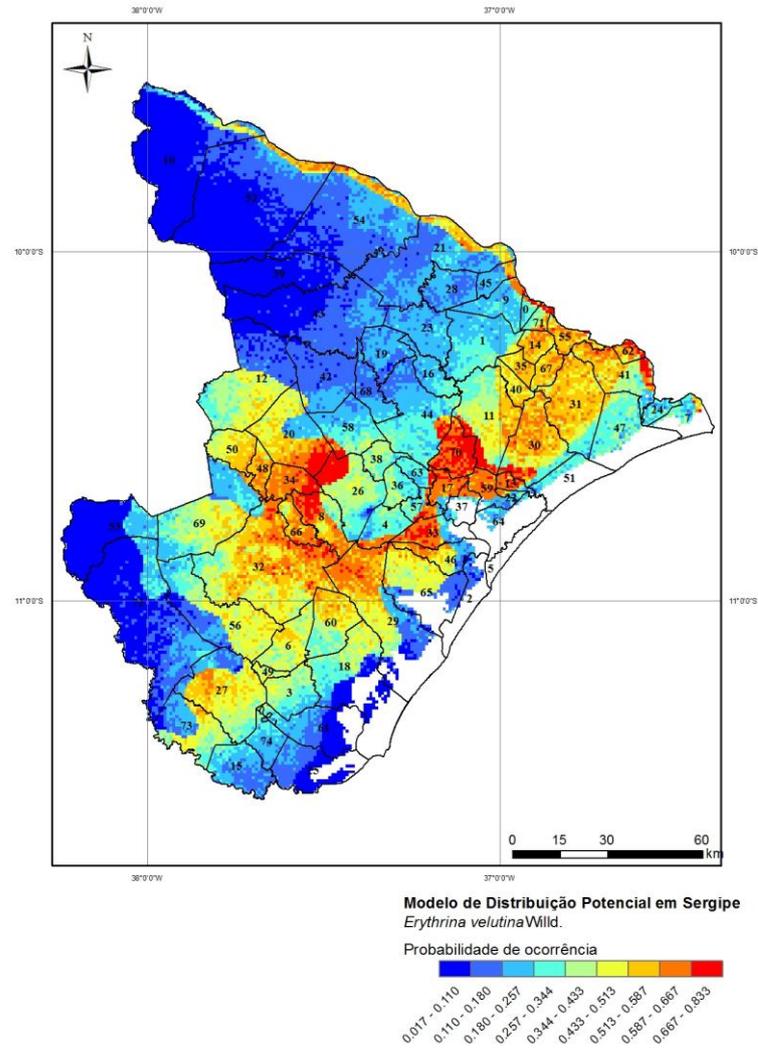


Figura 3.2. Modelo de Distribuição Geográfica Potencial para a espécie *Erythrina velutina* Willd. no estado de Sergipe gerado por meio do algoritmo Maxent. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2016.

Esses municípios possuem uma cobertura vegetal natural que varia entre 41,67% em Areia Branca a apenas 3,41% em Carmópolis; e somente três municípios possuem área com florestas e matas acima de 20% da área total do município (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Porcentagem de vegetação em relação à área total de dezenove municípios de Sergipe.

Município	Porcentagem de vegetação em relação área total (%)
Areia Branca	41,67
Campo do Brito	7,50
Capela	7,30
Carmópolis	3,41
Divina Pastora	10,04
Frei Paulo	8,99
Itabaiana	8,62
Itaporanga D'Ajuda	16,51
Japaratuba	9,99
Lagarto	12,70
Laranjeiras	14,08
Macambira	18,37
Maruim	10,41
Nossa Senhora das Dores	7,75
Nossa Senhora do Socorro	11,68
Pedra Mole	22,30
Riachuelo	11,76
Ribeirópolis	6,83
Rosário do Catete	6,51
Santa Rosa de Lima	15,34
São Cristóvão	21,10
São Domingos	16,11
Siriri	14,69

Fonte: SERGIPE, 2012.

As atividades agropastoris ocupam maior parte do território desses municípios, sendo o pasto com mais de 20% de ocupação, o predominante, seguido por áreas cultivadas (Figura 3.3).

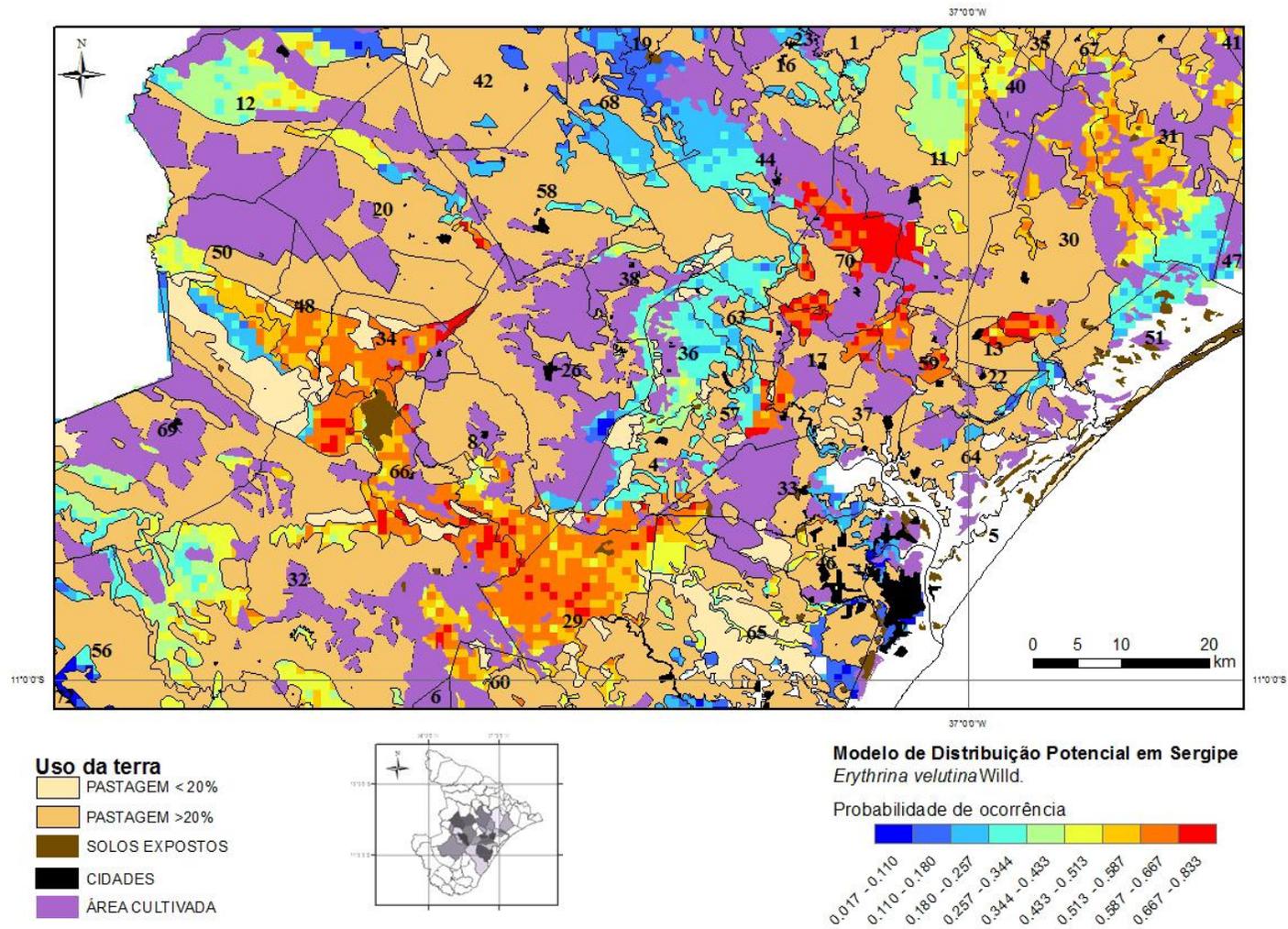


Figura 3.3. Sobreposição das áreas de uso da terra com pastagem, solos expostos, cidades e área cultivada sobre a modelagem de distribuição potencial de *Erythrina velutina* Willd no Estado de Sergipe para os municípios em foco. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2016.

O sucesso no manejo de uma dada espécie é diretamente dependente do nível de conhecimento sobre os componentes ambientais relevantes e as inter-relações que governam esta dinâmica (PIVELLO & COUTINHO, 1996). Os municípios com a maior probabilidade de ocorrência da espécie pertencem a áreas de savana, característica do bioma Caatinga, e floresta estacional semidecidual (IBGE, 2004). Observa-se que alguns fragmentos florestais se sobrepõem à área de ocorrência potencial de *E. velutina* (Figura 3.4). Essas áreas de vegetação com probabilidade de ocorrência da espécie encontram-se fora de Unidades de Conservação e são caracterizadas predominantemente como áreas de mata secundária. Destaca-se as áreas de mata secundária nos municípios de Pedra Mole, Macambira e Lagarto, e Campo do Brito, Itaporanga D'Ajuda, Areia Branca e São Domingos que formam aglomerados de fragmentos florestais.

Nos municípios de Laranjeiras e Itabaiana, apenas pequenos fragmentos de vegetação natural encontravam-se sobrepostos a área de ocorrência potencial da espécie; e em Frei Paulo, além de pequenos fragmentos em áreas de maior probabilidade, um fragmento maior encontrava-se em uma área de probabilidade intermediária (43 a 58%).

Além desses municípios, a região ao longo do rio São Francisco também se mostrou propícia para a ocorrência da espécie na faixa de mata ciliar. Estudos relatam a presença de *E. velutina* com raros indivíduos em uma área de 100 km na região do Baixo São Francisco (AZEVEDO *et al.*, 2013; GONÇALVES *et al.*, 2014)

Em Sergipe existe alta fragmentação tanto do bioma Mata Atlântica quanto da Caatinga, com fragmentos de até 100 hectares em taxas de 64 e 50% do total de fragmentos dos respectivos biomas (SANTIAGO, 2014). Houve um aumento de mais de 26% no desmatamento na região semiárida de Sergipe em 11 anos (1992 - 2013), sendo a Caatinga o bioma mais impactado com a transição de áreas de vegetação nativa em pastagem (FERNANDES *et al.*, 2015).

Esses fatores associados aos impactos ambientais do aquecimento global, como a redução da disponibilidade de água, o aumento da transpiração e a redução na vegetação natural, podem levar a incapacidade de sobrevivência de *E. velutina* em Sergipe (COLOMBO & JOY, 2010; KIRSCHBAUM, 2000) em algumas regiões do estado.

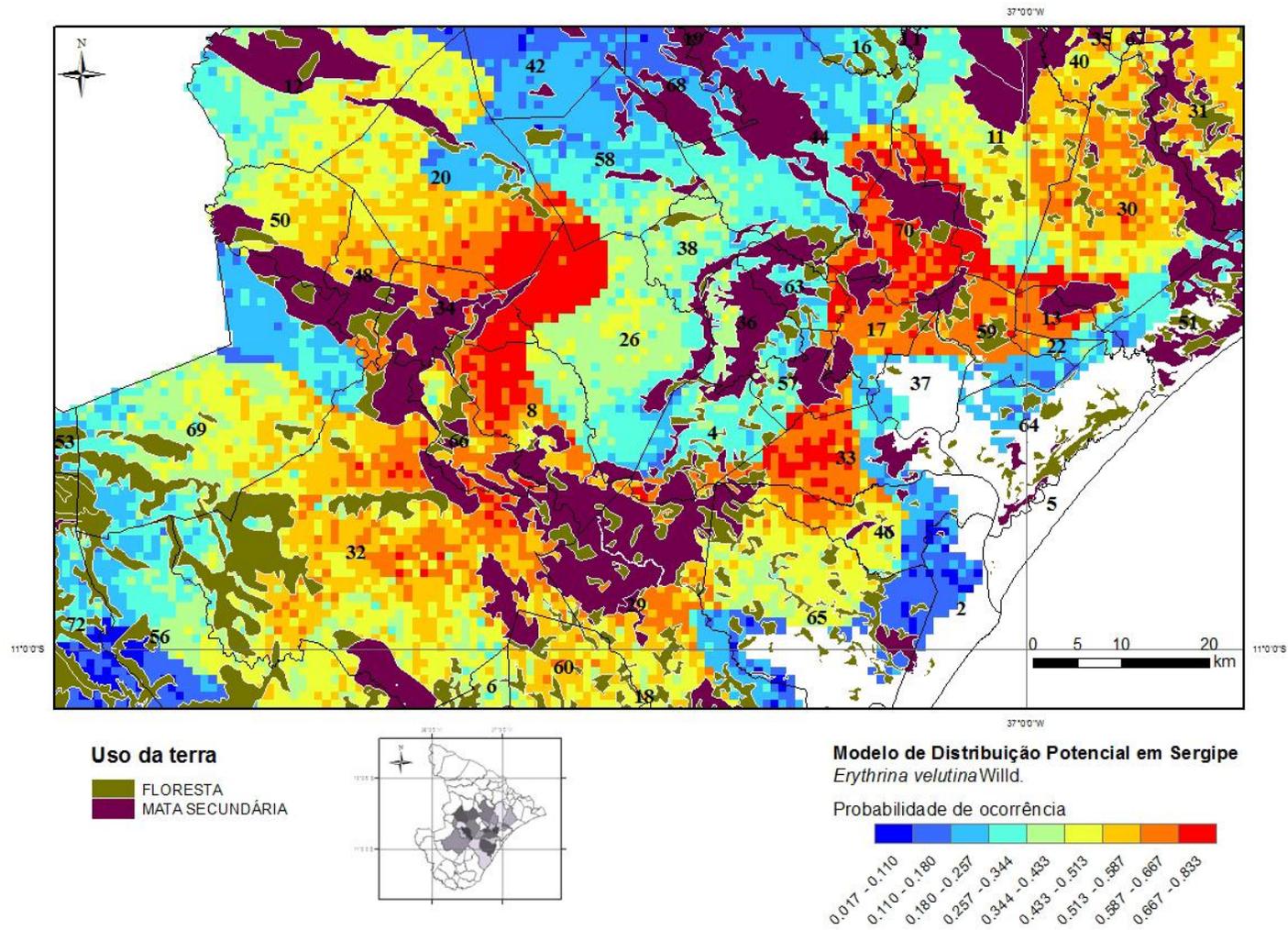


Figura 3.4. Sobreposição das áreas de uso da terra com floresta e mata secundária sobre a modelagem de distribuição potencial de *Erythrina velutina* Willd. no Estado de Sergipe. UFS, São Cristóvão, Sergipe. 2016.

A modelagem realizada nesse estudo com o uso do programa Maxent e das camadas bioclimáticas como variáveis ambientais pode funcionar como base comparativa para avaliações futuras da distribuição da espécie e auxiliar na determinação de políticas públicas de conservação de espécies nativas, ao direcionar áreas prioritárias. O Diagnóstico Florestal de Sergipe, apresentado em 2012, aponta a carência de estudos sobre espécies florestais nativas, potencialmente econômicas e com produtos não madeireiros. Apesar de fazer uso de ferramentas de SIG no mapeamento da vegetação do estado, o diagnóstico não utiliza informações de modelos de distribuição potencial de espécies ao sugerir o Programa Estadual de Florestas de Sergipe (SERGIPE, 2012).

E. velutina é uma espécie que merece destaque pela sua plasticidade, com ocorrência não só no Bioma Caatinga. Grande volume de informações consideráveis tem sido descritos para várias espécies, principalmente as que ocorrem em regiões da Caatinga, que tratam da estrutura e processos. No entanto, é necessário considerar as atuais limitações que estes estudos fornecem para conservação desta espécie, uma vez que as respostas das plantas mudam drasticamente em função das variações espaço-temporais no regime pluviométrico, consistentes generalizações sobre este ecossistema devem ser baseadas em estudos de longo tempo. Por outro lado, existe necessidade de se obter respostas rápidas para problemas relacionados ao manejo e conservação de recursos naturais. Assim, esta é uma importante ação, pois pode auxiliar na ampla compreensão dos ambientes e nas redes de relações complexas que estão envolvidas (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Este é um trabalho preliminar que associa as áreas de ocorrência potencial de *Erythrina velutina* com dados do uso da terra. Qualquer tipo de conservação, seja *in situ* ou *ex situ*, é difícil e laborioso, e ainda maiores são os desafios quando estas espécies estão em áreas de extrema ação antrópica, como as relatadas aqui.

Neste estudo ressalta-se a necessidade da geração de informações complementares considerando processos ecológicos, bem como a diversidade genética associada a cada região de distribuição amostrada, além de se considerar também o conhecimento tradicional associado ao uso da espécie, semelhantes aos tratados em estudo de espécies nativas e de ocorrência em Sergipe (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

4.4. Conclusão

Assim, conclui-se que para as áreas fora das Unidades de Conservação, e com prioridade para prospecção de propágulos de *Erythrina velutina* no Estado de Sergipe são regiões de fragmentos florestais predominantemente no Agreste e Leste Sergipanos, abrangendo os municípios de Areia Branca, Campo do Brito, Capela, Carmópolis, Divina Pastora, Frei Paulo, Itabaiana, Itaporanga D'Ajuda, Japarutuba, Lagarto, Laranjeiras, Macambira, Maruim, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora do Socorro, Pedra Mole, Riachuelo, Ribeirópolis, Rosário do Catete, Santa Rosa de Lima, São Cristóvão, São Domingos e Siriri.

4.5. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, E. de L.; CASTRO, C. C. de; ALBUQUERQUE, U. P. de. Dynamics of Brazilian Caatinga—A review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2007.

AZEVEDO, R. M.; SANTOS, H. O. dos; FERREIRA, R. A.; MARÇAL, R. M.; SILVA-MANN, R. Variabilidade genética em populações de *Erythrina velutina* Willd. por meio de isoenzimas. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient**, v. 11, n. Supl 1, p. S43-S51, 2013.

BRASIL. **Mapas: download de dados geográficos**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: < <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 01 de junho. 2015.

COLOMBO, A. F.; JOLY, C. A. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 697-708, 2010.

ELITH, J.; LEATHWICK, J. R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 677, 2009.

ELLIOTT, J.; GLOTTER, M.; BEST, N.; BOOTE, K. J.; JONES, K. W.; HATFIELD, J. L.; FOSTER, I. Predicting agricultural impacts of large-scale drought: 2012 and the case for better modeling. Mathematics and Computer Science Division Preprint ANL/MCS-P4034-0213. **Argonne National Laboratory**. RDCEP Working Paper n. 13-01, 2013.

ESRI ArcGIS. Release 10. **Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute**, 2011.

ESRI, ArcGIS **Network Analyst**. Redlands. California (www.esri.com/software/arcgis/extensions/networkanalyst/index.html), 2013.

FERNANDES, M. R. de M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. de; FERNADES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015.

FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environmental conservation**, v. 24, n. 01, p. 38-49, 1997.

GARRASTAZU, M. C. & MATTOS, P. P. Modelagem e Distribuição Geográfica. In: **Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.)**. São Cristóvão: Editora UFS, 2013. P. 21-32.

GONÇALVES, L. O.; PINHEIRO, J. B.; ZUCCHI, M. I.; SILVA-MANN, R. Caracterização genética de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.) em áreas de baixa ocorrência. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 290-298, 2014.

GUISAN, A. & THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology letters**, v. 8, n. 9, p. 993-1009, 2005.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International journal of climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística . **Mapa de Vegetação do Brasil**, 2004.
- KIRSCHBAUM, M. U. F. Forest growth and species distribution in a changing climate. **Tree physiology**, v. 20, n. 5-6, p. 309-322, 2000.
- MENON, S.; CHOUDHURY, B. I.; KHAN, M. L.; PETERSON, A. T. Ecological niche modeling and local knowledge predict new populations of *Gymnocladus assamicus* a critically endangered tree species. **Peer Reviewed Publications**, p. 26, 2010.
- MORALES, N. S.; FERNÁNDEZ, I. C.; CARRASCO, B.; ORCHARD, C. Combining Niche Modelling, Land-Use Change, and Genetic Information to Assess the Conservation Status of *Pouteria splendens* Populations in Central Chile. **International Journal of Ecology**, v. 2015, 2015.
- O'DONNELL, M. S.; IGNIZIO, D. A. Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States. **US Geological Survey Data Series**, v. 691, n. 10, 2012.
- OLIVEIRA, M. D. de; RABBANI, A. R. C.; GOMES, L. J.; SILVA-MANN, R. **Usos, percepções, instrumentos de gestão e sustentabilidade da flora do estado de Sergipe**. São Cristóvão: Editora UFS, 2014. 412p.
- PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; TOWNSEND, A. P. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 1, p. 102-117, 2007.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, Robert E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3, p. 231-259, 2006.
- PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. **Forest Ecology and Management**, v. 87, n. 1, p. 127-138, 1996.
- POLASKY, S.; SOLOW, A. R. The value of information in reserve site selection. **Biodiversity and Conservation**, v. 10, n. 7. p. 1051-1058, July. 2001.
- SANTIAGO, A. G. **Avaliação da fragmentação dos remanescentes florestais no estado de Sergipe**. 2014. 42f. Monografia. Universidade de Brasília, Brasília. 2014.
- SEMARH. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Centro de meteorologia: caracterização climática. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/meteorologia/modules/tinyd0/index.php?id=45>>. Acesso em: 07 de janeiro. 2016.
- SERGIPE. **Florestas em Sergipe**: Construindo uma Política Florestal. Sergipe: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2012.
- WISZ, M. S.; HIJMANS, R. J.; LI, J.; PETERSON, A. T.; GRAHAM, C. H.; GUISAN, A. Effects of sample size on the performance of species distribution models. **Diversity and Distributions**, v. 14, n. 5, p 763-773, 2008.

YANG, X. Q.; KUSHWAHA, S. P. S.; SARAN, S.; XU, J.; ROY, P. S. Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. **Ecological Engineering**, v. 51, p. 83-87, 2013.

5. ARTIGO 2: RESTRIÇÃO HÍDRICA EM SEMENTES DE *Erythrina velutina* Willd.

Periódico a ser submetido: Revista Brasileira de Sementes

RESUMO

Visando simular condições de restrição hídrica, comuns em regiões semiáridas, estudos de germinação são conduzidos com soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) para identificação de diferenças entre lotes de sementes. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. de duas procedências (Sergipe e Pernambuco), sob restrição hídrica e osmocondicionamento. As sementes foram inicialmente avaliadas por imagens de raios-X, após isso se determinou a qualidade inicial com a determinação da morfometria, massa de 1.000 sementes, germinação em papel e em areia e condutividade elétrica. Em seguida, as sementes foram submetidas à restrição hídrica com solução PEG à -0.8 MPa nos tempos 12, 24, 48 e 72 horas. E outra porção de sementes dos mesmos lotes foi submetida ao osmocondicionamento por imersão em água e em solução PEG à -0,8 MPa com aeração constante durante sete dias. Estimou-se %G, IVG, TMG e VMG. Não sendo observadas diferenças pelas imagens de raios-X, ambas as procedências apresentaram sementes cheias, prosseguiu-se para a avaliação da qualidade inicial. As sementes de Pernambuco, apesar de maiores e mais pesadas, tiveram menor germinação e vigor. Para a restrição hídrica, as sementes procedentes de Sergipe apresentaram incremento na germinação com o aumento do tempo em restrição e as de Pernambuco tiveram o maior valor de germinação com 24 h. Com a restrição no tempo de 72 h é possível diferenciar as duas procedências quanto ao vigor. . O condicionamento osmótico resulta em incremento na germinação das sementes com baixo vigor, como as procedentes de Pernambuco com aumento de 11%.

Palavras-chave: mulungu, PEG, estresse abiótico

ABSTRACT

Title: Water restriction in *Erythrina velutina* Willd. Seeds

Aiming to simulate water restriction, a common phenomenon in semiarid regions, germination tests are conducted with polyethyleneglycol (PEG 6000) solutions to identify genotypes with high endurance. Our goal was to evaluate the physiological response of *Erythrina velutina* Willd. from two lots (Sergipe and Pernambuco) under water restriction and osmopriming conditions. For the initial seed quality evaluation tests of germination, morphometry, 1000 seeds weight, electric conductivity and x rays were performed, and calculated the germination percentage, germination speed index, average germination time and average germination speed. After that, the water restriction evaluations with PEG (6000) at -0.8MPa in the times of 12, 24, 48 and 72 hours and the osmopriming through submersion with PEG (6000) at -0,8MPa during 7 days were performed. The germination percentage, germination speed index, average germination time and average germination speed were estimated for both analyses. The seeds from Pernambuco, despite being bigger and heavier, had less germination and vigor. The seeds from both lots were full and there was no visible difference in the x ray images. For the water restriction, the seeds from Sergipe had an increment in germination with the longer time in water restriction and the seeds from Pernambuco had the highest germination value with 24 hours. Using the 72 hours period it is possible to differentiate between both lots for all the variables. The osmopriming results in an increment of 11% in the germination of seeds from Pernambuco.

Key-words: mulungu, PEG, environmental stress

5.1. Introdução

A indisponibilidade de água é um fenômeno comum de regiões tropicais no mundo que tem se agravado com aquecimento global e expandido a área impactada com o déficit hídrico. Apesar das plantas resistirem ao aumento de temperatura, isso somente é possível em condições de disponibilidade de água, um dos fatores abióticos limitantes para a germinação de sementes (RAHMAN & HASEGAWA, 2012; KIRSCHBAUM, 2000).

A germinação é um processo metabólico desencadeado pela absorção de água pelas sementes para a formação de plântulas. Esse processo retoma o desenvolvimento embrionário e o fornecimento de energia e nutrientes. Em condições de restrição hídrica, as sementes ativam a expressão de genes e produção de proteínas como mecanismos de sobrevivência (COELHO *et al.*, 2010).

A restrição hídrica promove a embebição lenta e controlada, e pode também ser usada visando o aumento de germinação e vigor de sementes, ativando os mecanismos de tolerância. A submissão de sementes à disponibilidade hídrica controlada pode funcionar como uma técnica conhecida como *priming*, em que um estresse moderado prepara a semente para situações de estresse, como indisponibilidade de água, aumento da temperatura ou da salinidade. Além disto, possibilita que a semente se recupere de danos causados pelo metabolismo celular em uma situação de embebição lenta (BRUCE *et al.*, 2007; POWELL *et al.*, 2000; VARRIER & VARI, 2010).

O controle da disponibilidade de água é geralmente realizado com a embebição das sementes em soluções com baixos potenciais osmóticos para que ocorra o *priming*, técnica conhecida como condicionamento osmótico. O polietilenoglicol (PEG) é um dos compostos mais utilizados para simular em laboratório condições de restrição hídrica não causando danos às sementes e podendo ser usado em diferentes potenciais osmóticos (MASETTO *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2008).

Nesse contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar a resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. de duas procedências (Sergipe e Pernambuco) sob restrição hídrica e em condições de condicionamento osmótico em solução de polietilenoglicol 6000 (PEG).

5.2. Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe e no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais.

Foram utilizadas sementes de duas procedências de mulungu armazenadas em câmara fria (6°C e 60% UR). O lote 01 (SE) de sementes de Lagarto, Sergipe (10° 55' 02" S e 37° 39' 00" W), região de Caatinga, coletadas em janeiro de 2012 e o lote 02 (PE) composto de sementes de Afrânio, Pernambuco (08° 30' 54" S e 41° 00' 18" W), região de Caatinga e coletadas em outubro de 2008.

O teste de Raios-X foi realizado para avaliação visual das diferenças entre os lotes de sementes. Após esse teste foi realizada a avaliação da qualidade inicial das sementes observando-se a resposta em germinação e vigor. Em seguida, sementes das duas procedências foram submetidas à restrição hídrica e ao condicionamento osmótico com solução PEG 6000. Os testes e análises foram realizados como descrito a seguir:

5.2.1. Teste de Raios-X

Cem sementes por lote foram colocadas sob filme e submetidas aos Raios-X no aparelho Faxitron HP MX-20 (Faxitron X-ray Corp) a 2kv, com tempo de exposição de 14,8 s. As imagens foram analisadas no programa ImageJ (BRASIL, 2009; ABRAMOFF *et al.*, 2004).

Ainda com o programa ImageJ, as imagens de raios-x das sementes foram avaliadas por densidade de pixels. Foram obtidos os valores de área, moda e o número máximo de pixels no valor modal. Depois da avaliação por imagem, as sementes foram escarificadas mecanicamente (SILVA *et al.*, 2013), desinfetadas superficialmente em hipoclorito de sódio 2% durante 5 minutos e lavadas com água destilada e germinadas em areia inerte e esterilizadas em estufa a 200°C por duas horas de granulometria de média a fina (0,05 a 0,08 mm) e umedecida até 60% da capacidade de retenção do material (BRASIL, 2009).

Para a determinação da qualidade inicial das sementes foram realizados os seguintes testes:

5.2.2. Determinação da morfometria

Mediu-se o comprimento, a largura e a espessura em milímetros (mm) e a área em milímetros quadrados (mm²) com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Os resultados foram agrupados por classe em gráficos de frequência.

5.2.3. Massa de 1.000 sementes

A massa em gramas (g) foi calculada em balança analítica com precisão de 0,001 g com 10 repetições de 100, totalizando 1.000 sementes para cada lote.

5.2.4. Teste de germinação em papel e em areia

Para o teste com papel como substrato, as sementes foram escarificadas mecanicamente (SILVA *et al.*, 2013), desinfetadas superficialmente em hipoclorito de sódio 2% durante 5 minutos e lavadas com água destilada. As sementes foram colocadas para germinar em papel Germitest umedecido com volume de água destilada 2,5 vezes o peso do papel em câmara de germinação do tipo B.O.D à 25 °C ±2 com fotoperíodo de 12 h de luz.

Para o teste com areia como substrato, as sementes foram escarificadas e desinfetadas como descrito para a germinação citada acima e colocadas para germinar em areia inerte e esterilizadas em estufa a 200°C por duas horas de granulometria de média a fina (0,05 a 0,08 mm) e umedecida até 60% da capacidade de retenção do material (BRASIL, 2009). A germinação ocorreu em câmara de germinação do tipo B.O.D à 25°C ±2 com fotoperíodo de 12 h de luz branca.

As avaliações foram realizadas diariamente durante 21 dias para a avaliação em papel e 15 dias para avaliação em areia, e foram estimados:

- Porcentagem de germinação (%G): determinou-se a porcentagem de sementes germinadas que originaram plântulas normais;
- Índice de Velocidade Germinação (IVG): o índice foi calculado utilizando-se a fórmula (MAGUIRE, 1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Onde:

IVG = Índice de Velocidade de Germinação (sementes.dia⁻¹);

G₁, G₂ e G_n = número de plântulas normais verificadas na primeira, na segunda e na última contagem;

N₁, N₂ e N_n = número de dias da semeadura na primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

- Tempo Médio de Germinação (TMG): valor calculado a partir da fórmula (LABOURIAU, 1983):

$$TMG = \frac{\sum ni \cdot ti}{\sum ni}$$

Onde:

TMG = Tempo Médio de Germinação (sementes.dia⁻¹);

ni = número de plântulas normais em um intervalo de tempo;

ti = intervalo de tempo da germinação.

- d) Velocidade Média de Germinação (VMG): valor calculado a partir da fórmula (LABOURIAU, 1983):

$$VMG = \frac{1}{TMG}$$

Onde:

VMG = Velocidade Média de Germinação (sementes.dia⁻¹);

TMG = Tempo Médio de Germinação (sementes.dia⁻¹).

5.2.5. Teste de condutividade elétrica

Foram empregadas quatro repetições de 25 sementes, totalizando 100 sementes por lote, as quais foram pesadas e embebidas em 75 mL de água destilada dentro de Becker por 24 horas sob 25°C. Após esse período de embebição, foram realizadas as leituras em condutímetro, cujos valores foram divididos pelas massas relativas às 25 sementes de cada repetição e expressos em $\mu\text{mhos. cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999).

Após a determinação da qualidade inicial dos lotes, foram realizados os experimentos a seguir.

5.2.6. Restrição hídrica

As sementes foram escarificadas mecanicamente, desinfetadas em hipoclorito de sódio 2% durante 5 minutos e lavadas com água destilada, colocadas em caixas gerbox com papel do tipo mata-borrão embebidos em solução osmótica de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) com potencial -0,8 MPa durante 12, 24, 48 e 72 horas. Em esquema fatorial 2x4 com duas procedências e quatro tempos de restrição, totalizando 8 tratamentos com 100 sementes cada. Determinou-se a quantidade de PEG para o preparo da solução osmótica pela Tabela proposta por Villela *et al.* (1991) com base na equação de Michel e Kaufmann (1973):

$$\Psi_{os} = -(1,18 \times 10^{-2})C - (1,18 \times 10^{-4})C^2 - (2,67 \times 10^{-4})CT + (8,39 \times 10^{-7})C^2T$$

Onde:

Ψ_{os} = potencial osmótico (bar);

C = concentração (g PEG 6000/L)

T = temperatura (°C).

A utilização do potencial de -0,8 MPa foi definida com base no trabalho de Reis *et al.* (2012).

Após o período de restrição, as sementes foram colocadas para germinar em papel Germitest umedecido com volume de água destilada 2,5 vezes o peso do papel em câmara de germinação tipo B.O.D à 25 °C \pm 2 com fotoperíodo de 12 h de luz. Analisou-se diariamente a porcentagem de germinação, sendo considerada germinada a semente que originou plântulas normais (BRASIL, 2009).

5.2.7. Condicionamento osmótico

Utilizou-se 800 sementes de cada lote, sendo metade das sementes escarificadas mecanicamente (SILVA *et al.*, 2013), desinfetadas superficialmente em hipoclorito de sódio 2% durante 5 minutos e lavadas com água destilada e metade das sementes desinfetadas e lavadas sem escarificação.

As sementes das duas procedências foram submetidas aos tratamentos com e sem escarificação e em imersão em água ou em solução PEG (6000) -0,8 MPa para o condicionamento, em esquema fatorial 2x2x2, com duas procedências, com e sem escarificação, e com imersão em água ou PEG, totalizando 8 tratamentos com 100 sementes cada. A determinação da quantidade de PEG para a solução osmótica foi realizada como citado acima.

As sementes permaneceram imersas nessas condições durante 7 dias com aeração constante por meio de bomba de aeração, luz constante, a 25°C \pm 2 em incubadora tipo B.O.D.

Ao final do período de tempo, as sementes foram lavadas com água destilada e colocadas para germinar em areia inerte e autoclavada, umedecida até 60% da capacidade de retenção do material.

Foram estimados a porcentagem de germinação (%G), o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), o Tempo Médio de Germinação (TMG) e a Velocidade Média de Germinação (VMG) para a germinação das sementes sob restrição hídrica e condicionamento osmótico.

5.2.8. Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições de 25 sementes totalizando 100 sementes para cada tratamento, exceto o para a avaliação da massa de 1000 sementes. Os resultados foram submetidos à análise de variância por meio do teste de F. Os valores observados foram testados quanto à distribuição normal de acordo com o teste de Shapiro-Wilk, as variáveis que não apresentaram valores com distribuição normal tiveram seus valores transformados ($x = x^{0,5}$).

As médias dos resultados foram comparadas pelo teste t a 1% de probabilidade para a análise de morfometria e massa de 1.000 sementes, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os testes de germinação e as avaliações sob restrição hídrica e condicionamento osmótico e por análise de regressão para a avaliação dos tempos de restrição hídrica. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR® versão 5.1 (FERREIRA, 2011).

5.3. Resultados e discussão

Teste de Raios X

As sementes de ambos os lotes foram classificadas como cheias pela visualização da imagem de raios-x. Os resultados das análises das imagens de raios-x das sementes no programa ImageJ permitiu caracterizar as sementes pelo conteúdo interno, pela área em pixel, pelo valor de moda de pixels e o valor máximo de pixels no valor modal observados nos histogramas (Figura 5.2).

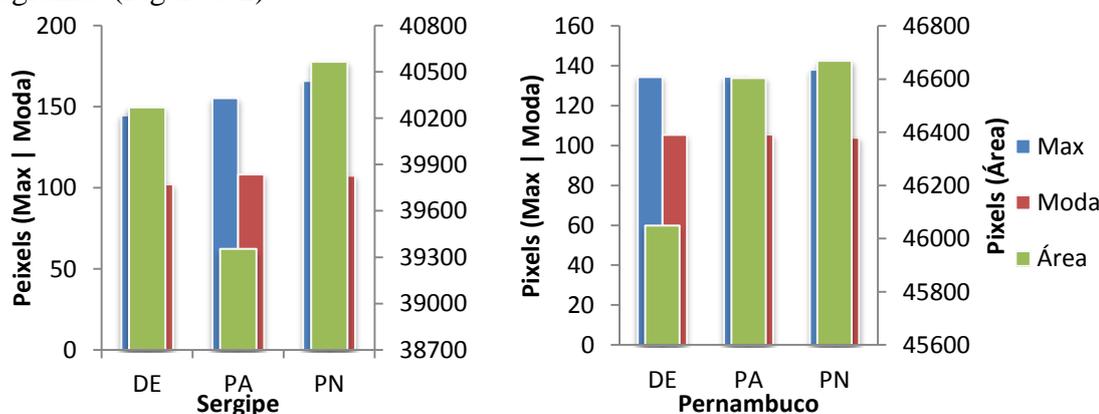


Figura 5.1. Amplitude de pixels para as médias das variáveis área, moda e número máximo de pixels no valor modal (Max) para as sementes deterioradas (DE), as plântulas anormais (PA) e plântulas normais (PN) das sementes de *Erythrina velutina* Willd. de duas procedências (Sergipe e Pernambuco) avaliadas por raios-X. UFS, São Cristóvão, 2016.

As sementes que formaram plântulas normais apresentaram os maiores valores para área para as duas procedências. Nas sementes de Sergipe, os menores valores de área originaram plântulas anormais e para a procedência de Pernambuco, as sementes de menor área deterioraram durante a germinação. Pelas imagens de raios-X, todas as sementes foram classificadas como cheias de acordo com o conteúdo interno (Figura 5.3). Não havendo diferença visual entre as sementes dos dois lotes, prosseguiu-se para a avaliação da qualidade inicial.

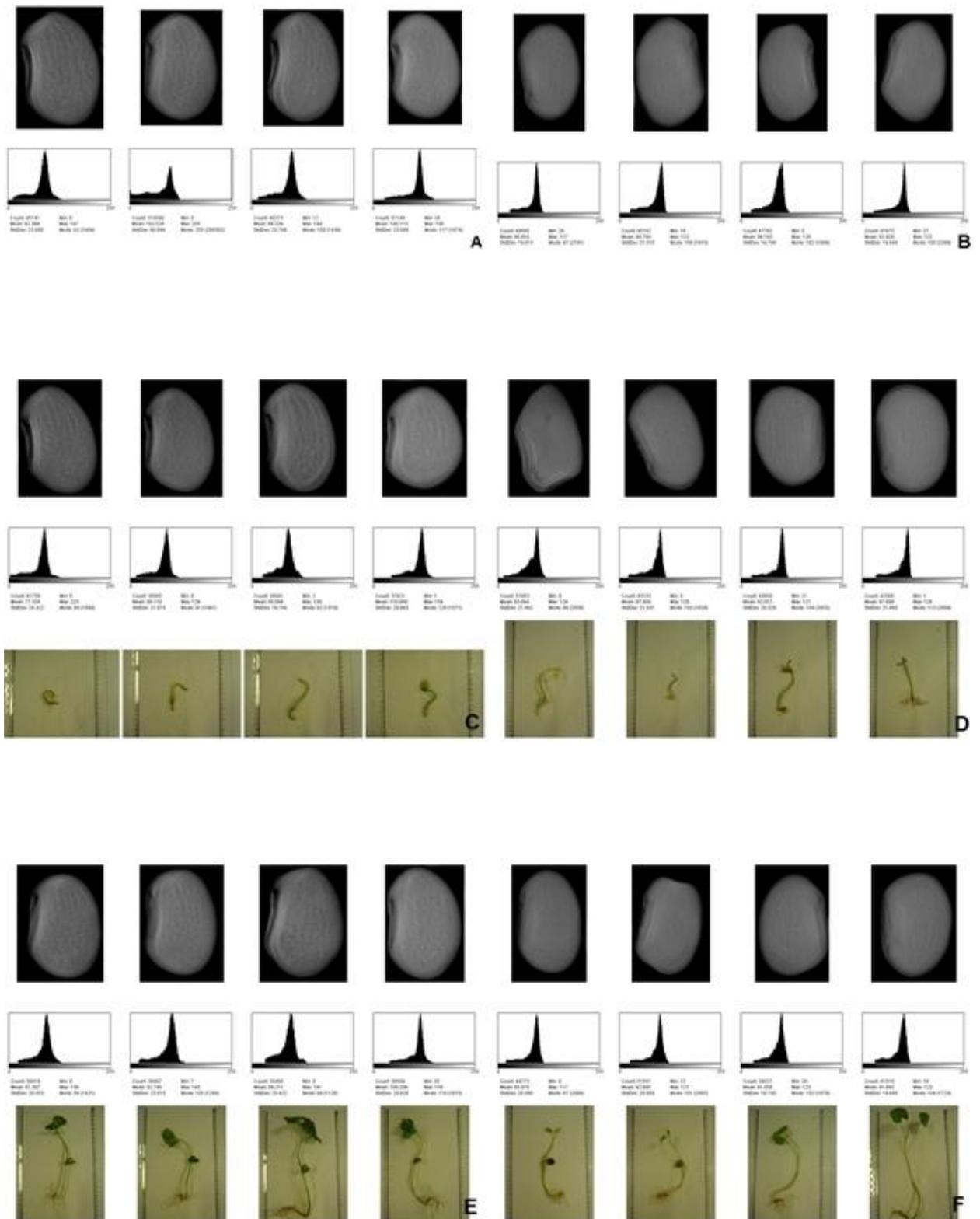


Figura 5.2. (A) Imagens de raios-X das sementes de *Erythrina velutina* Willd., histogramas de pixels e imagens das plântulas germinadas. Imagens de raios-X e histogramas de pixels para Sergipe; (B) imagens de raios-X e histogramas de pixels para Pernambuco; (C) imagens de raios-X, histogramas de pixels e imagens de plântulas anormais de Sergipe; (D) imagens de raios-X, histogramas de pixels e imagens de plântulas anormais Pernambuco; (E) imagens de raios-X, histogramas de pixels e imagens de plântulas normais de Sergipe e (F) imagens de raios-X, histogramas de pixels e imagens de plântulas normais de Pernambuco. UFS, São Cristóvão, 2016.

Morfometria

Por meio da análise de morfometria, observou-se que as sementes do lote de Pernambuco são maiores e possuem maior massa (Tabela 5.1).

Tabela 5.1. Média do comprimento (mm), da largura (mm), da espessura (mm), e da área (mm²) de 100 sementes e massa de 1000 sementes (g) de cada lote (Sergipe e Pernambuco) avaliadas. UFS, São Cristóvão, 2016.

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Área (mm ²)	Massa de 1000 sementes (g)
SE	13.77 b	9.46 a	8.46 b	130.53 b	42.25 b
PE	14.89 a	9.48 a	9.38 a	141.50 a	53.92 a

¹ Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste T ($p < 0,01$).

A maior parte das sementes de Sergipe possuía comprimento entre 13,34 e 14,03 mm, largura entre 9,38 e 9,80 mm e espessura entre 8,33 e 8,81mm. Para as sementes de Pernambuco, o comprimento da maioria das sementes esteve entre 14,72 e 15,41 mm, a largura entre 8,95 e 9,38 mm e a espessura entre 8,81 e 9,28 mm (Figura 5.1).

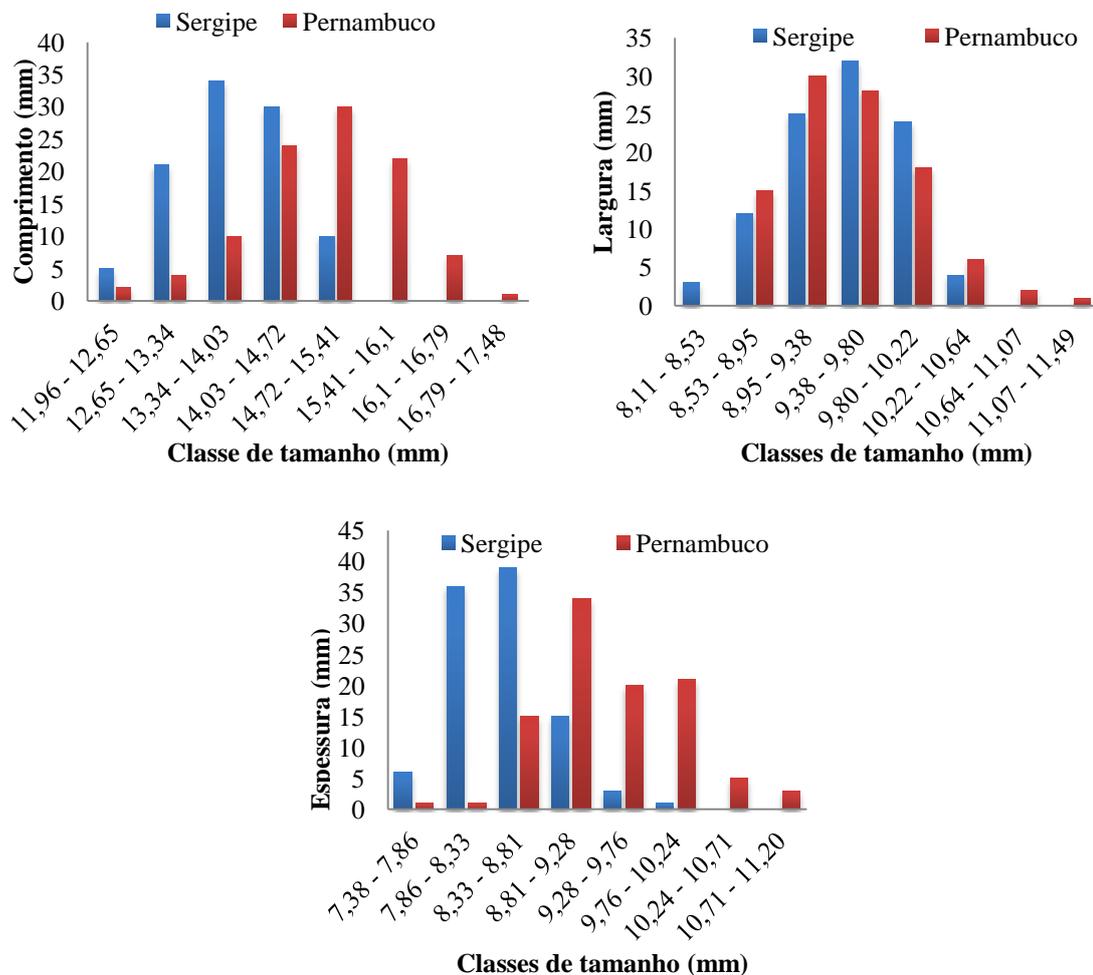


Figura 5.3. Distribuição de comprimento, largura e espessura em milímetros das sementes de *Erythrina velutina* Willd. para dois lotes (Sergipe e Pernambuco). UFS, São Cristóvão, 2016.

Em estudo com mulungu, ao se avaliar a morfometria de sementes de região de Caatinga e Brejo de Altitude em Pernambuco foram observadas diferenças significativas ($p <$

0,05) entre os lotes apresentando valores médios de 10,6 e 13,4 mm para comprimento, 6,3 e 9,2 mm para largura e 6,3 e 7,8 mm para espessura, respectivamente (SILVA JR. *et al.*, 2012). Nos resultados observados por Silva Jr. *et al.* (2012), as sementes de região da Caatinga são menores que as sementes de ambas as procedências deste estudo.

Valores similares de comprimento, largura e espessura foram observados em estudos que avaliaram dois lotes de sementes de regiões semiáridas do Rio Grande do Norte, com 13,0 e 13,4 para comprimento, 8,0 e 8,6 para largura, e 7,8 e 8,1 mm para espessura, e em um lote na Paraíba, com média de 12,54 para comprimento, 8,15 para largura, e 7,66 mm para espessura (BENTO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2008).

Germinação

Os valores das médias das variáveis estimadas para a germinação das sementes nos diferentes substratos, papel e areia, estão na Tabela a seguir (Tabela 5.2):

Tabela 5.2. Porcentagem de germinação (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) para germinação em papel e areia de sementes *Erythrina velutina* Willd. Procedentes de Sergipe (SE) e Pernambuco (PE). UFS, São Cristóvão, 2016.

	Germinação (%)		IVG		TMG		VMG	
	Papel	Areia	Papel	Areia	Papel	Areia	Papel	Areia
SE	72 bA	95 aA	1,000 bA	4,125 aA	13 bB	6 aA	0,078 bB	0,171 aA
PE	40 bB	73 aB	0,825 bA	2,900 aB	6 aA	6 aA	0,174 aA	0,157 aA

¹ Letras minúsculas diferentes na mesma linha; e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

No substrato papel, as sementes de Sergipe apresentaram maiores valores para a porcentagem de germinação (72%) e valores estatisticamente iguais as de Pernambuco para o IVG. As sementes de Pernambuco obtiveram melhor desempenho para o TMG e o VMG em papel. Para o substrato areia, o desempenho do lote de Sergipe foi superior para a porcentagem de germinação (95%) e o IVG, e estatisticamente iguais para o TMG e VMG em comparação com as sementes de Pernambuco. A germinação em areia foi superior ou igual à germinação em papel para todos os valores estimados, tanto para Sergipe quanto para Pernambuco.

Ao se avaliar germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea*, espécie leguminosa com dormência tegumentar, constatou-se que apesar de não haver diferença significativa entre os substratos areia, papel, vermiculita e Plantmax® para a germinação de sementes escarificadas, o melhor valor de TMG foi obtido com o substrato areia (LIMA *et al.*, 2006), assim como observado com as sementes dos lotes de Sergipe e Pernambuco deste estudo.

Não foram observadas sementes duras em ambas as procedências. As sementes que não originaram plântulas normais apenas emitiram raízes ou foram deterioradas pelos fungos presentes no tegumento. Os fungos identificados foram *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp., ambos os fungos de armazenamento.

Condutividade elétrica

Em relação à condutividade elétrica, as sementes de mulungu do lote Sergipe tiveram um aumento de condutividade de 45% em 24 h e as sementes de Pernambuco aumento de 68%, demonstrando maior quantidade de exsudação de lixiviados pelo lote de Pernambuco, provavelmente devido ao maior tempo de armazenamento, que deve ter contribuído para comprometimento da integridade das membranas celulares, o que pode ter levado a aumento em lixiviados. Em estudos com *E. velutina* observou-se a relação direta entre a condutividade

elétrica e a perda de vigor com o envelhecimento das sementes em testes de envelhecimento acelerado (GUEDES *et al.*, 2009).

Restrição hídrica

A restrição hídrica realizada em laboratório visa simular condições de déficit hídrico encontradas no ambiente natural comumente em regiões semiáridas, para observar a resposta fisiológica das sementes nessa situação.

Para o lote Sergipe, o aumento no tempo em embebição controlada favoreceu a germinação, o maior valor foi resultado do tratamento com 72 horas. Para as variáveis IVG, TMG e VMG não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Porcentagem de germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Sergipe - SE e Pernambuco - PE) sob diferentes tempos de restrição hídrica em solução de polietilenoglicol (PEG 6000) a -0,8 MPa. UFS, São Cristóvão-SE, 2016.

T	Germinação (%)		IVG		TMG		VMG	
	SE	PE	SE	PE	SE	PE	SE	PE
12	55 aB	37 bAB	1,048 aA	0,734 bAB	12 aA	13 aB	0,083 aA	0,077 aA
24	55 aB	55 aA	0,781 aA	0,973 aA	18 aA	14 aB	0,055 aA	0,068 aA
48	63 aAB	31 bB	0,861 aA	0,567 bBC	17 aA	13 aB	0,059 aA	0,075 aA
72	75 aA	11 bC	1,065 aA	0,304 bC	17 bA	07 aA	0,058 bA	0,095 aA

¹ Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o lote Pernambuco, os melhores valores de germinação e IVG foram observados para o tratamento de 24 h e para o TMG o tempo 72 h apresentou o menor valor. Os valores de VMG também não apresentaram diferenças significativas para esse lote. O tempo de 24 h favoreceu a germinação e o IVG sob restrição hídrica em estudo com sementes de *Sesbania virgata* (CAV.) PERS quando embebidas em solução PEG (8000) (MASETTO *et al.*, 2013).

Os valores de %G e IVG apontam também que o lote Sergipe apresentou melhor desenvolvimento nas condições de embebição controlada quando comparado ao lote de Pernambuco.

Para o tempo de 72 h houve diferença significativa entre as procedências para todas as variáveis apresentadas, com as sementes de Sergipe com os maiores valores de germinação e IVG e as sementes de Pernambuco com o menor valor de TMG e maior VMG.

Por meio da análise regressão para a restrição hídrica, observa-se que a germinação do lote Sergipe aumentou de forma progressiva com o aumento do tempo de embebição em PEG, e o IVG apresentou curva ascendente, Enquanto o lote Pernambuco teve o pico de germinação e IVG com o tratamento de 24 h e declínio com o aumento do tempo (Figura 5.4).

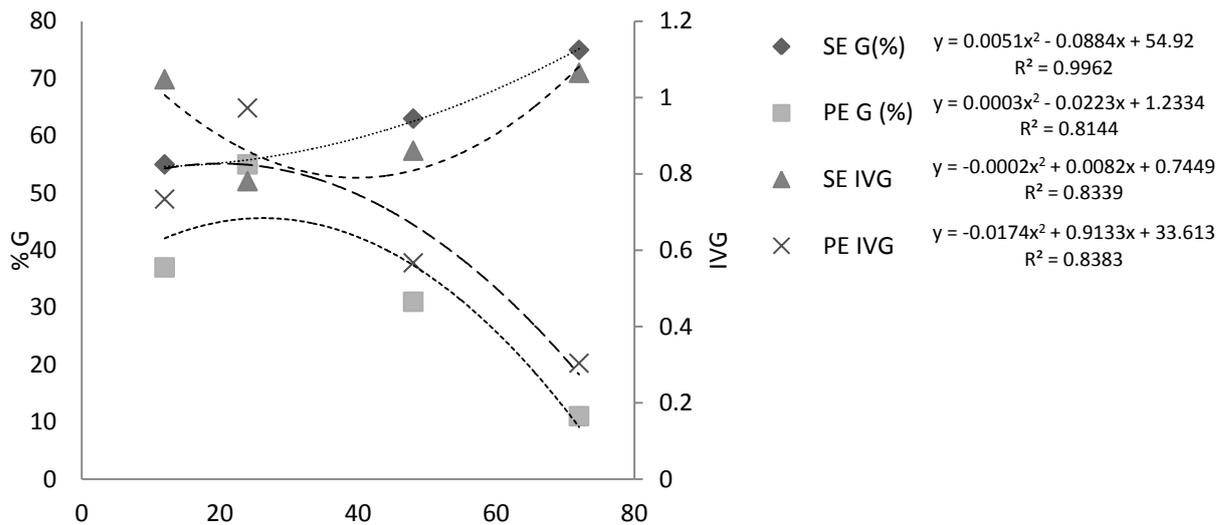


Figura 5.4. Germinação (%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (sementes.dia⁻¹) das sementes de *Erythrina velutina* Willd. de cada lote (Sergipe e Pernambuco) submetidas à restrição hídrica em polietilenoglicol (PEG 6000) a -0,8 MPa nos tempo de 12, 24, 48 e 72 horas. UFS, São Cristóvão, 2016.

A curva de regressão das variáveis TMG e VMG ressalta o aumento na diferença na resposta entre as procedências com o aumento do tempo de restrição em solução PEG, com a maior distância entre os valores no tempo 72 h (Figura 5.5).

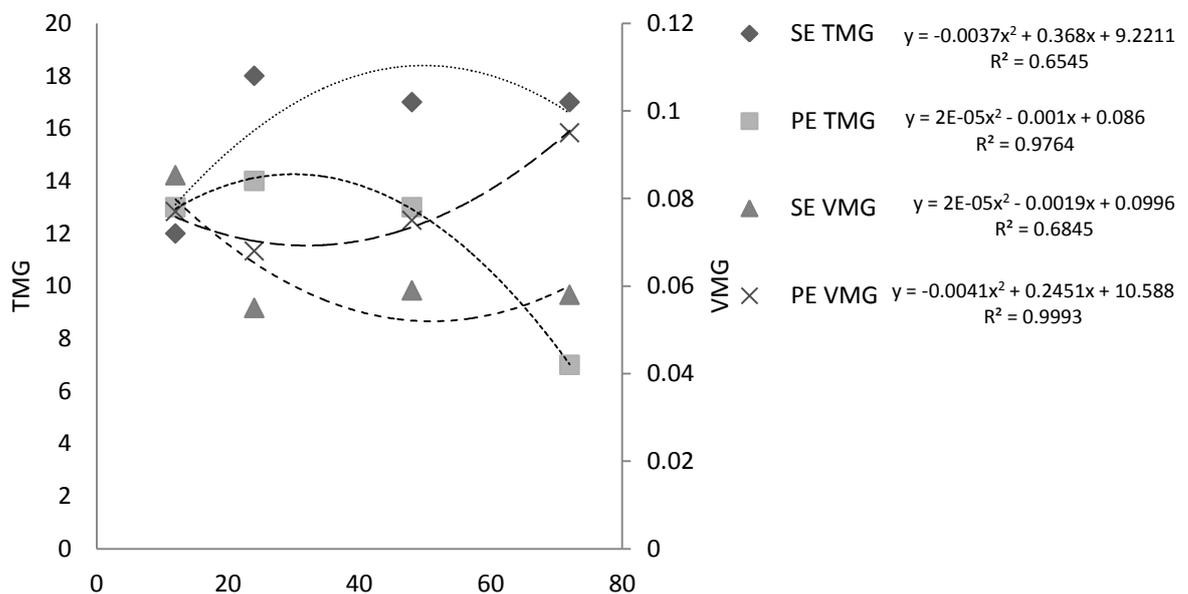


Figura 5.5. Tempo Médio de Germinação (TMG) (sementes.dia⁻¹) e Velocidade Média de Germinação (VMG) (sementes.dia⁻¹) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. cada lote (Sergipe e Pernambuco) submetidas à restrição hídrica em solução de polietilenoglicol -0,8 MPa nos tempo de 12, 24, 48 e 72 horas. UFS, São Cristóvão, 2016.

As sementes em condições de estresse abiótico ocasionado por déficit de água, para manter a qualidade fisiológica, ativam a produção de proteínas como mecanismo de tolerância a indisponibilidade de água. Entretanto, esse mecanismo pode não ser capaz de manter plenamente a viabilidade e o vigor das sementes. Em estudos com *Moringa oleifera* e *Erythrina falcata*, observou-se a redução significativa da porcentagem de germinação e do

IVG com aumento da limitação da disponibilidade de água às sementes sob restrição com solução de PEG (6000), sendo o potencial osmótico de -0,3MPa o limite máximo para germinação de ambas as espécies (RABBANI *et al.*, 2012; PELEGRINI *et al.*, 2013). Para *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, constatou-se diferença no comportamento de sementes leves, médias e pesadas a restrição hídrica, sendo as pesadas mais suscetíveis à restrição. Para estas sementes foram usadas soluções osmóticas de PEG (600) com os potenciais de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0, e foi observado redução na germinação de 293% para as sementes leves, 331% para as médias e 186% para as pesadas (ALMEIDA *et al.*, 2014).

Condicionamento osmótico

O condicionamento osmótico é uma técnica que faz uso da embebição lenta para propiciar às sementes tempo para a recuperação dos danos causados pelo metabolismo e ativar a produção das proteínas, parte do mecanismo de tolerância a estresses.

No condicionamento osmótico, as sementes embebidas em água apresentaram apenas 2% de plântulas normais para a procedência Sergipe no tratamento sem escarificação. Os demais tratamentos de condicionamento em água não apresentaram nenhuma plântula normal (Tabela 5.4)

TABELA 5.4. Porcentagem de germinação (%G), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) de sementes de *Erythrina velutina* Willd. para dois lotes (Sergipe e Pernambuco) sob condicionamento osmótico em água e solução de polietilenoglicol (PEG 6000) a -0,8 MPa, sem (Sem) e com escarificação (Com). UFS, São Cristóvão-SE, 2016.

	Germinação (%)				IVG				TMG				VMG			
	Água		PEG		Água		PEG		Água		PEG		Água		PEG	
	SE	PE	SE	PE	SE	PE	SE	PE	SE	PE	SE	PE	SE	PE	SE	PE
Sem	0,5aA	0,0aA	13 bB	46 aB	0,10aA	0,00aA	0,30 aA	1,20 aB	1aA	0aA	5 bB	10 aA	0,05aA	0,00aA	0,25aA	0,10 aA
Com	0,0aA	0,0aA	40 bA	84 aA	0,00aA	0,00aA	1,05 bA	3,25 aA	0aA	0aA	10 aA	7 aA	0,00aA	0,00aA	0,10aA	0,14aA

¹ Letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para as sementes de Sergipe embebidas em solução PEG e sem escarificação, 13% formaram plântulas normais, 70% duras. Para as sementes com escarificação, 40% de plântulas normais, 26% com emissão de radícula e 18% de sementes duras, sendo as demais deterioradas. Não houve diferença significativa para %G, IVG e VMG entre os tratamentos com esse lote. Esses resultados foram inferiores à germinação em areia sem tratamento prévio e com escarificação (95% de plântulas normais), indicando que as sementes escarificadas deste lote não se beneficiaram pelo condicionamento osmótico. Ressalta-se, no entanto, o incremento de 11% na germinação entre as sementes sem escarificação embebidas em PEG em comparação com aquelas em água.

Para as sementes de Pernambuco embebidas em solução de PEG, aquelas sem escarificação apresentaram 46% de germinação e 22% de emissão de radículas; e aquelas com escarificação apresentaram 84% de germinação e 12% de emissão de radículas. A germinação e o IVG foram significativamente superiores para as sementes escarificadas. O valor de germinação para as sementes escarificadas foi maior do que o resultado da germinação de sementes escarificadas e sem tratamento, mostrando que as sementes de Pernambuco se beneficiaram com o condicionamento osmótico.

Ao se considerar os valores de germinação e IVG observou-se que as sementes do lote Pernambuco obtiveram melhor desempenho com o condicionamento osmótico. Por estarem a mais tempo armazenadas, as sementes deste lote podem precisar de mais tempo durante a embebição para reparar os danos causados pelo metabolismo celular durante o armazenamento e se beneficiaram das condições de disponibilidade de água controlada.

Em estudo com *Digitalis purpurea* L., constatou-se que o osmocondicionamento foi favorável para sementes armazenadas por 8 semanas, mas apresentou efeitos negativos para sementes recém coletadas, mostrando a relação entre o nível de deterioração das sementes e os benefícios do condicionamento (BUTLER *et al.*, 2009).

Ao observar os resultados da restrição hídrica e do condicionamento osmótico, considerando-se que as sementes do lote Sergipe apresentaram desempenho contínuo com o aumento do tempo em contato com a solução de PEG, mas apresentaram desempenho inferior ao serem embebidas em solução PEG por sete dias no condicionamento osmótico, faz-se necessário experimento com mais intervalos de tempo para avaliar o desempenho máximo das sementes dessa espécie em solução osmótica.

A ocorrência de sementes em plantas de *Erythrina velutina* no estado de Sergipe tem sido cada vez mais escassa, e o armazenamento é imprescindível para que se tenha disponibilidade de propágulos para a obtenção de mudas em épocas com regime pluviométrico adequado ao desenvolvimento de plântulas para fins de obtenção de mudas. Assim, com os resultados aqui obtidos é possível sugerir que lotes que apresentem baixa germinação devido ao tempo de armazenamento, possam ser submetidos ao osmocondicionamento visando a obtenção de mudas, mesmo que as sementes apresentem baixo vigor.

5.4. Conclusões

Não existe relação direta entre as imagens de raios X para sementes cheias e o potencial de germinação.

A restrição hídrica auxilia na diferenciação entre lotes de sementes que não apresentam distinção pelo teste de raios X.

O condicionamento osmótico com solução de PEG (6000) favorece a germinação de sementes de *Erythrina velutina* com baixo vigor.

5.5. Referencias bibliográficas

ABRÀMOFF, M. D.; MAGALHÃES, P. J.; RAM, S. J. Image processing with ImageJ. **Biophotonics international**, v. 11, n. 7, p. 36-42, 2004.

ALMEIDA, J. P. N.; PINHEIRO, C. L.; TRINDADE, B. F. L. da; GOMES, F. M.; MEDEIROS FILHO, S.. Estresse hídrico e massa de sementes na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 777-787, 2014.

BENTO, S. R. S. de O.; SANTOS, A. E. O. dos; MELO, D. R. M. de; TORRES, D. B.. Eficiência dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mulungu (*Erythrina velutina* WILLD.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 111-117, 2010.

BRASIL. RAS - **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.

BRUCE, T. J.; MATTHES, M. C.; NAPIER, J. A.; PICKETT, J. A.. Stressful “memories” of plants: evidence and possible mechanisms. **Plant Science**, v. 173, n. 6, p. 603-608, 2007.

BUTLER, L. H.; HAY, F. R.; ELLIS, R. H.; SMITH, R. D.; MURRAY, T. B. Priming and re-drying improve the survival of mature seeds of *Digitalis purpurea* during storage. **Annals of Botany**, v. 103, n. 8, p. 1261-1270, 2009.

COELHO, D. L. M., AGOSTINI, E. A. T. D.; GUABERTO, L. M. MACHADO NETO, N. B. ; CUSTÓDIO, C. C. Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e

expressão diferencial de proteínas durante a germinação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 491-499, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S; BRUNO, R. D. L. A.; COLARES, P. N. Q. Resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. ao envelhecimento acelerado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 323-330, 2009.

KIRSCHBAUM, M. U. F. Forest growth and species distribution in a changing climate. **Tree physiology**, v. 20, n. 5-6, p. 309-322, 2000.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983.

LIMA, J. D. L.; ALMEIDA, C. C.; DANTAS, V. A. V.; SILVA, B. M. da S. e; MORAES, W. da S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 513-518, 2006.

MAGUIRE, J. A. Speed of germination: aid in selection and evolution for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.

MASETTO, T. E.; FARIA, J. M. R.; FRAIZ, A. C. R.; REZENDE, R. K. S. Condicionamento osmótico de sementes de *Sesbania virgata* (CAV.) PERS (FABACEAE). **Cerne, Lavras**, v. 19, n. 4, p. 629-636, 2013.

MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potencial of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v. 51, p. 914-916, 1973.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 511-519, 2013.

POWELL, A. A.; YULE, L. J.; JING, H. C. GROOT, S. P.; BINO, R. J.; PRITCHARD, H. W. The influence of aerated hydration seed treatment on seed longevity as assessed by the viability equations. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 353, p. 2031-2043, 2000.

RABBANI, A. R. C.; MANN, R. S.; FERREIRA, R. A.; SANTOS, A. M. P. dos; BARROS, E. S.; MESQUITA, J. B. Restrição hídrica em sementes de moringa (*Moringa oleifera* L.). **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 12, n. 3, p. 563-569, 2012.

RAHMAN, I. M. M.; HASEGAWA, H. **Water Stress**. Croacia: Editora InTech, 2012. 300p.

REIS, R. C. R.; DANTAS, B. F.; PELACANI, C. R. Mobilization of reserves and germination of seeds of *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae-Papilionoideae) under different osmotic potentials. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 580-588, 2012.

- SANTOS, M. C. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, M. S.de; SILVA, R. F.da; SOUSA, P. A.de. Condicionamento osmótico de sementes. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 1-6, 2008.
- SILVA JUNIOR, V. T. D.; LIMA, J. M. G. M. D.; RODRIGUES, C. W. D. M. S.; BARBOSA, D. C. D. A. *Erythrina velutina* willd. (leguminosae-papilionoideae) ocorrente em Caatinga e Brejo de Altitude de Pernambuco: biometria, embebição e germinação. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 247-257, 2012.
- SILVA, K. B.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. D. L. A.; MATOS, V. P.; GONÇALVES, E. P. Morphology of fruits, seeds and seedlings of *Erythrina velutina* willd., leguminosaeae-Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n. 3, p. 104-114, 2008.
- SILVA, L. W. da; COELHO, M. D. F.B.; MAIA, S. S. S.; SILVA, R. C. P. da; CÂNDIDO, W. dos S.; SILVA, A. C. da. Armazenamento e métodos para superação da dormência de sementes de mulungu. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 171-178, 2013.
- VARIER, A.; VARI, A. K. Seed enhancement technology. **Seed Science and Technology**, Kalyani Publishers, New Delhi, 2010, p. 182 -198.
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 1-26
- VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Pela modelagem de distribuição geográfica potencial criada a partir de dados de ocorrência de *Erythrina velutina* Willd., associada a ferramentas SIG identifica-se fragmentos florestais com alta probabilidade de ocorrência da espécie em região de agreste no estado de Sergipe. As informações geradas a partir da modelagem indicam locais de coleta para amostragem da espécie e coleta de material vegetal, como folhas para análises genéticas ou sementes para composição de bancos para conservação *ex situ*.

Com os novos registros de ocorrência obtidos a partir de amostragens adicionais direcionadas pela modelagem de distribuição potencial é possível incrementar o modelo e obter uma distribuição com ajuste mais preciso, indicando ainda melhor ocorrência da espécie no estado. A maior probabilidade de ocorrência da espécie é em áreas do semiárido no estado, região com altas temperaturas anuais e baixa pluviosidade. Desta forma, é importante o conhecimento sobre o desempenho das sementes sob efeito da restrição hídrica nas sementes de *E. velutina*.

O condicionamento osmótico ao fazer uso do efeito disponibilidade de água controlada é favorável à germinação e vigor de sementes com baixa qualidade fisiológica promovida por longos períodos de armazenamento em conservação *ex situ*.

ANEXOS

TABELA 1A - VARIÁVEIS AMBIENTAIS USADAS PARA O MODELO DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE *Erythrina velutina*.

Variável	
01	BIO1 - Temperatura média anual
02	BIO2 - Amplitude diurna média
03	BIO3 - Isotermalidade
04	BIO4 - Sazonalidade de temperatura
05	BIO5 - Temperatura máxima do mês mais quente
06	BIO6 - Temperatura mínima do mês mais frio
07	BIO7 - Amplitude anual de temperatura
08	BIO8 - Temperatura média do trimestre mais chuvoso
09	BIO9 - Temperatura média do trimestre mais seco
10	BIO10 - Temperatura média do trimestre mais quente
11	BIO11 - Temperatura média do trimestre mais frio
12	BIO12 - Precipitação anual
13	BIO13 - Precipitação do mês mais chuvoso
14	BIO14 - Precipitação do mês mais seco
15	BIO15 - Sazonalidade de precipitação
16	BIO16 - Precipitação do trimestre mais chuvoso
17	BIO17 - Precipitação do trimestre mais seco
18	BIO18 - Precipitação do trimestre mais quente
19	BIO19 - Precipitação do trimestre mais frio
20	Precipitação 1 - Janeiro
21	Precipitação 2 - Fevereiro
22	Precipitação 3 - Março
23	Precipitação 4 - Abril
24	Precipitação 5 - Maio
25	Precipitação 6 - Junho
26	Precipitação 7 - Julho
27	Precipitação 8 - Agosto
28	Precipitação 9 - Setembro
29	Precipitação 10 - Outubro
30	Precipitação 11 - Novembro
31	Precipitação 12 - Dezembro
32	Solos
33	Cobertura verde
34	Vegetação
35	HAND100 (distância da drenagem vertical)
36	Declividade
37	Densidade populacional
38	Altitude

TABELA 2A - PORCENTAGEM DE CONTRIBUIÇÃO E IMPORTÂNCIA PARA PERMUTA DE CADA VARIÁVEL AMBIENTAL PARA O MODELO DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE *Erythrina velutina* NO BRASIL.

	Variável	Porcentagem de contribuição	Importância para permuta
1	Precipitação 1	21,5	0,8
2	Precipitação 2	15,4	5,2
3	Solos	13,3	24,5
4	BIO12	12,2	0,2
5	Precipitação 10	9,8	13,3
6	Precipitação 12	4,8	7,1
7	BIO02	4,1	4,9
8	Cobertura verde	3,1	9,5
9	BIO11	2,7	1,1
10	Vegetação	2,1	5
11	BIO05	1,9	0,4
12	Precipitação 9	1,7	4,7
13	HAND100	1,5	3,3
14	BIO10	0,9	0,2
15	BIO03	0,9	0,2
16	BIO16	0,7	0,1
17	BIO07	0,7	4,5
18	BIO15	0,6	1,1
19	BIO01	0,4	0,5
20	Precipitação 8	0,3	0
21	Precipitação 5	0,3	0,7
22	Precipitação 11	0,2	4,5
23	BIO13	0,2	0,4
24	Declividade	0,2	1,1
25	BIO19	0,1	0,4
26	BIO08	0,1	0
27	Precipitação 4	0,1	0,5

TABELA 2A (CONT.) - PORCENTAGEM DE CONTRIBUIÇÃO E IMPORTÂNCIA PARA PERMUTA DE CADA VARIÁVEL AMBIENTAL PARA O MODELO DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE *Erythrina velutina* NO BRASIL.

28	BIO04	0,1	2,3
29	BIO09	0,1	0
30	Precipitação 7	0,1	0,6
31	Densidade populacional	0,1	0,3
32	Precipitação 3	0,1	0,2
33	Altitude	0,1	1,7
34	BIO06	0	0,5
35	BIO17	0	0,1
36	Precipitação 6	0	0
37	BIO18	0	0
38	BIO14	0	0

TABELA 3A - PORCENTAGEM DE CONTRIBUIÇÃO E IMPORTÂNCIA PARA PERMUTA DE CADA VARIÁVEL AMBIENTAL PARA O MODELO DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE *Erythrina velutina* EM SERGIPE.

	Variável	Porcentagem de contribuição	Importância para permuta
1	Precipitação 1	45,9	25,9
2	Solos	17,3	1,7
3	Precipitação 7	12,9	0
4	BIO04	10,8	0,2
5	Altitude	3	0,3
6	BIO03	2,4	33,8
7	Precipitação 12	2,3	5,1
8	Vegetação	1,7	0
9	BIO15	1,5	0
10	Precipitação 11	0,6	1,1
11	Declividade	0,4	0,5
12	BIO14	0,3	2,2
13	Precipitação 10	0,3	13,4
14	Cobertura verde	0,2	0
15	BIO09	0,1	7,4
16	Precipitação 8	0,1	0,7
17	Precipitação 2	0,1	7,5
18	BIO02	0	0

TABELA 3A (CONT.) - PORCENTAGEM DE CONTRIBUIÇÃO E IMPORTÂNCIA PARA PERMUTA DE CADA VARIÁVEL AMBIENCIAL PARA O MODELO DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE *Erythrina velutina* EM SERGIPE.

19	HAND100	0	0,1
20	Densidade populacional	0	0
21	BIO17	0	0
22	BIO16	0	0
23	BIO13	0	0
24	BIO12	0	0
25	BIO11	0	0
26	BIO10	0	0
27	Precipitação 4	0	0
28	Precipitação 3	0	0
29	Precipitação 5	0	0
30	Precipitação 6	0	0
31	BIO08	0	0
32	BIO07	0	0
33	BIO06	0	0
34	BIO05	0	0
35	Precipitação 9	0	0
36	BIO01	0	0
37	BIO19	0	0
38	BIO18	0	0

TABELA 4A -CODIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS NOS MAPAS DE MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE *Erythrina velutina*.

0	Amparo de São Francisco	14	Cedro de São João
1	Aquidabã	15	Cristinápolis
2	Aracaju	16	Cumbe
3	Araúá	17	Divina Pastora
4	Areia Branca	18	Estância
5	Barra dos Coqueiros	19	Feira Nova
6	Boquim	20	Frei Paulo
7	Brejo Grande	21	Gararu
8	Campo do Brito	22	General Maynard
9	Canhoba	23	Gracho Cardoso
10	Canindé de São Francisco	24	Ilha das Flores
11	Capela	25	Indiaroba
12	Carira	26	Itabaiana
13	Carmópolis	27	Itabaianinha
		28	Itabi

**TABELA 4A (CONT.) -CODIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS NOS MAPAS DE
 MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE *Erythrina*
velutina.**

29	Itaporanga d'Ajuda	52	Poço Redondo
30	Japaratinga	53	Poço Verde
31	Japoatã	54	Porto da Folha
32	Lagarto	55	Propriá
33	Laranjeiras	56	Riachão do Dantas
34	Macambira	57	Riachuelo
35	Malhada dos Bois	58	Ribeirópolis
36	Malhador	59	Rosário do Catete
37	Maruim	60	Salgado
38	Moita Bonita	61	Santa Luzia do Itanhy
39	Monte Alegre de Sergipe	62	Santa Rosa de Lima
40	Muribeca	63	Santana do São Francisco
41	Neópolis	64	Santo Amaro das Brotas
42	Nossa Senhora Aparecida	65	São Cristóvão
43	Nossa Senhora da Glória	66	São Domingos
44	Nossa Senhora das Dores	67	São Francisco
45	Nossa Senhora de Lourdes	68	São Miguel do Aleixo
46	Nossa Senhora do Socorro	69	Simão Dias
47	Pacatuba	70	Siriri
48	Pedra Mole	71	Telha
49	Pedrinhas	72	Tobias Barreto
50	Pinhão	73	Tomar do Geru
51	Pirambu	74	Umbaúba

FIGURA 1A - MÉDIA DE PRECIPITAÇÃO EM mm PARA O MÊS DE JANEIRO DE 1961 - 1990 NO ESTADO DE SERGIPE (FONTE: SEMARH, 2016).

**CENTRO DE METEOROLOGIA DE
SERGIPE**

