

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO  
(PPGBIO) - Nível Mestrado.

**Ultrassecagem e armazenamento de sementes de Baru (*Dipteryx alata* Vog.):  
Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos.**

Autora: Gabrielle Muller Vitorino  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales

Rio Verde  
Maio - 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO  
(PPGBIO) - Nível Mestrado.

**Ultrassecagem e armazenamento de sementes de Baru (*Dipteryx alata* Vog.):  
Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos.**

Autora: Gabrielle Muller Vitorino  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Juliana de Fátima Sales

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em Biodiversidade e Conservação, no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de concentração: Conservação dos Recursos Naturais

Rio Verde  
Maio – 2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

VV845u Vitorino, Gabrielle Muller  
Ultrassecagem e armazenamento de sementes de Baru  
(Dipteryx alata Vog.): Aspectos Fisiológicos e  
Bioquímicos. / Gabrielle Muller Vitorino; orientadora  
Juliana de Fatima Sales; co-orientador Jacson Zuchi.  
-- Rio Verde, 2018.  
69 p.

Dissertação (Graduação em PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO (PPGBIO) - Nível  
Mestrado) -- Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio  
Verde, 2018.

1. Secagem. 2. Armazenamento. 3. Estresse  
Oxidativo. I. Sales, Juliana de Fatima, orient. II.  
Zuchi, Jacson, co-orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E  
CONSERVAÇÃO

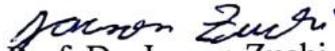
**ULTRASSECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES  
DE BARU (*Dipteryx alata* VOG.): ASPECTOS  
FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS**

Autora: Gabrielle Muller Vitorino  
Orientadora: Juliana de Fatima Sales

*TITULAÇÃO:* Mestre em Biodiversidade e Conservação – Área de  
concentração Conservação dos Recursos Naturais.

APROVADA em 26 de março de 2018.

  
Dr<sup>a</sup>. Kelly Juliane Telles Nascimento  
*Avaliadora externa*  
IF Goiano / Rio Verde

  
Prof. Dr. Jacson Zuchi  
*Avaliador interno*  
IF Goiano / Rio Verde

  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana de Fatima Sales  
*Presidente da banca*  
IF Goiano / Rio Verde

*Aprendi através da experiência amarga... Aprendi através da experiência amarga a suprema lição: controlar minha ira e torná-la como o calor que é convertido em energia. Nossa ira controlada pode ser convertida numa força capaz de mover o mundo.*

*Mahatma Gandhi*

## DEDICATÓRIA

*A Deus, a minha família  
principalmente aos meus pais,  
irmãos e minhas queridas avós  
Margarida e Francisca  
Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar saúde e força para conseguir chegar até este momento. Aos meus pais, Beatriz Fátima de Souza Vitorino e José de Arimatéia Vitorino, por estarem ao meu lado durante toda minha trajetória, compartilhando de amor e compaixão, incentivando em todos os momentos da minha vida, por dar oportunidades que nunca tiveram, também aos meus irmãos Brenno e Alexandre, que me completam de inúmeras formas. E as minhas avós Margarida e Francisca que sempre me apoiaram e cuidaram de mim.

Ao pesquisador e meu coorientador Jacson, que colaborou em todos os meus trabalhos e me ensinou muito, tendo muita paciência com os meus erros, sempre prestativo e acrescentou e contribuiu para o meu crescimento acadêmico.

À pesquisadora Kelly, por dar novas ideias e estar sempre pronta para ajudar e dar conselhos se tornando uma grande parceira.

A pesquisadora Melícia, que foi como uma segunda mãe e me ensinou muito, além de sempre estar ao meu lado me apoiando. Ao pessoal dos laboratórios de sementes, principalmente a Perciliana, Moara, Giovane, Stela, Livia, Pablio, Anailda, Glicelia e Lilian. As mestrandas Janniffer, Luiz Cesar e Yasmin que sempre estiveram ao meu lado. Não seria possível citar todos neste momento, mas agradeço a todos que contribuíram para o meu sucesso.

E, por fim, e não menos importante a Professora Juliana, pela aceitação em me orientar, por sempre me apoiar e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, pela oportunidade deste. À CAPES e FAPEG, pelo financiamento a pesquisa.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

GABRIELLE MULLER VITORINO, filha de José de Arimateia Vitorino e Beatriz Fátima de Souza Vitorino e neta de Margarida e Francisca nasceu em Nerópolis, Goiás, aos vinte e seis dias do mês de junho de 1995, tendo como irmão Brenno e Alexandre.

Em 2011, iniciou o curso de Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO, participando do Programa de Iniciação a Docência (PIBID) no período de 2013 a 2014, após este iniciou trabalho voluntario nos laboratórios de Sementes e Anatomia Vegetal, em agosto de 2014 ingressou no Laboratório de Sementes como IC pelo Programa de Iniciação Científica (PIBIC) realizando trabalhos com sementes do cerrado. Concluindo o curso de Ciências Biológicas em fevereiro de 2016. Em janeiro de 2017 iniciou a dedicação ao ensino fundamental e médio no Colégio Estadual Alvino Pereira Rocha, como professora de Biologia.

Em abril de 2016, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, em nível de Mestrado, na área de Tecnologia de sementes nativas do cerrado com a linha de pesquisa em Bioprospecção aplicada à conservação, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação, em 26 de março de 2018.

# ÍNDICE

	Página
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	X
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	XI
<b>RESUMO</b>	XII
<b>ABSTRACT</b>	XIII
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b>	1
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	2
2.1. Baru ( <i>Dipteryx alata</i> Vog.).	2
2.1.2. Utilização	4
2.1.3. Fenologia dispersão	5
2.1.4. Germinação	6
2.2. Importância da conservação da biodiversidade	7
2.3 Secagem de sementes	9
2.3.1 Maturação e secagem de sementes	11
2.3.2. Princípios de secagem	12
2.3.3. Métodos de secagem	13
2.3.4. Danos térmicos	14
2.4. Armazenamento de sementes	14
2.3.3. Tecnologia de ultrassecagem	16
2.4 Análises bioquímicas	19
3. Objetivos	20
3.1. Objetivos Gerais	20
3.2. Objetivos Específicos	20
3. Justificativa	20
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	22
<b>Capítulo 1: Ultrassecagem e armazenamento de sementes de Baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.): Aspectos fisiológicos e bioquímicos.</b>	29
Resumo	29
Abstract	30
1. Introdução	31
2. Material e métodos	32
2.1 Métodos de Secagem	33
2.1.1. Secagem com sílica gel	33
2.1.2. Secagem com grânulos de zeolitos	34
2.2. Ambientes e tempos de armazenamento	35
2.3. Teste de germinação e índice de velocidade de germinação	35
2.4. Teste de emergência e índice de velocidade de emergência	36
2.5. Teste de condutividade elétrica	36
2.6. Análises bioquímicas	37
2.6.1. Determinação da atividade de enzimas do sistema antioxidativo	37
2.6.1.1. Determinação da superóxido dismutase (SOD)	37
2.6.1.2. Determinação da catalase (CAT)	38
2.6.1.3. Determinação da peroxidase inespecífica (POX)	38
2.6.1.4. Determinação da glutatona-s-transferase (GST)	38
2.6.1.5. Determinação do teor de aldeído malônico (MDA)	39
2.7. Análise estatística	40
3. Resultados.	41
3.1 Armazenamento curto	41
3.2 Armazenamento longo	45

---

4. Discussão	50
Conclusões	51
Referências Bibliográficas	51

## ÍNDICE DE TABELA

CAPÍTULO 1. Ultrassecagem e armazenamento de sementes de Baru ( <i>Dipteryx alata</i> Vog.): Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos.	
Gráfico 1. Controle de temperatura e umidade durante a secagem das sementes com Sílica Gel (SL) e Grânulos de zeolitos (GZ)	34
Tabela 1. Análise de Contraste com resultados de análises de viabilidade, Teor de Água (Teor), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Germinação (GERM), Emergência (EMERG), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Condutividade Elétrica (CE), realizadas durante os tempos de armazenamento de 0, 4 e 8 meses em 10 °C e 20 °C, sem secagem e submetidas a secagem em sílica e Grânulos de zeolitos.	40
Tabela 2. Análise de Contraste com resultados de análises bioquímicas de Proteína (PROT.), superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT), Peroxidase não específica (POX), S- transferase de glutathiona (GST), aldeído malônico (MDA), realizadas com os tempos de armazenamento de 0 e 8 meses em 10 °C e 20 °C, sem secagem e submetidas a secagem em sílica e Grânulos de zeolitos.	43
Gráfico 2. Gráficos com análise pelo teste de Tukey nas avaliações bioquímicas realizadas durante o armazenamento curto nos períodos de 0 e 8 meses com temperaturas de 10 e 20 °C, com sementes sem secagem, e secas com sílica e Grânulos de zeolitos. As estatísticas seguidas com letra maiúsculas mostram a relação entre o tempo de armazenamento e o método de secagem, letras minúsculas demonstra a interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento. Estatísticas seguidas pelas mesmas letras não diferenciaram entre si. (no teste de Tukey não se acrescentou o tempo zero) não teve diferença significativa pelo teste de Tukey.	42
Gráfico 3. Gráficos com análise pelo teste de Tukey nas avaliações bioquímicas realizadas durante o armazenamento curto nos períodos de 0 e 8 meses com temperaturas de 10 e 20 °C, com sementes sem secagem, e secas com sílica e Grânulos de zeolitos. As estatísticas seguidas com letra maiúsculas mostram a relação entre o tempo de armazenamento e o método de secagem, letras minúsculas demonstra a interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento. Estatísticas seguidas pelas mesmas letras não diferenciaram entre si. (no teste de Tukey não se acrescentou o tempo zero) não teve diferença significativa pelo teste de Tukey.	44
Tabela 3. Análise de Contraste com resultados de análises de viabilidade, Teor de Água (Teor), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Germinação (GERM.) Emergência (EMERG.), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Condutividade Elétrica (CE), realizadas durante os tempos de armazenamento de 0, 20 e 22 meses em 10 °C e 20 °C, sem secagem e submetidas a secagem em sílica e grânulos de zeolitos	45
Tabela 4. Análise de Contraste com resultados de análises bioquímicas Proteína (PROT.), superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT), Peroxidase não específica (POX), S- transferase de glutathiona (GST), aldeído malônico (MDA), realizadas com os tempos de armazenamento de 0 e 22 meses em 10 °C e 20 °C, sem secagem e submetidas a secagem em sílica e Grânulos de zeolitos.	48

<p>Gráfico 4. Gráfico com análise pelo teste de Tukey nas avaliações bioquímicas realizadas durante o armazenamento longo nos períodos de 0 e 22 meses com temperaturas de 10 e 20 °C, com sementes sem secagem, e secas com sílica e Grânulos de zeolitos. As estatísticas seguidas com letra maiúscula mostram a relação entre o tempo de armazenamento e o método de secagem, letras minúsculas demonstra a interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento. Estatísticas seguidas pelas mesmas letras não diferenciaram entre si. (no teste de Tukey não se acrescentou o tempo zero).</p>	47
<p>Gráfico 5. Gráfico com análise pelo teste de Tukey nas avaliações bioquímicas realizadas durante o armazenamento longo nos períodos de 0 e 22 meses com temperaturas de 10 e 20 °C, com sementes sem secagem, e secas com sílica e Grânulos de zeolitos. As estatísticas seguidas com letra maiúscula mostram a relação entre o tempo de armazenamento e o método de secagem, letras minúsculas demonstra a interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento. Estatísticas seguidas pelas mesmas letras não diferenciaram entre si. (no teste de Tukey não se acrescentou o tempo zero).</p>	49

## ÍNDICE DE FIGURA

INTRODUCAO GERAL.	
Figura 1. Estimativa da relação sementes: grânulos necessários para redução do teor de água inicial das sementes até o desejado. As linhas mostram a relação entre o teor de água inicial (eixo x) e o teor de água desejado nas sementes (eixo y), considerando uma capacidade de absorção de água dos grânulos de 18, 20, 22 e 24%. Embora o teor de água das sementes atinja 0%, na prática esse teor não é menor que 2%.	18
Figura 2. Grânulos de Zeolitos “Drying Beads”. Figura 2. Grânulos de Zeolitos “Drying Beads”.	19
CAPITULO 1. Ultrassecagem e armazenamento de sementes de Baru ( <i>Dipteryx alata</i> Vog.): Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos.	
Figura 1. Métodos de extração de sementes de Baru. A – Marreta, B – Prensa e C – Quebra Coco.	32
Figura 2. Processo de secagem de sementes de <i>D. alata</i> em secagem com Grânulos de zeolitos e em sílica gel, mostrando como foram organizadas as câmaras de secagem.	35
Figura 3. Teste de Germinação de <i>D. alata</i> Vog. realizado em rolo de papel germitest, mostrando o momento de protrusão da radícula.	35
Figura 4. Teste de emergência de sementes de <i>D. alata</i> em banco de areia na casa de vegetação, com o início do processo de emergência.	36

## RESUMO

VITORINO, GABRIELLE MULLER. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, março de 2018. **Fisiologia e Bioquímica de sementes baru (*Dipteryx alata* Vog.) submetidas ao processo de ultrassecação e armazenamento.** Orientadora: Juliana de Fátima Sales, Coorientador: Jacson Zuchi.

Em virtude de grandes pressões antrópicas, o Cerrado vem perdendo inúmeras de suas espécies, levando assim a necessidade da criação de protocolos de conservação. A formação de bancos de sementes e germoplasmas que pode preservar as informações genéticas das espécies e disponibilizá-las com alta qualidade fisiológica, possibilitando a produção de mudas em grande escala, no entanto é necessário conhecer o comportamento dessa espécie perante o armazenamento a curto prazo quanto longo prazo, e seu comportamento diante a tolerância a dessecação, deste modo foi trabalho diferentes métodos, sendo um mais lento, utilizando a sílica em gel e o mais drástico que por meio de grânulos de Zeolitos tem alto índice de absorção de água, além de verificar qual temperatura melhor corresponde ao armazenamento e o processo de secagem das sementes. Objetivou-se assim, avaliar a tolerância a secagem de sementes de *Dipteryx Alata.*, em diferentes condições de secagem tanto sílica quanto pelo método de ultrassecação utilizando os grânulos e Zeolitos, em decorrer de diferentes períodos de armazenamento definidos como armazenamento de tempo curto prazo até 8 meses e tempo longo até 22 meses, em temperatura de 10 °C e 20 °C para definir a condição ideal de conservação. Para averiguação do comportamento das sementes foi realizado os testes de teor de água, germinação, índice de velocidade de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica. Avaliações em resposta ao comportamento enzimático, estimou-se o estresse oxidativo por meio das enzimas catalase (CAT), superóxidodismutase (SOD), peroxidase (POX), glutathione s-transferase (GST) malato aldeído (MDA) e proteínas totais. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso com delineamento estatístico, para avaliações de vigor e viabilidade tanto para armazenamento curto quanto para o longo, com 2x2x3 (Temperatura x tipo de secagem x tempo), e para as avaliações bioquímicas o delineamento fatorial com 2x2x2 (Temperatura x tipo de secagem x tempo). Com análises

estatísticas de teste de Tukey e contrastes realizadas pelo Sisvar. Com os resultados desse projeto, pretende-se indicar melhores condições de armazenamento e propor protocolos de conservação para sementes de *Dipteryx Alata* Vog.

**Palavras-Chave:** Secagem, Armazenamento, Estresse Oxidativo.

## ABSTRACT

VITORINO, GABRIELLE MULLER. Goiano Federal Institute –Rio Verde Campus – GO, March of 2018. **Physiology and Biochemist of baru seeds (*Dipteryx alata* Vog.) submitted to the process of ultra-drying and storage.** Adviser: Juliana de Fátima Sales, Co- adviser: Jacson Zuchi.

Due to the great anthropic pressure, the Cerrado has been losing its species, leading to the creation of conservation protocols. The formation of databases and germplasms that can preserve the genetic information of the species and make it available with high physiological quality, which will allow the production of large scale seedlings. are essential. However, it is necessary to know the behavior of this species in the short-term storage as long-term, and its behavior against the desiccation tolerance, in this way it was working different methods, being a slower, using silica gel and more drastic by Zeolite granules which has high water absorption index. In addition, it was also verified which temperature best corresponds to the storage and drying process of the seeds. The objective of this study was to evaluate the drying tolerance of *Dipteryx Alata* seeds under different drying conditions, both silica and ultra-drying system using the granules and Zeolites, during different periods of storage defined as short-term storage until 8 months and long-term up to 22 months, at a temperature of 10 °C and 20 °C to define the ideal conservation condition. .

To verify seed behavior, water content, germination, germination speed index, emergence, emergency speed index and electrical conductivity tests were performed. In response to enzymatic behavior, oxidative stress was estimated by catalase (CAT), superoxydodismutase (SOD), peroxidase (POX), glutathione s-transferase (GST) malate aldehyde (MDA) and total proteins. The experiment was carried out in a completely random design with statistical design, with vigor and viability evaluations for long-term storage 2x2x3 (temperature x type of drying x time), and for the biochemical evaluation the factorial design with 2x2x2 ( temperature x type of drying x time). With analytical

evaluations of Tukey test and contrasts provided by Sisvar. With the results of this research a dosed project, we intend to indicate new storage conditions and propose protocols for the conservation of seeds of *Dipteryx Alata* Vog.

**Key words:** Drying, Storage, Oxidative Stress.

## 1. Introdução Geral

O Cerrado, considerado a maior savana do mundo, compreende o segundo maior conjunto de biomas brasileiros, ocupando 21% do território nacional. Esse bioma possui grande biodiversidade de fauna e flora em suas diferentes fitofisionomias (GOEDERT *et al.*, 2008). Suas espécies frutíferas vêm se destacando por possuírem cores atrativas e sabores característicos, além do alto valor nutricional em proteínas, sais minerais e vitaminas. Tais características dessas frutíferas têm contribuído para a produção de alimentos, fibras e outros produtos que, sobretudo, intensificam a economia local (VERA *et al.*, 2005; RIBEIRO e RODRIGUES, 2006).

Embora o Cerrado esteja entre os 25 *hotspots* mundiais e apresentar distribuição restrita de muitas espécies da fauna e flora nacional, ao longo dos anos esse bioma vem sofrendo fragmentação desenfreada de sua área. Essa perda de área tem despertado a atenção especial da comunidade científica, particularmente pelo fato de que o Cerrado apresenta apenas 4,1% de suas áreas protegidas por unidades de conservação (FELFILI, 2002, p. 60; KLINK e MACHADO, 2005; BRANNSTROM *et al.*, 2008).

A ineficiência de políticas públicas para a conservação do Cerrado tem gerado risco iminente de sua extinção. E, dentre as inúmeras formas de conservação da biodiversidade e do uso sustentável dos recursos desse bioma, encontra-se o desafio de implementar formas de manejo que garantam a diversidade de ecossistemas e a conservação de suas formas genéticas, dentre elas a estratégia de conservação *in situ* e *ex situ* das espécies que atuam de forma complementar a conservação (BRASIL, 2000; BASSI, 2008).

O método conservação *in situ* das espécies nativas é o mais utilizado (BRANNSTROM *et al.*, 2008). No entanto, a fragmentação das áreas do Cerrado pelo alto índice de exploração dos recursos naturais interfere no equilíbrio do ecossistema e na homogeneidade espacial, e dificulta a implantação de modelos com abordagens alternativas para o uso seguro das terras e conservação das espécies vegetais (SILVA e BATES, 2002; KLINK e MACHADO, 2005; BASSINI, 2008). Desse modo, é necessário criar estratégias que visem à conservação *ex situ*, bem como manutenção das sementes de diferentes espécies em germoplasmas e bancos de sementes, a fim de garantir a formação e sobrevivência das plântulas (KOAHAHA *et al.*, 2006).

Na conservação *ex situ*, pode ser aplicada a técnica de armazenamento de sementes. Porém, o sucesso dessa técnica depende do conhecimento sobre o comportamento das sementes de cada espécie de interesse durante este processo, garantindo a utilização de condições adequadas para a manutenção da viabilidade (FAO, 1993; HONG e ELLIS, 1996).

O Baru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma espécie nativa do Cerrado que se destaca em relação as outras, pela sua potencialidade de recursos econômico, madeireiro, alimentício e oleico (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Devido a sua grande importância, *Dipteryx alata* está protegida do corte pela portaria nº18/2002 da Agência Goiana do Meio Ambiente. No entanto, ainda tem ocorrido o corte indiscriminado do Baru para fabricação de carvão vegetal, instalação de cercas (moirões), indústria moveleira, construção civil, entre outros usos meios (ATAÍDE *et al.*, 2012). Assim, a busca de métodos de conservação eficientes para *Dipteryx alata* é crucial para a sua sobrevivência, pois é uma espécie ameaçada de extinção, especialmente pelo uso descontrolado de sua madeira (SOARES *et al.*, 2008).

*Dipteryx alata* apresenta ampla distribuição, principalmente nas regiões mais secas, e possui alta taxa de germinação, facilitando o estabelecimento de mudas. Isso torna essa espécie promissora para a recuperação de reservas legais e áreas de proteção permanentes na região do Cerrado, podendo assim ser utilizada tanto pelo método *in situ* quanto pelo *ex situ* de conservação (SOARES *et al.*, 2008).

É digno de nota que as informações disponíveis referentes à conservação *ex situ* de sementes florestais ainda são incipientes, dificultando o direcionamento de estratégias adequadas para a conservação das sementes de muitas espécies florestais de interesse social, econômico e ecológico, como *Dipteryx alata*. Assim, fazem-se necessários mais estudos que forneçam informações para um armazenamento viável de *Dipteryx alata*.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Baru (*Dipteryx alata* Vog.)

Conhecida popularmente como Baru, é uma espécie da Família Fabaceae e a única do gênero *Dipteryx* encontrada no Cerrado (MELHEM, 1972; CORREA, 1984; LORENZI, 1992). Essa espécie apresenta ocorrência em Cerradões e matas secas, principalmente em regiões com solos areno-argilosos do Distrito Federal e nos estados do Amazonas, Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo (FILGUEIRAS E SILVA, 1975; LORENZI, 1992; PINTO, 1996; ALMEIDA *et al.*, 1998; MALAVASI, 2000; Ratter *et al.*, 2000; IPEF, 2005; ILDS, 2005).

*Dipteryx alata* foi originalmente descrita por Voguel em 1837 (MELHEM, 1972), sendo uma das poucas espécies do bioma Cerrado que apresenta frutos com polpa carnosa durante a estação seca, o que a torna importante na alimentação da fauna, principalmente macacos e morcegos (ALMEIDA *et al.*, 1998). *Dipteryx alata* é utilizada como indicadora de solo com melhor nível de fertilidade natural, pois comumente é associada a solos eutróficos (CORRÊA, 1999).

Com dispersão irregular, *Dipteryx alata* ocorre em áreas com grande concentração de indivíduos, formando agrupamentos em “manchas”, e ausência quase total, em outras áreas (LORENZI, 1992; RATTER *et al.*, 1996; BRITO, 2004). Ambientes de transição, savana e floresta são áreas propícias também para a ocorrência dessa espécie (SCHWENK; SILVA, 2000; BRITO, 2004; BORGES, 2005).

Além de Baru, *D alata* é conhecida popularmente como barujó, cumbaru, cumaru, cumaru-verdadeiro, cumaru-roxo, cumaru-da-folha-grande, pau-cumaru, cumarurama, cumbary, castanha-de-ferro, castanha-de-macaco, fruta-de-macaco, castanha-de-burro, coco-feijão, feijão-coco, emburena brava e meriparagé (ALMEIDA *et al.*, 1998; RIBEIRO *et al.*, 2000, SOARES, 2008).

A espécie apresenta porte arbóreo, podendo atingir 15 a 25 metros de altura, com folhas alternas, compostas pinadas, imparipinadas, pecioladas e sem estípulas; folíolos de 7 a 12, alternos e subopostos, subsésseis ou com pecíolo e limbo oblongo; ápice obtuso e abruto acuminado; base desigual arredondada, truncada e subcordada. Inflorescência panícula terminal, e nas axilas das folhas superiores bracteada com cerca de 200 a 1000 flores (ALMEIDA *et al.*, 1998).

As flores de *D alata* são hermafroditas e é classificada como alógama preferencial, heliófila e secundária, ocorrendo em locais secos, com distribuição irregular ou em grandes agrupamentos com aproximadamente 8 mm de comprimento; cálice petaloide; elípticas; estames 10; anteras rimosas, ovais; vário súpero, unilocular, breve-estipilado, linear, com um só óvulo parietal inserido próximo ao ápice (CARVALHO, 1994; ALMEIDA *et al.*, 1998).

O fruto de *Dipteryx alata* é uma drupa elipsoide, ovoide, monospermico, carnoso, com endocarpo tardiamente deiscente, com cerca de 4 a 5 cm de comprimento, lenhoso de coloração marrom-claro. O pericarpo composto de epicarpo coreáceo (casca), mesocarpo marrom com consistência macia, farináceo, espesso constituindo de polpa e endocarpo amarelo-esverdeada, formado por fibras lignificadas (MELHEM, 1974;

BARROSO *et al.*, 1991; ALMEIDA *et al.*, 1998; FERREIRA *et al.*, 1998; BARROSO *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2010).

*Dipteryx alata* apresenta apenas uma semente por fruto, variando entre as formas levemente ovaladas a largo-elíptica, de coloração amarronzada, com cerca de 2 a 2,5cm de comprimento, embrião grande, exalbuminosa, e reservas localizadas nos cotilédones (MELHEM, 1974, FERREIRA *et al.*, 1998, BARROSO *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2010).

### 2.1.2. Utilização

*Dipteryx alata* é considerada uma das espécies nativas do Cerrado com maior potencial econômico para a população da região, e entre as dez mais promissoras para o cultivo. Isso se dá pelo seu grande potencial alimentício, madeireiro, medicinal, ornamental e forrageiro (ALMEIDA *et al.*, 1998 e RIBEIRO *et al.*, 2000).

Na alimentação, a semente pode ser consumida torrada, processo necessário para reduzir o inibidor de tripsina, cuja afeta indiretamente a absorção de aminoácidos essenciais (SANO, 2001). As sementes apresentam diversas formas de consumo como aperitivo, em pé-de-moleque, paçoquinha, rapadurinha, cajuzinho, bombom, bolos, biscoitos, licor e barrinha de cereais. Em qualquer receita, a amêndoa do baru pode substituir a castanha de caju e o amendoim, inclusive na mistura de cereais matinais que também tem grande aceitação (MOTTA, 1999; RIBEIRO *et al.*, 2000). O gado e outras criações também aproveitam dos frutos caídos ou das raspas dos frutos (ALMEIDA, 1998).

O valor calórico de 100 gramas de semente de *Dipteryx alata* é de 560 kcal. A semente possui alto teor de lipídeos e proteínas e é rica em cálcio, fósforo, manganês e mais uma diversidade de macro e micronutrientes. Sua polpa possui valor proteico em torno de 5,6%. O óleo de semente de *Dipteryx alata* é comparável ao óleo de amendoim, contendo 80% de ácidos graxos insaturados e vitamina E (ALMEIDA, 1998).

A espécie é amplamente empregada na medicina, pois suas sementes são analépticas, diaforéticas e antirreumáticas. O óleo extraído da semente é muito fino, com 81% de insaturação, comparável ao de oliva. Esse óleo possui elevado teor de ácido oleico e linoleico, os quais são de grande utilização na indústria alimentícia e farmacêutica (TOGASHI e SGARBIERI, 1994). Além disso o óleo extraído da semente é utilizado como aromático na tabacaria para aromatizar fumo e apresenta alto potencial para uso na produção de biodiesel (ALMEIDA, 1998).

A madeira de *Dipteryx alata* é muito densa, com cerne castanho–amarelado, de aspecto fibroso atenuado, muito semelhante à madeira de faveiro (*Pterodon pubescente* Benth) (PAULA, 1999). A madeira é resistente ao apodrecimento, apresenta alta resistência ao ataque de xilófagos, sendo, portanto indicada para a construção de estruturas externas. Em adição, o seu endocarpo duro e lenhoso está sendo utilizado para a confecção de bijuterias (CORRÊA, 1984; LORENZI, 1992).

*Dipteryx alata* é uma planta ornamental de folhagem verde brilhante que fornece sombra na maior parte do período seco. Por isso essa espécie é usada em projetos paisagísticos, nas ruas de cidades, apresentando ótimos resultados (SANTOS *et al.*, 1997). É também indicada para recuperação de áreas degradadas, pois apresenta crescimento relativamente rápido, que favorece o recobrimento do solo, além de ser de utilidade para a fauna silvestre (HERINGER, 1978).

### **2.1.3. Fenologia dispersão**

A floração e frutificação de *Dipteryx alata* ocorre durante a estação chuvosa e dispersão das diásporas na estação seca subsequente. A produção de frutos das matrizes é irregular, não ocorrendo anualmente. Matrizes que apresentam intensas frutificação podem não ter boa produção de frutos nos anos posteriores (VIVALDI, 1996).

Embora *Dipteryx alata* seja considerada por alguns autores como sempre-verde, essa espécie apresenta renovação de folhas no período seco (SANO, 2001; BULHÃO; FIGUEIREDO, 2002). A espécie apresenta floração sincronizada de novembro a janeiro (MACEDO, 2000; FERREIRA, 2000; SILVA, 2000), sendo as abelhas prováveis polinizadoras da espécie (POTT; POTT, 1986).

A dispersão dos frutos se dá em plena estação seca, no período de setembro a outubro (LORENZI, 1992; BULHÃO; FIGUEIREDO, 2002). A frutificação se estende ao longo de quase todo ano e seus frutos são dispersos por barocoria e zoócoria (MACEDO; FERREIRA; SILVA, 2000). Os frutos e sementes da espécie são consumidos por macacos, pacas, cotias e morcegos que acabam exercendo também o papel de dispersores de suas sementes (CORREA, 1984; AGUIAR *et al.*, 1992; ASSUNÇÃO *et al.*, 2003).

A germinação ocorre com grande intensidade no início da estação chuvosa, entre outubro e novembro se estendendo até o mês de fevereiro, mas com intensidade menor (POTT, 1986).

#### 2.1.4. Germinação

A viabilidade de *Dipteryx alata* pode ser mantida utilizando tanto a diáspora quanto a semente em diversos experimentos de germinação, sendo que suas sementes são classificadas como ortodoxas e passam por período de pós-maturação após queda natural dos frutos, apresentando aumento na taxa de germinação (SILVA, 2016).

Sementes sem endocarpo apresentam, de modo geral, altas taxas de germinação e ausência de dormência. A taxa de germinação de *Dipteryx alata*, citada por Souza-Silva (2001), para sementes sem o endocarpo é de 77%. Em sementes recém-coletadas, Melhem *et al.* (1972), reportaram taxa de germinação de 55%. Em sombreamento de 50%, Naves *et al.* (1991/92) obtiveram, para sementes não tratadas, percentual de 68% e tempo inicial e final de germinação de 26 e 56 dias após plantio.

As sementes de *Dipteryx alata* armazenadas durante 2 meses apresentam taxa de germinação de 96% (MELHEM, 1972), o que demonstra necessidade de um período de pós-maturação da semente após a queda natural do fruto (FILGUEIRAS; SILVA, 1975). Quando armazenadas por 9 meses segundo Silva (2018) a porcentagem de sementes mortas foi inferior a 15% e a germinação foi superior a 85% sendo maior o número de sementes mortas após 12º mês.

As sementes de *D. alata* quando armazenadas a 10 °C obtiveram melhor resultado, e tiveram todas as suas estruturas intactas perante os resultados de raio-x e germinação (SILVA,2018).

Sementes colocadas a pleno sol e enterradas em até 3 centímetros de profundidade apresentaram as melhores taxas de germinação para a espécie (FONSECA; FIGUEIREDO; SILVA, 1994).

Avaliando a germinação de sementes sem o endocarpo de *Dipteryx alata*, Corrêa (1999) seguido de Botezelli *et al.* (2000), obteve valor médio de 97% de emergência, com tempo médio de 12,8 dias, afirmando assim que o índice de velocidade de emergência apresenta diferenças significativas entre as procedências.

A espécie é classificada como ortodoxa por Botezelli *et al.* (1996), podendo ser armazenada durante maiores períodos, mantendo ainda seu poder germinativo. Esses autores detectaram taxa de germinação de 61% a 78% após um ano de armazenamento, em ensaios realizados em ambiente de câmara fria e laboratório, com a utilização de embalagens de papel e de polietileno.

## 2.2. Importância da Conservação da biodiversidade

O conceito de biodiversidade vem sendo modificado ao longo dos anos de acordo com inúmeros autores devido a sua abrangência. Wilson (1988), por exemplo, substituiu em seus trabalhos o termo diversidade biológica por biodiversidade, o qual seria aplicado para abranger desde diversidade genética, diversidade de espécies e a diversidade ecológica.

A partir de 1992 o termo biodiversidade foi revisado novamente quanto a sua amplitude de aplicação. Raven (1992) classificou biodiversidade como “a soma total de plantas, animais, fungos e microrganismos no mundo, incluindo sua diversidade genética e o envolvimento de todos em comunidades e ecossistemas”. Soulé, (1992) a classificou como: “a vida em todas suas dimensões, riqueza e manifestações, não apenas no nível de indivíduos e espécies, mas também no nível de agregações, comunidades, etc.”. Wilson (1992) define biodiversidade como “variedade da vida ao longo de todos os níveis de organização, desde diversidade gênica em populações, diversidade de espécies, que devem ser encaradas como a unidade pivotal de classificação, até diversidade de ecossistemas”, entre outras definições.

A definição do termo biodiversidade levou a comunidade a conscientizarem da necessidade da conservação. Isso porque as diversas biodiversidades definidas vêm sendo ameaçadas de extinção ao longo dos anos, sofrendo inúmeras mudanças através da ação do homem. Neste sentido, o bioma Cerrado, embora haja reconhecimento de sua importância biológica, é o que possui a menor porcentagem de áreas sobre proteção integral, com apenas, 8,21% de seu território legalmente protegido por unidades de conservação. Desse montante, 2,85% são unidades de conservação de proteção integral e 5,36% de unidades de conservação de uso sustentável, incluindo as RPPNs (Reserva Particular do Patrimônio Natural) (0,07%) segundo o Ministério do Meio Ambiente (2018).

Os altos índices de desmatamento e desaparecimento das diferentes biodiversidades tem despertado a atenção de diversos pesquisadores, os quais discutem a necessidade de medidas para preservar a diversidade em sua totalidade já que seus genes, espécies, ecossistemas e processos ecológicos apresentam dois tipos de valores: intrínseco, e seus componentes de biodiversidade existem independentes de sua utilidade para nós e o valor instrumental, em razão de sua utilidade para nós (MILLER, 2011).

A conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios deste final de século, em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas e sua fragmentação (VIANA, 1998). E, como estratégia de conservação da biodiversidade tem se estudado o método *in situ*, o qual se refere à manutenção das espécies no seu habitat por meio de unidades de conservação, como parques nacionais. Ao contrário, o método *ex situ* consiste na conservação das espécies fora do seu habitat e deve ser realizado de forma complementar a conservação *in situ*, podendo ser realizada por meio do armazenamento de sementes (FAO, 1993; BRASIL, 2000).

A conservação *ex situ* de sementes contribui com a manutenção dos bancos de germoplasmas em todo o mundo, principalmente para espécies de grandes culturas com interesse econômico. Em todo o mundo mais de 90% das coleções *ex situ* estão armazenadas na forma de sementes, devido à preocupação com riscos de perda do material genético em virtude das mudanças ambientais (NAGEL *et al.*, 2009).

Estudos voltados para elucidar o comportamento das sementes de espécies específicas durante o armazenamento é o gargalo para o sucesso do método *ex situ* de conservação. Esses estudos devem ser direcionados para que haja padronização nas condições adequadas para a preservação da qualidade fisiológica, das sementes. Isso é fundamental para a manutenção dos bancos de germoplasma e para o processo de repovoamento da vegetação em áreas degradadas, pois permite o uso de espécies vegetais em épocas e locais diferentes aos de sua origem (HONG e ELLIS, 1996; WALTERS *et al.*, 2005).

Apesar de haver inúmeros estudos já desenvolvidos para conservação da viabilidade de sementes de espécies nativas (MALUF *et al.*, 2003), muitas espécies florestais ainda não apresentam tecnologia que permita seu armazenamento por períodos prolongados (LORENZI, 2002), bem como a conservação dos recursos genéticos em bancos de germoplasma (SCHORN, 2010; WALTERS *et al.*, 2005). Assim, há necessidade de novas estratégias envolvendo estudos com espécies florestais, que vem tendo seus habitats fragmentados pelas atividades agroindustriais, pecuárias e pela ocupação urbana, restringindo os elementos naturais (CARVALHO *et al.*, 2009; KLINK e MACHADO, 2005).

### 2.3. Secagem de sementes

Sementes recém-colhidas, vindas do campo, podem muitas vezes apresentar um teor de água inadequado para serem armazenadas com segurança, portanto necessitam ser secadas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). A secagem de produtos agrícolas, segundo Resende *et al.* (2008), é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, considerando que a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento. Atuando na redução no seu teor de água até níveis seguros, visando a diminuição de possíveis injúrias durante o manejo e permitir conservação adequada do potencial fisiológico das sementes durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2015).

A secagem pode ser considerada a operação que permite a obtenção de sementes de melhor qualidade, por possibilitar colheitas antecipadas e evitar danos que ocorram no campo, devido a condições climáticas, ataques de insetos e de microrganismos, etc. (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). A secagem também reduz o teor de água a níveis que diminuem o efeito ou o ataque dos insetos e dos microrganismos e reduzem a taxa de deterioração das sementes durante o armazenamento. A secagem de sementes se dá em duas fases: a primeira é a transferência de água da superfície das sementes para o ar que as circunda; e a segunda consiste no movimento da água do interior para a superfície da semente (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

Podendo ser realizada de forma natural ou artificial. A secagem terá como fator determinante e limitante para a escolha do método o volume de sementes, ou seja, para grandes quantidades de sementes, é imprescindível a utilização de secagem artificial, cujos custos de operação estão diretamente relacionados com o volume, a velocidade de secagem e a temperatura do ar (GARCIA *et al.*, 2004). Os fatores como a espécie, estrutura e equipamentos disponíveis, mecanismos que possam reduzir os custos operacionais, diminuir o tempo de secagem e a energia consumida podem influenciar na escolha do processo de secagem (OLIVA *et al.*, 2012)

Entre os métodos de secagem de sementes está a secagem em terreiro. Se apresenta de forma simples e possui baixo custo, porém exige mão de obra operacional e baixo volume de material, além de depender das condições climáticas. Já o método de secagem artificial utilizando ventilação com ar em temperatura ambiente preserva a sua qualidade, mas pode necessitar de um prolongado período de tempo, enquanto a utilização do ar aquecido à temperatura adequada possibilita reduzir o teor de água das sementes em

menor tempo. Os parâmetros associados a redução da qualidade das sementes durante o processo de secagem são: temperatura, umidade relativa e vazão do ar, tempo de permanência do produto na câmara de secagem e teores de água inicial e final das sementes (CHRIST *et al.*, 1997).

Para sementes oleaginosas que podem ser submetidas à secagem, a viabilidade é mantida mais eficientemente a baixo teor de água das sementes e baixa temperatura de armazenamento. Vários trabalhos têm sido realizados com o objetivo de analisar a secagem de sementes de diversas oleaginosas, por exemplo: pinhão-manso (GOLDFARB *et al.*, 2008; PRADHAN *et al.*, 2009; ULLMANN *et al.*, 2010; ZONTA *et al.*, 2011), canola (CHRIST *et al.*, 1997; CORRÊA *et al.*, 1999), soja (MIRANDA *et al.*, 1999; BARROZO *et al.*, 2006), avelã (OZDEMIR; DEVRES, 1999), girassol (SACILIK *et al.*, 2007), amendoim (CORRÊA *et al.*, 2007) e mamona (GONELI, 2008).

Espécies comerciais como a soja semente de soja ao chegar à unidade de beneficiamento de sementes com mais de 12,5% de umidade, sugere-se a realização da secagem até o nível de umidade de 12,0% (FRANÇA NETO *et al.*, 2007). Em épocas chuvosas, é comum que a semente seja colhida com 18 a 19% de umidade, nessas condições, é imprescindível que a secagem seja realizada de imediato. A secagem em sementes de soja com teor de água acima de 30% provoca danos de membrana, que diminuem a qualidade fisiológica das sementes (SILVA *et al.*, 2007).

Para essa espécie a secagem pode ser realizada em sistemas estáticos, contínuos e intermitentes, é necessário que medidas de precaução sejam estabelecidas como, por exemplo, que a temperatura da massa de semente não venha a ser superior a 40 °C e para que a umidade relativa do ar de secagem em secadores estáticos não seja inferior a 35% (FRANÇA NETO *et al.*, 2007). Outro método artificial que representa uma alternativa viável para a secagem e sementes de soja, por apresentar qualidade nas sementes e agrega velocidade ao processo é a secagem estacionária em escala comercial com o emprego de ar desumidificado por resfriamento e temperaturas reduzidas (AVELAR *et al.*, 2011).

Entre outras espécies com estudos disponíveis para secagem de sementes está o crambe que possui informações recentes e abrangem os aspectos relacionados à cinética (FARIA *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2013) e aos procedimentos de secagem (COSTA *et al.*, 2012; MARTINS *et al.*, 2012). Dessa forma, há necessidade da busca de informações sobre a temperatura ideal de secagem, objetivando a produção de sementes com alto padrão de qualidade (FARIA *et al.*, 2014).

### 2.3.1. Maturação e secagem das sementes

O desenvolvimento assim como a maturação da semente é controlado geneticamente envolvendo uma sequência ordenada de alterações de várias naturezas, podendo ser verificada desde o momento da fecundação até quando se separa da planta-mãe (AMARO et al., 2017).

Sabe-se que a tecnologia para a produção de sementes é anterior a realização da colheita, que necessita ser feita no momento mais próximo possível da maturidade fisiológica. Sabe-se, entretanto, que as sementes, de uma maneira geral, atingem a maturidade fisiológica com teores de água superiores a 30%, não compatível, com a tecnologia disponível para a colheita mecânica (GARCIA *et al.*, 2004).

Com tudo a maturação de sementes é resultado de um conjunto de fatores, entre eles alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e funcionais, indo desde o aumento do tamanho, variações no teor de água, vigor e acúmulo e massa seca, acontecendo desde o momento da fertilização do óvulo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). Atingindo a maturidade fisiológica a transferência de matéria seca entre plantas e sementes cessa, apresentando então potencial fisiológico máximo e sendo o momento ideal para a coleta, desse ponto em diante as sementes podem perder seu potencial devido a alterações do ambiente (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

É necessário, entretanto ressaltar que após a semente atingir sua maturidade fisiológica a planta-mãe não possui influência sobre a umidade das sementes, no ponto de maturidade seu teor de água pode variar entre 30 e 40%, dependendo da espécie, porém perde rapidamente esse teor a medida que sua maturidade decai (SANTANA, 2007; AMARO, 2017).

Com isso em mente a higroscopicidade das sementes determina sua capacidade de estar em permanente troca de água com a atmosfera que a rodeia. A predominância do fluxo de água é determinado pelo gradiente de potencial hídrico entre as sementes e o ar atmosférico (GARCIA *et al.*, 2004). Quando a diferença de potencial é nula, cessa o processo de transferência de água e as sementes entram em equilíbrio higroscópico com o meio. As sementes e a atmosfera que as rodeiam, são sistemas que se encontram em permanente troca de água, com sentido preferencial definido pela diferença de potencial hídrico existente entre ambos. A predominância de fluxo hídrico ocorre do sistema que se encontra com maior potencial para o menor até ser atingido o ponto de equilíbrio higroscópico (GARCIA *et al.*, 2004).

As sementes recém colhidas podem muitas vezes não apresentar o teor de água necessário para ser armazenada com segurança (AMARO, 2017). A secagem de produtos agrícolas, segundo Resende *et al.* (2008), é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, considerando que a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento.

A secagem se torna necessária pois reduz o teor de água a um ponto em que os micro-organismos não sejam capazes de agir, assim como algumas espécies de insetos reduzindo assim a taxa de deterioração das sementes (AMARO, 2017).

### **2.3.2. Princípios de secagem**

Define-se secagem como processo no qual ocorrem transferências simultâneas de energia e massa entre o produto e o meio utilizado para secá-lo, que geralmente, é o ar, ou ainda uma operação que leva a diminuição do teor de água do produto até que seja atingido o nível seguro para armazenamento (SCHUH, 2010)

A secagem de sementes se dá em duas fases: a primeira é a transferência de água da superfície das sementes para o ar que as circunda; e a segunda consiste no movimento da água do interior para a superfície da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Podendo ser realizada de forma natural ou artificial. A secagem terá como fator determinante e limitante para a escolha do método o volume de sementes, ou seja, para grandes quantidades de sementes, é imprescindível a utilização de secagem artificial, cujos custos de operação estão diretamente relacionados com o volume, a velocidade de secagem e a temperatura do ar (GARCIA *et al.*, 2004).

É necessário levar em consideração que a secagem pode alterar as sementes de forma que características físico-químicas essenciais para a germinação e seu vigor sejam afetados (SCHUH, 2010), sendo necessário os desenvolvimentos de estudos cada vez mais voltados para essa área.

### **2.3.3. Métodos de secagem**

Os métodos de secagem são classificados quanto ao uso de equipamentos (natural ou artificial), à periodicidade no fornecimento de calor (contínuo ou intermitente) e à movimentação da massa de sementes (estacionário ou contínuo) (GARCIA *et al.*, 2004).

A secagem natural é baseada nas ações do vento e do sol para a remoção da umidade das sementes. Tal processo é limitado pelo clima, quando as condições de umidade relativa do ar e temperatura não permitem, ou quando se trata de maiores volumes de sementes. Apesar de apresentar baixo custo, é um método lento, e as sementes não devem ser expostas em camadas superiores a 4-6cm, com revolvimento periódico (MAIA, 1995). Apresenta desvantagens que decorrem do intensivo uso de mão de obra, uma vez que as operações geram baixo rendimento e o processo é totalmente dependente das condições climáticas disponíveis (CARVALHO, 1994).

Na secagem artificial, a fonte de calor pode ser variável. O que caracteriza o método como artificial é o fato de que com o auxílio de alternativas mecânicas, elétricas ou eletrônicas e o ar é forçado através da massa de sementes (CAVARIANI, 1996).

A secagem contínua é realizada, em geral, nos secadores contínuos que são formados, fundamentalmente, por duas câmaras, uma de secagem e outra de resfriamento, esse método consiste em fazer passar as sementes uma só vez pela câmara de secagem, de tal forma que entrem úmidas no topo e saiam secas na base do secador. Para isso é necessário que se eleve muito a temperatura do ar de secagem ou se retarde o fluxo das sementes dentro da câmara de secagem, a fim de que permaneçam o tempo suficiente para perderem o excesso de água. Com o aumento da temperatura ou do tempo de exposição das sementes ao ar aquecido, corre-se o risco de causar danos térmicos às sementes (PESKE *et al.*, 2012).

No secador intermitente, a semente é submetida à ação do ar aquecido na câmara de secagem a intervalos de tempo, permitindo a homogeneização da umidade e resfriamento quando as mesmas estão passando pelas partes do sistema onde não recebam ar aquecido, permitindo que ocorra o transporte de água do interior para a superfície da semente durante o período de equalização, diminuindo a sua concentração dentro da semente (MENEGHETTI *et al.*, 2012; PESKE *et al.*, 2012).

#### **2.3.4. Danos térmicos**

O aquecimento do ar utilizado na secagem artificial de sementes, buscando diminuir a umidade relativa e aumentar sua entalpia e conseqüentemente sua capacidade evaporativa, deve ser controlada no limite pré-determinado pois o não controle desse

aquecimento pode gerar danos físico, químico e biológicos nas sementes (FRANCO & PETRINI, 2006).

Sabe-se que a sensibilidade fisiológica ao dano térmico varia em função de diferentes fatores como espécie, genótipo, teor de água, temperatura, tempo de exposição e velocidade de secagem (GARCIA *et al.*, 2004). Tais danos podem gerar fissuras, capazes de tornar as sementes facilmente quebradiças nas operações de beneficiamento, além de interferir nos mecanismos de trocas hídricas e gasosas e aumentar a predisposição ao ataque de insetos e micro-organismos (GARCIA *et al.*, 2004; FRANCO & PETRINI, 2006).

O aumento da temperatura de secagem acima dos níveis pré-definidos para a espécies pode causar danos imediatos e latentes, assim como descoloração do produto, redução do teor de amido, óleo e proteínas, entretanto em muitos casos os danos não são visíveis após a secagem, porém durante o armazenamento das sementes o vigor sofre redução (SAATH *et al.*, 2010; ZONTA *et al.*, 2011). Devido a perda de sementes por danos térmicos são necessários vários mecanismos de proteção que busquem manter a qualidade fisiológica das sementes (DONADON *et al.*, 2013).

#### **2.4. Armazenamento de Sementes**

O método de armazenamento de sementes como meio de conservação *ex situ* vem recebendo a atenção dos pesquisadores do mundo inteiro, pois é um mecanismo seguro, viável e econômico para a conservação da diversidade genética de espécies vegetais. Esse método tem como objetivo a preservação da qualidade fisiológica das sementes para o processo de recuperação de áreas degradadas, permitindo o uso em diferentes locais e períodos de tempo, garantindo maior interação genética (KOHAMA *et al.*, 2006).

O conhecimento do comportamento das sementes durante o armazenamento é necessário para o sucesso do processo, pois durante o período a semente pode perder sua capacidade germinativa ou sua viabilidade, já que o armazenamento não melhora a qualidade das sementes, mas as mantêm com o mínimo de deterioração possível quando a estocagem é realizada de forma adequada (LEMOS FILHO; DUARTE, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2013). Dessa forma, o objetivo do armazenamento é o controle da velocidade de deterioração, levando em consideração a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente durante período de estocagem (VIEIRA *et al.*, 2001; AZEVEDO *et al.*, 2003; SMANIOTTO, 2014).

Para garantir a qualidade fisiológica das sementes é necessário considerar vários fatores desde o manuseio, colheita, beneficiamento, armazenamento e a secagem. A redução no teor de água pelo processo de secagem diminui o metabolismo e consequentemente prolonga o período de armazenamento em sementes ortodoxas. A perda de água influencia diretamente nos aspectos biológicos da semente, como atividade respiratória e o controle da proliferação de microrganismos que levam a deterioração das sementes (COSTA, 2009; KOAHAMA *et al.*, 2006; ZONTA *et al.*, 2011).

A temperatura ideal é fator crítica na manutenção do vigor das sementes durante o armazenamento, pois varia em função da espécie e de suas condições ambientais de origem no momento da germinação. No Cerrado, a temperatura em que ocorre maior porcentagem de germinação está entre 25 e 35 °C (BRANCALION *et al.*, 2010; BESSA *et al.*, 2015).

No decorrer do armazenamento, a umidade relativa do ar influencia no grau de umidade das sementes, enquanto a temperatura atua na velocidade dos processos bioquímicos. No caso de sementes ortodoxas, a manutenção da qualidade das sementes é garantida via armazenamento a baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura, propiciando ao embrião manter a menor atividade metabólica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) e, consequentemente, retarda o processo de deterioração.

A composição química das diferentes espécies influencia diretamente no estado físico da água das sementes, determinando assim o estado fisiológico das sementes durante e após o armazenamento. É sabido que a maior presença de amido (amiláceas) propicia maior afinidade com as ligações químicas entre a água e as moléculas de amido, enquanto as sementes oleaginosas repelem estas ligações (VERTUCCI e ROOS, 1990; MARCOS FILHO, 2015). Sementes oleaginosas são mais sensíveis ao processo de deterioração, pois a instabilidade química dos lipídios favorece a peroxidação lipídica e o estresse oxidativo, causando a deterioração das sementes durante o seu armazenamento (JOSÉ *et al.*, 2010)

A qualidade da semente é fator de extrema importância para que se obtenha a produtividade esperada, e o armazenamento é prática fundamental para a manutenção da qualidade fisiológica da semente até a futura semeadura (AZEVEDO *et al.*, 2003). Portanto, a elucidação de métodos ideais de armazenamento de espécies nativas do Cerrado é crucial para garantir a manutenção da biodiversidade da flora desse bioma.

### 2.4.1. Tecnologia de ultrassecação

De acordo com a Organização das Nações Unidas, devido ao aumento da população e o desenvolvimento da sociedade, a produção de alimentos precisará aumentar em cerca de 60% até 2050. Para isso, será necessário garantir aumento no rendimento por cultivares ricas em nutrientes. Porém, esse aumento é inacessível aos países menos desenvolvidos (LOBELL, CASSMAN, e FIELD, 2009; ALEXANDRATOS e BRUINSMA, 2012). Dessa forma, como fonte de solução vem sendo discutido formas de reduzir perdas de alimentos após a colheita, pois as maiorias das perdas de alimentos ocorrem entre a fazenda e o consumidor, ou são desperdiçadas pelo comprador final, muitas vezes pela formação de microrganismos que aceleram a decomposição do alimento (DOU *et al.*, 2016).

Devido à necessidade de reduzir a perda de produtos para consumo ou para produção mundial, tendo como viés a redução de microrganismos, vem se aplicando técnicas de secagem em que a redução dos níveis de água, umidade e temperaturas nas sementes são apropriadas para o armazenamento em longo prazo, pois são fatores cruciais que garantem a manutenção do vigor e a viabilidade das sementes (RH ELLIS e HONG, 2007; HONG *et al.*, 2005). Ressalta-se que a secagem e o armazenamento de sementes podem ser um problema em regiões tropicais, onde altas temperaturas e umidade relativa do ar causam rápida deterioração e multiplicação de fungos (VAN ASBROUCK e BRADFORD, 2011). Nesse sentido, a temperatura de secagem e a velocidade de desidratação das sementes são fatores críticos na manutenção da qualidade das sementes (NASCIMENTO, 2004).

O desenvolvimento de técnicas sustentáveis e práticas vêm sendo avaliado desde secagem com ar seco (luz solar). Porém, essa técnica é menos efetiva exatamente nos locais e nos momentos em que a secagem pós-colheita é mais necessária como regiões com climas temperados (MENDOZA, SABILLÓN, *et al.*, 2017). Secagem com ar aquecido é usada para grãos e commodities e são práticas padrão em países desenvolvidos, particularmente em climas temperados. Todavia, a secagem ao ar aquecido torna-se menos eficaz à medida que a temperatura e umidade relativa aumentam, sendo também inadequado para sementes que devem ser mantidas abaixo de 35-43 °C para plantação durante a secagem, limitando a eficácia da secagem ao ar aquecido (MREMA, 2011).

Outra opção para a secagem de sementes é o uso de dessecantes que podem absorver a água e ligá-la fortemente. Os secadores à base de sílica gel são amplamente utilizados nas instalações de armazenamento de germoplasma (CHUA E CHOU, 2003). A secagem com dessecante em um recipiente fechado é um método de baixa tecnologia para reduzir o teor de umidade de sementes de germoplasma sendo esses mais recomendados (PROBERT, 2003).

Dessecantes mais eficazes para a secagem são produzidos a partir de argilas zeólitas, que podem formar estrutura de poros microcristalina, as quais se ligam especificamente e fortemente à água (HAY e TIMPLE, 2013; HAY, THAVONG, TARIDNO e TIMPLE, 2012; VAN ASBROUCK e TARIDNO 2009).

Zeolito (silicatos de alumínio) é uma tecnologia de secagem conhecida como “Drying beads”, que consiste de um material de cerâmica para absorver e reter água firmemente em poros microscópicos, até que todos os poros sejam preenchidos. Esses “grânulos de zeolitos” têm capacidade de absorver umidade de 20 a 25% do seu peso inicial (VAN ASBROUCK e BRADFORD, 2011). Se mantidos em espaços fechados, os “grânulos de zeolitos” têm a capacidade de manter a umidade relativa do ar em 0% por longo período de tempo e reduzir o teor de água das sementes a menos de 2%.

Na figura, 1 é possível visualizar a relação entre a quantidade de grânulos/quantidade de sementes para redução do teor de água inicial das sementes até o desejado, para a capacidade de absorção de água dos grânulos de 18 a 24%.

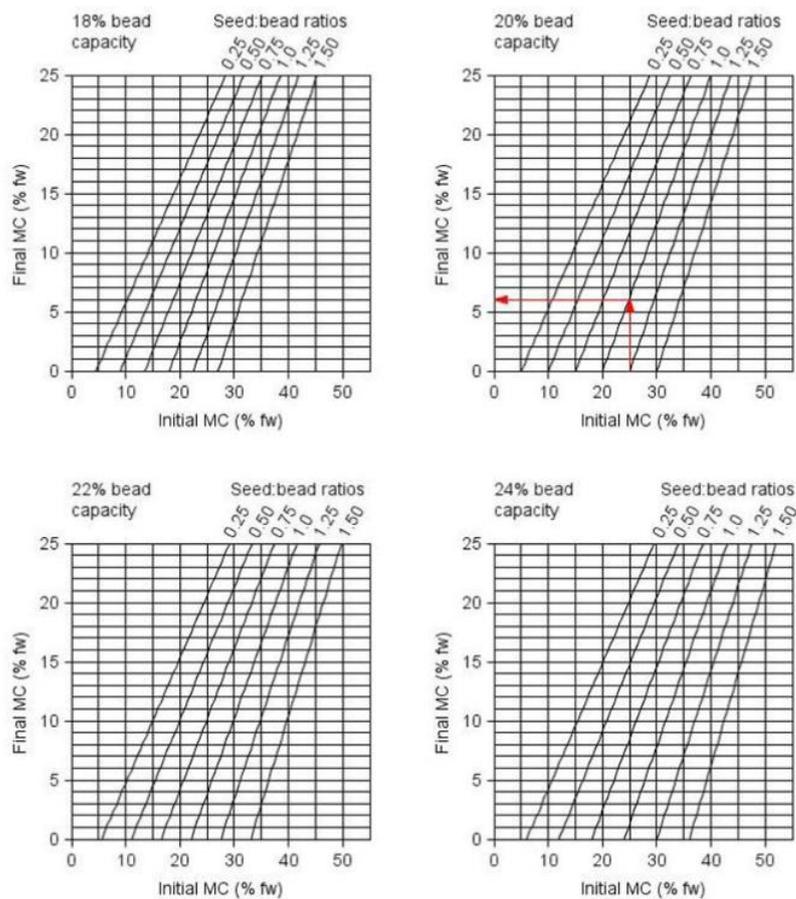


Figura 1. Estimativa da relação sementes: grânulos necessários para redução do teor de água inicial das sementes até o desejado. As linhas mostram a relação entre o teor de água inicial (eixo x) e o teor de água desejado nas sementes (eixo y), considerando uma capacidade de absorção de água dos grânulos de 18, 20, 22 e 24%. Embora o teor de água das sementes atinja 0%, na prática esse teor não é menor que 2%.

A secagem de sementes com “grânulos de zeólitos” dispensa o aquecimento do ar, o que é muito desejável para a qualidade das sementes e redução de custos operacionais, já que esses “grânulos de zeólitos” podem ser reaproveitados inúmeras vezes, com secagem de 2 horas a temperatura maior que 200 °C, sem perder a capacidade de absorção de água (VAN ASBROUCK e BRADFORD, 2011). A maior vantagem dessa tecnologia é de não depender do sol ou de outras fontes de energia e promover a secagem em qualquer umidade relativa do ambiente, além de proteger as sementes de doenças (Xingping Zhang, Syngenta), insetos e roedores. A permanência do “grânulos de zeólitos” e das sementes juntos, permite a manutenção do teor de água das sementes por longos períodos. Essa tecnologia está sendo implementada em sistemas para estabelecer bancos comunitários de sementes para preservar variedades de culturas locais e plantar sementes na Índia (DADLANI *et al.*, 2016; IIVR, 2016).



Figura 2. Grânulos de Zeolitos “Drying Beads”.

## 2.5. Análises Bioquímicas

Após o processo de secagem pode ocorrer aumento na geração de espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como superóxido ( $O_2^-$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e radical hidroxil ( $OH^-$ ). Como as EROs são agentes oxidantes fortes, elas podem causar a oxidação de macromoléculas essenciais, como lipídios da membrana, pigmentos, ácidos nucleicos e proteínas (APEL e HIRT, 2004), levando assim a morte prematura (BAKER e ORLANDI, 1995).

A dessecação pode interromper o sistema metabólico de defesa basal da semente, levando a formação descontrolada de EROS; e altas concentrações desses compostos implica na perda de vigor e viabilidade nas sementes durante o armazenamento (BAILLY *et al.*, 2004; YI LI *et al.*, 2010; SURUCHI *et al.*, 2012).

Durante o processo de formação de sementes ocorre breve dessecação, momento em que há ativação de mecanismos de tolerância. Para conter o excesso de EROs as sementes ativam mecanismos antioxidantes orquestrados tanto enzimático quanto não enzimático. Dentre o enzimático, destacam-se as enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), dehidroascorbato redutase (DHAR), monodehidroascorbato redutase (MDHAR), glutathione redutase (GR), glutathione peroxidase (GPOX), guaiacol peroxidase (GPX), peroxidases não específicas (POX) (ALSCHER *et al.*, 2002; EDREVA, 2005; MITTLER, 2002; MAGBANUA *et al.* 2007) e S-transferase de glutathione (GST) (WAGNER *et al.*, 2002; DIXON *et al.*, 2009; NOCTOR *et al.*, 2012).

Concomitante a ativação do sistema antioxidativo, ocorre a síntese de proteínas abundantes da embriogênese tardia - LEA (HOEKSTRA *et al.*, 2001) e de proteínas de

choque térmico - HSPs (PEREIRA *et al.*, 2001), as quais atuam como tampões de hidratação e estabilizadores de membranas (ALSHEIKH *et al.*, 2003; CROWE *et al.*, 1992), propiciando inibição da apoptose (BEERE e GREEN, 2001; CONCANNON *et al.*, 2003) e redução de danos oxidativos.

O ciclo ascorbato-glutationa desempenha importante papel na proteção contra EROs, pois gera GSH (glutationa reduzida) para a redução do desidroascorbato, que é necessário para ação da peroxidase do ascorbato. A remoção das EROs pode ser realizada também por meio de reações não enzimáticas via interação direta com GSH e ascorbato (NOCTOR e FOYER, 1998; ASADA, 1999).

É digno de nota que a tolerância à desidratação está atrelada ao controle da dinâmica da membrana, pois quando desidratadas, as membranas celulares se tornam fluidizadas e perturbadas. Isso porque, em parte, as EROs, de modo geral, causam peroxidação e desesterificação extensiva de lipídios da membrana em intervalos intermediários de perda de água (LEOPOLD, 1986; SENARATNA *et al.*, 1987; CROWE *et al.*, 1989; HOEKSTRA *et al.*, 2001).

### **3. Objetivos.**

#### **3.1. Geral.**

Ampliar e melhorar a conservação de germoplasma das três espécies do domínio cerrado brasileiro pela utilização de ultrassecagem.

#### **3.2. Específicos**

Desenvolver um método de secagem artificial rápido e sem a necessidade de aquecimento da massa de sementes;

Aperfeiçoar o processo de desidratação dos tecidos para preservar a estrutura capilar da matriz interna das sementes;

Disponibilizar um método eficiente de secagem e armazenamento de germoplasma, renovável e não poluidor do ambiente.

### **4. Justificativa.**

O Cerrado apresenta grande biodiversidade de espécies vegetais, no entanto é notório o desaparecimento de espécies nativas, que impossibilita a regeneração natural e a sobrevivência de futuras gerações, causando sérios problemas ambientais. Em razão desse elevado extrativismo, há também perda da variabilidade genética, ao longo do

tempo, por isso é importante fortalecer pesquisas básicas, aplicáveis e de forma sustentável. Assim, é necessário resgatar espécies com possibilidade de aplicação e propagação, principalmente pela disponibilização de sementes viáveis em diferentes locais e tempo. Isso poderá consolidar de forma eficiente recuperação de áreas degradadas. Faz-se necessário estabelecer uma metodologia de conservação de espécies nativas do Cerrado, baseada na manutenção da viabilidade das sementes ao longo do armazenamento.

A tecnologia de uso de grânulos dessecantes em meio as práticas de conservação, substituindo o mais usado recentemente, a secagem com sílica gel. Pois, a sílica gel tem menor afinidade por água que os grânulos de Zeolito em ambientes de baixa umidade relativa do ar e são menos eficientes na secagem de sementes em menores teores de água. Além disso, a secagem da sílica gel, para reutilização dos grânulos, promove a perda da capacidade de secagem desta, necessitando serem substituídas com o tempo. Por outro lado, estima-se que os de grânulos de zeolito podem ser reutilizados, com sucessivas secagens, por mais de 10.000 vezes, sem perder a capacidade de absorção de água (VAN ASBROUCK e BRADFORD, 2011).

Os grânulos de zeolito podem ser utilizados para a secagem e armazenamento de sementes ou outros materiais vegetais, como raízes, ramos, flores, frutos ou a planta inteira. O seu acondicionamento com sementes deve ser feito em caixas de plástico, metal, ou outro material, desde que seja a prova de umidade. Os grânulos podem ser misturados às sementes e retirados com o uso de peneiras. (VAN ASBROUCK e BRADFORD, 2011). Ou o conhecimento do comportamento fisiológico das sementes após a secagem e ao longo do armazenamento é fundamental para auxiliar no estabelecimento de estratégias de conservação de sementes (FAO, 1993), de forma a contribuir para a sustentabilidade do bioma cerrado.

Necessita-se estabelecer uma metodologia de conservação de espécies nativas do Cerrado, baseada na dificuldade em se garantir a viabilidade das sementes ao longo do armazenamento. A necessidade em se manter a viabilidade e investigar o comportamento destas espécies está diretamente relacionada com os problemas relatados por produtores de mudas, as quais são justificáveis, uma vez que estas possuem características muito peculiares.

Em razão do elevado extrativismo que ocorre entre as espécies nativas, a perda da variabilidade genética poderá ocorrer ao longo do tempo e em virtude disso é imperativo fortalecer pesquisas básicas, tornando-as aplicáveis de forma sustentável.

O desenvolvimento de propostas científicas baseia-se na necessidade de aprimorar os meios de conservação das sementes, com a ideologia final de criação de bancos de germoplasmas que serão capazes de garantir uma manutenção mais durável para o material vegetal.

## 5. Referências

AGUIAR, I.B.; VALERI, S.V.; ISMAEL, J.J.; ALHO, D.R. 1992. Efeitos do espaçamento no desenvolvimento de *Dipteryx alata* Vog. em Jaboticabal - SP, até a idade de 20anos. **Revista do Instituto Florestal**, 4(2), 570-572.

ALEXANDRATOS, N. AND BRUINSMA, J. (2012) World Agriculture towards 2030/2050 The 2012 Revision. **ESA Working Paper** No. 12-03.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. 1998. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina: **EMBRAPA-CPAC**,. 464 p.

ANGELOVICI, R.; GALILI, G.; FERNIE, A. R.; FAIT, A. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v.15 n.4, p.211-218, 2010.

AMARO, H. T. R. Maturação, secagem e armazenamento na qualidade de sementes de crambe. 83f. 2017. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2017.

BASSINI, Fabio. Germinação de *Simarouba amara* Aubl. (SIMARUBACEAE), e estabelecimento de plântulas em clareiras naturais e sub-bosque da floresta primária na Amazônia Central. 1994. 83 f., Dissertação (Mestrado em ciências de florestas tropicais) - **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA**, Manaus, 1994.

BAHEZA, E. C; FERNÁNDEZ, F .C; ÁLVAREZ, M. I. H; *et al.* 1998. Etnobotânica: base para conservação. **Workshop Brasileiro de Etnobiologia**, 136p.

BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). **Cerne**, v.6, n.1, p.09 18, 2000.

BRASIL. **Convenção sobre Diversidade Biológica**: Conferência para Adoção do Texto Acordado da CDB – Ato Final de Nairobi. Brasília: MMA/SBF, 2000. 60p. (Biodiversidade, 2)

BRANNSTROM, C; JEPSON, W; FILIPPI, A, M; REDO, D; XU, Z; GANESH, S Land change in the Brazilian Savana (Cerrado), 19986-2002: comparative analysis and implication for land-use policy. **Land Use Policy**. v. 25, p. 579-595, 2008.

BRITO, Márcia Aparecida. **Fitossociologia e ecologia de população de *Dipteryx alata* Vog. (baru) em área de transição cerrado denso/mata estacional, Pirenópolis, Goiás**. 2004. 132 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Ciências Biológicas. Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. New York: Plenum Press. 1994.

- BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Storage of crambe seeds in different containers and environments: Part I- Physiological quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 224-230, 2015.
- BRANCALION, P. H. S; NOVENBRE, A. D. L. C; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n. 4, p.015 – 021, 2010.
- BULHÃO, Clarissa. F.; FIGUEIREDO, Paulo Sérgio. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 361-369. 2002.
- CARVALHO, F. M. V.; MARCO JÚNIOR, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado intopieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v.142, p. 1392-1403, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CAVARIANI, C. Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar. 1996. 85f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Esalq-USP.
- COSTA, C. J. Armazenamento e conservação de sementes de espécies do Cerrado. **Embrapa Cerrados DF**, 2009.
- CORRÊA, G. C.; ROCHA, M. B.; NAVES, R. V. Germinação de sementes e emergência de plântulas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nos Cerrados do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.30 n. 2, p. 17-23, 2000.
- CORRÊA, Gustavo Coelho. Avaliação comportamental de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog) nos cerrados do Estado de Goiás. 1999. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola de Agronomia, **Universidade Federal de Goiás**, Goiânia. 1999.
- CORRÊA, Manuel Pio. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: **IBDF**, 1984. 6 v.
- DONADON, J. R.; RESENDE, O.; TEIXEIRA, S. D. P.; SANTOS, J. M. D.; MORO, F. V. Effect of hot air drying on ultrastructure of crambe seeds. **Drying Technology**, v. 31, n. 3, p. 269-276, 2013.
- DIXON, W. J.; MASSEY, F. Introduccion al analisis estadístico. 1 ed Espanha: **Ediciones Castilla**, 1966. p. 136-184.
- EDREVA, A. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: a submolecular approach. **Agriculture. Ecosystem. Environ.** v.106, p.119-1133, 2005.
- FAO. Ex situ sorage of seeds, pollen and in vitro cultures of perennial woody plant species. Rome: FAO, 1993. 83p. (**FAO Forestry Paper**, n.113).
- FERREIRA, D. F. **Sistema de análise estatística - SISVAR**. Lavras: UFLA, 2000.
- FILGUEIRAS, T. S.; SILVA, E. Estudo preliminar do baru (Leg. Faboideae). **Revista Brasil Florestal**. v. 6, n. 22, p. 33-39. 1975.

- FELFILI, J.M.; NOGUEIRA, P.E.; SILVA-JUNIOR, M.C. Composição florística e fitossociologia do Cerrado sentido restrito no município de Agua Boa-MT. **Acta Botanica Brasilica**, 16(1), 103-112, 2002.
- FRANCO, D. F.; PETRINI, J. A. Secagem de arroz. Embrapa Clima Temperado, 2006.
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.
- GOEDERT, W. T.; WAGNER, E.; BARCELLOS, A. de O.. Savanas Tropicais: Dimensão, Histórico e Perspectivas. In: **Savanas: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre Sociedade, Agronegócio e Recursos Naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- HERINGER, E.P. Comportamento de algumas espécies euxiloforas, quando cultivadas no cerrado de Brasília de sementes procedentes de outras regiões fitogeográficas brasileiras. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE BOTANICA, 2.; CONGRESSO BRASILEIRO DE BOTÂNICA, 29., 1978, Brasília/Goiânia. **Resumos**. [Brasília/Goiânia: Sociedade Botânica do Brasil, 1978]. p. 56-57.
- HONG, T.D.; ELLIS, R.H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55p. (Technical Bulletin, 1).
- ILDIS. **Dados da espécie**. *Dipteryx alata* Vog. Disponível em (<http://www.ildis.org/legumeWeb/6.00/taxa/6746.shtml>). Acesso em: 05 de fevereiro de 2018.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). International Rules for Seed Testing. **Seed Science and Technology**, Supplement, v.27, p.333, 1999.
- IPEF. **Dados da espécie** *Dipteryx alata* Vog. Disponível em <[www.ipef.br/identificacao/nativas/detalhes.asp?codigo=63](http://www.ipef.br/identificacao/nativas/detalhes.asp?codigo=63)>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2018.
- JOSE, S.C.B.R.; VON PINHO, E.V.R.; VON PINHO, R.G.; SILVEIRA, C.M. Padrão eletroforético de proteínas resistentes ao calor em sementes de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p. 115-121, 2005.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Co. Incl. New York, 1940.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, n.3, p.707-713, 2005.
- KOHAMA S; MALUF, A. M.; BILIA, D. A. C; BARBEDO, C. J. Secagem e armazenamento de sementes de *Eugenia brasiliense* LAM. (Gruxumeira). **Revista brasileira de sementes**. v. 28, n. 1, p. 72 – 78, 2006.
- LORENZI, Henri. **Árvores Brasileiras**. 4. ed. Nova Odessa: Plantarium, 1992. 217p.
- MACEDO, M.; FERREIRA, A. R.; SILVA, C. J. Estudos de dispersão de cinco espécies-chaves de um capão no Pantanal de Poconé, Mato Grosso. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 2000, Corumbá. **Anais...** Corumbá: SIMPAN, 2000. p. 229-243.
- MARTINS, L; LAGO, A. A; ANDRADE, A. C. S. Armazenamento de sementes de ipê branco teor de água e temperatura do ambiente. **Revista Bragantia**. v.68, n.3, p. 775-780, 2009.

- MACE M. E; HOWELL, C. R. Histochemistry and identification of condensed tannin precursor in roots of cotton seedlings. **Can. J. Bot.** v.52, p. 2423 - 2426, 1974.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina: ABRATES, p.659, 2015.
- MARTINS, L; LAGO, A. A; ANDRADE, A. C. S. Armazenamento de sementes de ipê branco teor de água e temperatura do ambiente. **Revista Bragantia**. v.68, n.3, p.775-780, 2009.
- MELHEM, Terezinha Sant'Anna. **Fisiologia do desenvolvimento de *Dipteryx alata* Vog**: contribuição ao seu estudo. 1972. 215 f., Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, USP. São Paulo. 1972.
- MELO, P.R.B.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; CARVALHO, B.O.; Aplicação do teste de raios x no estudo da morfologia interna e da qualidade fisiológica de aquênios de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.146-154, 2009.
- MENEGHETTI, V. L.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C.; DE OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C.; POHNDORF, R. S. Modelos matemáticos para a secagem intermitente de arroz em casca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 16, n. 10, 2012.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant**
- MOTTA, C. (Org.). **Projeto Vagafogo de educação continuada**. Brasília: FUNATURA, 1999. **Science**, v.7, n.9, p.405-410, 2002.
- NAVES, R. V.; ROCHA, M. R.; BORGES, J. D.; CARNEIRO, I. F.; TIVERON FILHO, D.; SOUZA, E. R. B. Avaliação da emergência de plântulas de espécies frutíferas nativas do Cerrado goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 12, 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: DCECEA-CAEF-FEAB-ABEEF-UFRRJ, v. 21/22, n. 1, 1991/92. p. 133-141.
- NAGEL, M.; VOGEL, H.; LANDJEVA, S.; BUCK-SORLIN, G.; LOHWASSER, U.; SCHOLZ, U.; BÖRNER, A. Seed conservation in *ex situ* genebanks-genetic studies on longevity in barley. **Euphytica**, v.170, p.5-14, 2009.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento Osmótico de Sementes de Hortaliças. **Circular Técnica**, n.33, 2004.
- OLIVEIRA, A. N.; SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; RODRIGUES, E. A. C. Variações Genéticas Para Características do Sistema Radicular de Mudas de Baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.905-909, 2009.
- OLIVEIRA, G.C. 2005. Perfil florístico e distribuição das espécies vegetais, em relação ao gradiente de umidade do solo, em seis veredas no triângulo mineiro. Dissertação Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Biologia.
- PEREIRA, G.; PERES, AGUIAR, J. L. P.; MOREIRA, L.; BEZERRA, H. S. Área e População do Cerrado. **Boletim de Pesquisa**, Brasília, CPAC/EMBRAPA, v. 32, n. a.7, p. 759-763, 1997.
- PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D.; ROTA, G.R.M. Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos. 3ª edição. Pelotas: Editora rua Pelotas, 2012. 573p.

- PINTO, Alberto Carlos de Queiroz. Produção de mudas frutíferas sob condições do ecossistema de Cerrados. **EMBRAPA**. Planaltina/DF. Documentos n. 62, p. 55-85. 2001.
- POTT, Arnildo; POTT, Vali J. Plantas comestíveis e medicinais da Nhecolândia, Pantanal. **EMBRAPA-CPAP**, Pesquisa em andamento, Corumbá. v. 4, p.1-7. 1986.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Fatores externos e crescimento vegetal**. In: Biologia vegetal. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2001. Cap 29
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINSON, R.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburg Journal of Botany**, Edinburg, v. 53, n. 2, p.153-180, 1996.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F.; DIAS, T. A. B.; SILVA, M.R. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma Cerrado. **Boletim Herbário Ezechias Paulo Heringer**. v. 5. p 5-43. 2000.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F.M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.
- RIBEIRO, J. F.; SANO, S.; BRITO, M. A.; FONSECA, C. E. L. Baru (*Dipteryx alata* Vog). In: Frutas Nativas. DONADIO, L. C. (Ed.). Jaboticabal: Funep. 41 p. 2000.
- RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Rev. Cienc. Med, e Biol**. v. 5, n.3, p. 253-260, 2006.
- ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v.1, p.499-514, 1973.
- SAATH, R.; BORÉM, F.M.; ALVES, E.; TAVEIRAS, J.H.S.; MEDICE, R.; CORADI, P.C. Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processamento de secagem. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 1, p.196–203, 2010.
- SAMARAH, N. H; AL-MAHASNEH, M. M; GHOSHEH, H. Z; ALQUDAH, A. M; TURK, M. The influence of drying methods on the acquisition of seed desiccation tolerance and the maintenance of vigour in Wheat (*Triticum durum*). **Seed Science and Technology**, v.38, p. 193-208, 2009.
- SAMARAH, N. H.; AL-MAHASNEH, M. M.; GHOSHEH, H. Z.; ALQUDAH, A. M.; TURK, M. The influence of drying methods on the acquisition of seed desiccation tolerance and the maintenance of vigour in Wheat (*Triticum durum*). **Seed Science and Technology**, v.38, p.193-208, 2009.
- SANO, S.M. **Ecofisiologia do crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog (Leguminosae)**. 2001. 119p. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília. Brasília.
- SANO, S.M.; VIVALDI, L.J. Produção de baru (*Dipteryx alata* Vog.) no seu habitat. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte, MG. **Forest 96**: resumos. Belo Horizonte: BIOSFERA, 1996. p. 217 218.
- SANTANA, P. J. A. Maturação, secagem e armazenamento de sementes de espécies de Eugenia (Myrtaceae). 81f. 2007. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e

Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 2009.

SCHORN, L.A; SILVA, R.G.X. da; MAGRO, B. A. **Secagem e armazenamento de sementes de *Albizianiopoides* Benth. e *Bauhiniaforfi* cata Link.** Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 8, n. 2, p. 225-231, abr./jun. 2010

SCHUH, G. C. Secagem de milho colhido em espiga para seleção de plantas-mães. 2010. 62f. 2010. Tese (Doutorado em Fitotecnia) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.

SCHWENK, L. M.; SILVA C. J. A etnobotânica da Mouraria Mimoso no Pantanal do Mato Grosso. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal. 2000, Corumbá. **Anais eletrônicos...** Corumbá, 2000. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/agencia/congresso/Bioticos/SCHWENK-46.pdf>> Acesso em: 5 de julho. 2007.

SOARES T.N., CHAVES LJ, TELLES MPC, DINIZ FILHO JAF, RESENDE LV (2008). Distribuição espacial da variabilidade genética intrapopulacional de *Dipteryx alata*. **Pesq. Agro. bras.** 43 (9): 1151-1158.

SOUZA-SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F. FONSECA, C. E. L.; ANTUNES, N. B. Germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em matas de galeria. In: Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria. **EMBRAPA**, Planaltina, DF, p.379-422. 2001.

TOGASHI, M.; SGARBIERI, V.C. Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 14(1), 85-95, 1994.

VAN ASBROUCK, J.; BRADFORD, K.J. Desiccant grânulos de zeolitos for efficient seed drying and storage. Palestra da Sessão Técnica 2, **10º Congresso Internacional de Sementes (ISSS)**, Salvador, Bahia, Brasil, 2011.

VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L.; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E. R. B. Caracterização física de frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* CAMB.) no estado de Goiás. **Pesquisa agropecuária tropical**, v.35 n.2, p. 71-79, 2005.

VERTUCCI, C. W; ROOS, E. E. Theoretical basis of protocols for seed storage. **Plant Physiology**, v.94, p.1019-1023, 1990.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A; F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais.** SÉRIE TÉCNICA IPEF v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998

VIEIRA, R. F.; AGOSTINE-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R. Frutas nativas da região centro-oeste do Brasil. **Embrapa**, DF. 1ª Ed, 2010.

WALTERS, C.; FARRANT, J. M.; PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. Desiccation and Damage. In: **Black, M.; Pritchard, H. W.** (eds.) Desiccation and survival in plants. Drying without dying, p.263–291, 2002.

WALTERS C.; WHEELER, L. M.; GROTENHUIS, J. M. Longevity of seeds storage in a genebank: species characteristics. **Seed Science Research.** v.15, p.1-20, 2005.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.721-731, 2011

## **Capítulo 1. Ultrassecagem e armazenamento de sementes de Baru (*Dipteryx alata* Vog.): Aspectos fisiológicos e bioquímicos.**

### **Resumo:**

A semente *Dipteryx Alata*, nativa do Cerrado, destaca-se por ser rica em nutrientes, e com alto potencial alimentício, nutricional e medicinal, além de ter um rápido processo de produção de mudas e muito utilizada nos programas de reflorestamento de áreas. São classificadas como ortodoxas e toleram baixos teores de água, porém ainda está escasso de estudos voltados para o seu desempenho fisiológico, principalmente quando relacionado aos diferentes métodos de secagem e sua tolerância a dessecação, durante o armazenamento a longo prazo. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade das sementes durante o armazenamento em curto e longo prazo submetido a diferentes meios de secagem, sílica gel e grânulos de Zeolitos e estocado em temperatura de 10 °C e 20 °C. Para avaliar a atividade das enzimas catalase (CAT), superóxidodismutase (SOD), peroxidase (POX), glutathione s-transferase (GST) malato aldeído (MDA) e proteínas totais, foram retiradas amostra no tempo inicial e final o armazenamento curto e do armazenamento a longo prazo e congelas em NL (Nitrogênio Líquido). Em cada tempo de armazenamento as sementes foram avaliadas também quanto ao seu vigor e viabilidade, através dos testes de germinação, índice de velocidade de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica. Durante o armazenamento foi possível observar que a temperatura de 10 °C teve melhor desempenho em relação aos métodos de secagem, e que as semente de *Dipteryx Alata* tiveram bons resultados quando armazenadas até 22 meses sem secagem ou pelo método de secagem utilizando os grânulos de Zeolitos. Em relação as respostas bioquímicas, no armazenamento curto as enzimas não se diferenciaram estatisticamente, no entanto apresentou maior produção da enzimas ligadas a peroxidação lipídica durante o armazenamento em tempo curto MDA e POX , e também enzimas de remoção de peróxido de hidrogênio como a CAT, nas sementes secas por sílica e sem secagem respectivamente. Já ao final do Armazenamento longo, houve maior produção de POX e GST em sementes sem secagem e sementes secas por sílica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ultrassecagem, grânulos de zeolitos, armazenamento longo e banco de sementes.

**Abstract:****Chapter 1. Ultra-drying and storage of Baru seeds (*Dipteryx alata* Vog.):  
Physiological and biochemical aspects.**

The *Dipteryx Alata* seed, native from Cerrado, is rich in nutrients, with high nutritional, nutritional and medicinal potential, as well as having a rapid process of seedling production and much used in reforestation programs. They are classified as orthodox and tolerate low water content, but there are still few studies aiming at their physiological performance, especially when related to different drying methods and their tolerance to desiccation during long-term storage. The objective of this study was to evaluate seed quality during short and long-term storage under different drying media, silica gel and Zeolite granules and stored at 10°C and 20°C. In order to evaluate the activity of the enzymes catalase (CAT), superoxydodismutase (SOD), peroxidase (POX), glutathione s-transferase (GST) malate aldehyde (MDA) and total proteins, samples were withdrawn at the initial and final time of the short and long-term storage and freeze in NL (Liquid Nitrogen). At each storage time the seeds were also evaluated for their vigor and viability, through germination tests, germination speed index, emergency, emergency speed index and electrical conductivity. During storage it can be seen that the temperature of 10 ° C had a better performance in relation to the drying methods and that the *Dipteryx Alata* seed had good results when stored for up to 22 months without drying or by the drying method using the Zeolite granules. In relation to the biochemical responses, in the short-term storage the enzymes did not differentiate statistically, nevertheless presented greater production of the enzymes linked to lipid peroxidation during the short-term storage as MDA and POX, as well as the enzymes of hydrogen peroxide removal like CAT , in the seeds dried by silica and without drying respectively. At the end of the long storage, there was higher production of POX and GST in seeds without drying and dry seeds dried by silica.

**KEY WORDS:** Ultra-drying, Zeolite granules, long storage and seed bank.

## 1. Introdução

Sementes recém-colhidas, vindas do campo, podem muitas vezes apresentar um teor de água inadequado para serem armazenadas com segurança (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012), portanto, passar pelo processo de secagem é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, considerando que a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento, visando a diminuição de possíveis injúrias durante o manejo e permitir conservação adequada do potencial fisiológico das sementes durante o armazenamento (RESENDE *et al.*, 2008; MARCOS FILHO, 2015).

A secagem pode ser realizada de forma natural ou artificial (GARCIA *et al.*, 2004; CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). Os parâmetros assim associados a redução da qualidade das sementes durante o processo de secagem são: temperatura, umidade relativa e vazão do ar, tempo de permanência do produto na câmara de secagem e teores de água inicial e final das sementes (CHRIST *et al.*, 1997).

Como método artificial a secagem de sementes com “grânulos de zeolitos” dispensa o aquecimento do ar, o que é muito desejável para a qualidade das sementes e redução de custos operacionais, já que esses “grânulos de zeolitos” podem ser reaproveitados inúmeras vezes, com secagem de 2 horas a temperatura maior que 200 °C, sem perder a capacidade de absorção de água (VAN ASBROUCK e BRADFORD, 2011).

As sementes de *Dipteryx alata* Vog. são classificadas como ortodoxas visto que no momento da dispersão dos frutos elas atingem teores de água próximo a 6% e atingem a maturidade fisiológica no período de dessecação quando já acumularam o máximo de biomassa (ANGELOVICI *et al.*, 2010; ALBUQUERQUE, 2009; DANTAS *et al.*, 2008). Essa espécie é distribuída principalmente nas regiões mais secas. A sua taxa de germinação é alta, e propicia fácil produção de mudas, fazendo com o seu uso se torne viável na recuperação de reservas legais e áreas de proteção permanentes na região do Cerrado (SOARES *et al.*, 2008).

O conhecimento do comportamento das sementes durante o armazenamento é necessário para o sucesso do processo, pois a semente pode perder sua capacidade germinativa ou sua viabilidade, já que o armazenamento não melhora a qualidade das sementes, mas as mantém com o mínimo de deterioração possível quando a estocagem é realizada de forma adequada (LEMOS FILHO; DUARTE, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Durante o processo de secagem e armazenamento, as sementes passam por estresse hídrico que pode desencadear a formação de espécies de oxigênio, tais como superóxido ( $O_2^-$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e radical hidroxil ( $OH^-$ ), as quais desencadeiam peroxidação lipídica, desnaturação de proteínas, danos nos ácidos nucleicos, comprometendo a homeostase celular da semente (BOUDET *et al.*, 2006; HANSEN *et al.*, 2006). Em sementes ortodoxas o armazenamento pode promover o acúmulo de dissacarídeos, oligossacarídeos e síntese de novo de proteínas, como exemplo as proteínas de choque térmico (HSPs), proteínas LEA (Late embryogenesis abundant), além da ativação de antioxidantes tanto enzimáticos quanto não enzimáticos (MOORE *et al.*, 2009; SAMARAH, 2009; ANGELOVICI *et al.*, 2010).

Diante do exposto, torna-se necessário o conhecimento do comportamento das sementes durante diferentes períodos de armazenamento e o aperfeiçoamento das técnicas de secagem para orientações adequadas e correta manutenção dos germoplasmas, pois a determinação da longevidade está relacionada à base genética de cada indivíduo (WALTERS *et al.*, 2005). Objetivou-se assim adequar um método eficiente de secagem e armazenamento de germoplasma, renovável e não poluidor do ambiente.

## 2. Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, GO.

A coleta dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vog.) foi realizada no ano de 2016, no município de Santa Helena de Goiás 38,5 Km de Rio Verde. Após a coleta, os frutos foram transportados para laboratório em caixas de frutas e beneficiados de acordo com a aparência externa.

Para o processo de despolpa foram realizados testes para adequar o melhor método de despolpa do material, do quais foram avaliados a remoção da semente por meio de prensagem e utilizando um cortador denominado “Quebrador de coco” (figura 1). Ao final das despolpas, as sementes foram armazenadas em sacos de polietileno, em temperatura ambiente.

Ao término da despolpa, iniciou-se o delineamento dos experimentos e a separação das amostras. Para isso, o material foi inicialmente separado para analisar os diferentes tipos de secagem através da sílica e grânulos de zeólitos. Determinou-se o teor de água inicial através da metodologia pré-estabelecida pela pelas Regras para Análise de Sementes (RAS), utilizando o método da estufa a  $105\pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas (BRASIL, 2009

modificado), com quatro repetições de 5 sementes cada. O cálculo foi realizado na base úmida, sendo o teor de água expresso em porcentagem.

$$T = (Pf - Pi / Pi - Tr) * 100$$

T: teor de água inicial (%); Pi: Peso inicial (g); Pf: Peso final (g); Tr: tara.

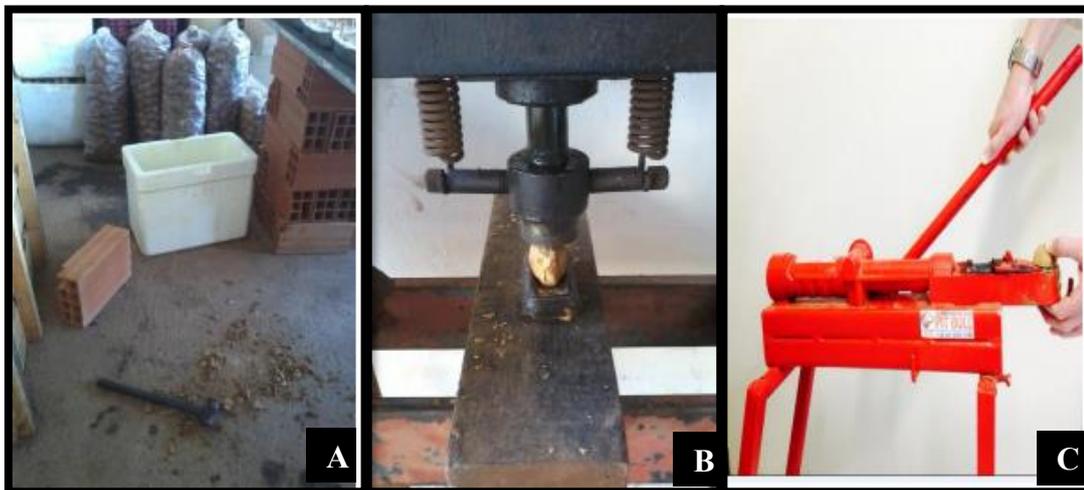
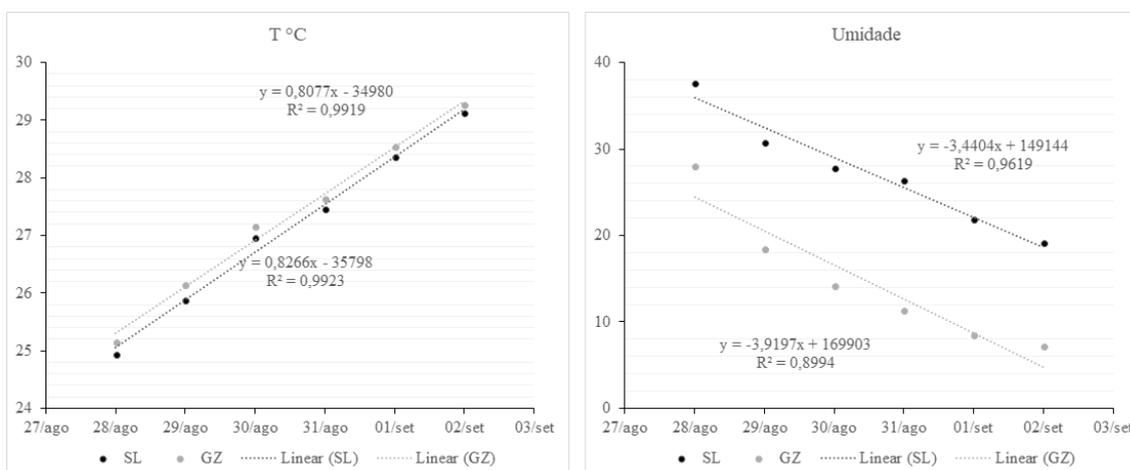


Figura 1. Métodos de extração de sementes de Baru. A – Marreta, B – Prensa e C – Quebra Coco.

## 2.1. Métodos de Secagem

Após a determinação do teor de água inicial, as sementes foram submetidas a secagem usando os dessecadores sílica gel e grânulos de zeólitos. Dos quais as sementes foram pesadas e retiradas uma amostra para controle de 10 sementes que foram colocadas em tela que permitia contato por igual de todas as sementes com o dessecador, assim como mostra a figura 1. As sementes foram colocadas em bandejas de plástico com 6,3 x 29,0 x 37,0 cm (alt. x larg. x comp.) com tampa, e na parte mais abaixo ficava a sílica ou os grânulos, e para evitar contato drástico com as sementes foi colocada uma tela para em seguida acondicionar as sementes divididas em 4 bandejas que simulavam uma câmara



de secagem. Dentro das câmaras foram monitoradas diariamente com Datalogger a temperatura e umidade relativa do ar como e possível visualizar no gráfico 1.

Gráfico 1. Controle de temperatura e umidade durante a secagem das sementes com Sílica Gel (SL) e Grânulos de zeolitos (GZ).

### 2.1.1. Secagem com sílica gel

A secagem foi realizada em câmara de secagem contendo sílica gel azul, com umidade relativa e temperatura sendo avaliada de 10 em 10 minutos através do Datalogger. A perda de massa foi avaliada através de balança de precisão, a cada hora, até atingirem massa referente aos teores de água máximos entre 7,18% b.u., tendo duração de 5 dias. A amostra de cada bandeja foi pesada diariamente para observar a perda de água pelas sementes sendo determinado o teor de água de acordo com a equação:

$$Pf = Pi.(100-TAi/100-TAf)$$

Em que: Pf: peso final da amostra (g); Pi: peso inicial da amostra (g); TAi: teor de água inicial (% b.u.); T Af: teor de água desejado (% b.u.)

### 2.1.2. Secagem com grânulos de zeolitos

A secagem das sementes foi realizada em câmara de secagem contendo grânulos de Zeolito, em que a umidade relativa e a temperatura foi avaliada diariamente através do Datalogger. A amostra de cada bandeja foi pesada diariamente para observar a perda de água pelas sementes sendo determinado o teor de água de acordo com a equação, sendo obtido o teor de 6,97% b.u. A secagem teve duração de 5 dias.

$$Pf = Pi.(100-TAi/100-TAf)$$

Para verificar a quantidade de *beads* a serem utilizado por sementes para realizar a secagem seguiu-se a relação proposta pelas pesquisas realizadas por Rhino Research Group/University of California, onde preconizaram a relação quantidade de sementes e quantidade de grânulos com bandejas



Figura 2. Processo de secagem de sementes de *D. alata* em secagem com Grânulos de zeolitos e em sílica gel, mostrando como foram organizadas as câmaras de secagem.

## 2.2. Ambientes e tempos de armazenamento

As sementes que passaram pelo processo de secagem em sílica gel e pelos grânulos de zeolitos (*beads*) e as sem secagem foram acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno com 0,20 mm de espessura e 20x30 de tamanho. Dois lotes de 1000 sementes, subdividida em sacos menores com 250 sementes para cada tempo de avaliação do armazenamento, do qual foi separado em armazenamento de tempo curto durante até 8 meses e armazenamento de tempo longo até 22 meses. As análises do teste de germinação, emergência, teor de água, condutividade elétrica e ensaios bioquímicos foram realizadas em 0, 4 e 8 meses e 0, 20 e 22 meses, compreendo, respectivamente, o armazenamento curto e longo. Em ambos os ensaios as sementes foram armazenadas em câmaras de armazenamento a 10 ° C e 20 ° C.

## 2.3. Teste de germinação e índice de velocidade de germinação

Para o teste de germinação, a semeadura foi realizada em folhas de papel “germitest” umedecidos com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco (BRASIL, 2009), com quatro repetições de 20 sementes. Os rolos foram mantidos em germinador regulado à temperatura de 30°C. As avaliações foram realizadas diariamente e consideradas quando se tinha 1cm de raiz exposta, até completa estabilização (figura 2), para assim ao final serem calculado o índice de velocidade de

germinação, pelo somatório do número de sementes registrado a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a contagem (MAGUIRRE, 1962). A porcentagem de germinação foi avaliada após completa estabilização das germinações, segundo as prescrições das RAS (BRASIL, 2009).



Figura 3. Teste de Germinação de *D. alata* Vog. realizado em rolo de papel germitest, mostrando o momento de protrusão da radícula.

#### **2.4. Teste de emergência e índice de velocidade de emergência**

No teste de emergência, foram utilizadas 60 sementes divididas em quatro repetições de 15 cada. A semeadura foi realizada a 3 cm de profundidade em bancos de área na casa de vegetação, em substrato de areia, com 4 irrigações diárias de 15min cada. Foram consideradas emergidas quando seus cotilédones saíram inteiramente do solo, encerrando quando se obteve sua completa estabilização (figura 3). A porcentagem final de emergência foi determinada considerando apenas as plântulas normais. O índice de velocidade de emergência de plântulas foi determinado de acordo com Maguire (1962), em que observações diárias foram realizadas após a instalação do teste, contando-se o número de plântulas emergidas por dia, dividindo esse número pelo número de dias transcorridos da data de semeadura. Ao final do teste foram contabilizadas as plântulas normais, anormais e as sementes mortas.



Figura 4. Teste de emergência de sementes de *D. alata* em banco de areia na casa de vegetação, com o início do processo de emergência.

## 2.5. Teste de condutividade elétrica

O teste foi realizado com quatro subamostras de 15 sementes. As sementes foram previamente pesadas em Balança analítica com capacidade de 120g e resolução de 0,0001g, em seguida, colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada e mantidas em câmara do tipo BOD a 25°C por 24 horas. Após esse período, agitou-se cada amostra, individualmente, com bastão de vidro e determinou-se a condutividade elétrica em condutivímetro digital, da marca Tecnal, modelo TEC-4 MP, e os resultados foram expressos em  $\mu\text{Scm}^{-1} \text{g}^{-1}$ . O cálculo da condutividade elétrica foi realizado dividindo a leitura da condutividade elétrica da solução, pelo peso individual de semente de cada amostra (ZUCHI *et al.*, 2016).

## 2.6. Análises bioquímicas

### 2.6.1. Determinação da atividade de enzimas do sistema antioxidativo

Em cada tempo de coleta de ambos os ensaios de armazenado descritos anteriormente, as amostras foram armazenadas individualmente em papel alumínio e mantidas em nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) líquido durante as coletas e, em seguida, armazenadas em ultrafreezer a  $-80^\circ\text{C}$  para posterior análise.

Para a obtenção do extrato enzimático que serão utilizados na determinação da atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase

inespecífica (POX) e glutatona-s-transferase (GST), 0,250 g de tecidos de reservas/embrionários foram macerados com N<sub>2</sub> líquido e homogeneizados em 2 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,8), contendo ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 0,1 mM, fluoreto de fenilmetilsulfônico (PMSF) 1 mM e polivinilpirrolidona (PVPP) 5% (m/v). O homogeneizado foi centrifugado a 15000 ×g, por 15 min, a 4 °C e o sobrenadante foi usado como extrato para as determinações enzimáticas.

A concentração de proteínas em cada amostra foi determinada pelo método de Bradford (1976).

#### **2.6.1.1. Determinação da superóxido dismutase (SOD)**

A atividade da SOD foi determinada pela adição de 60 µL do extrato de tecidos de reservas/embrionários em 1,94 mL de mistura de reação constituída de tampão fosfato de sódio 50 mM (pH 7,8), metionina 13 mM, azul de *p*-nitro-tetrazólio (NBT) 75 µM, EDTA 0,1 mM e riboflavina 2 µM (DEL LONGO *et al.*, 1993). A reação ocorreu a 25 °C sob iluminação de lâmpadas de 15 W. Após 5 min de exposição à luz, a iluminação foi interrompida e a formazana azul, produzida pela foto redução do NBT, foi medida em espectrofotômetro (Evolution 60, Thermo Fisher Scientific Inc., Massachusetts - EUA), a 560 nm (GIANNOPOLITIS e RIES, 1977). As amostras controles tiveram suas absorvâncias medidas a 560 nm utilizando mistura de reação mantida no escuro por 5 min. Os valores obtidos foram subtraídos das leituras das amostras das repetições dos tratamentos que receberam iluminação. Uma unidade da SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para inibir em 50% a foto redução do NBT (BEAUCHAMP e FRIDOVICH, 1971). A atividade da SOD foi expressa em unidades de SOD min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína.

#### **2.6.1.2. Determinação da catalase (CAT)**

A atividade da CAT foi determinada pelo método de Cakmak e Marschner (1992). A mistura de reação foi constituída de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,8) e de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM em um volume de 2 mL. A reação foi iniciada pela adição de 50 µL do extrato de tecidos de reservas/embrionários e a atividade foi determinada pelo consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 240 nm, durante 1 min, a 25 °C. O coeficiente de extinção molar de 36 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> (ANDERSON *et al.*, 1995) foi usado para determinar a atividade da CAT.

### 2.6.1.3. Determinação da peroxidase inespecífica (POX)

A atividade da POX foi determinada pela oxidação do pirogalol, de acordo com a metodologia proposta por Kar e Mishra (1976). A mistura de reação foi constituída de tampão fosfato de potássio 25 mM (pH 6,8), pirogalol 20 mM e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM em um volume de 2 mL. A reação foi iniciada pela adição de 15 µL do extrato de tecidos de reservas/embrionários e a atividade foi determinada pelo consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 420 nm, durante 1 min, a 25 °C. O coeficiente de extinção molar de 2,47 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> (CHANCE e MAEHLEY, 1955) foi usado para calcular a atividade da POX.

### 2.6.1.4. Determinação da glutatona-s-transferase (GST)

A atividade da GST foi determinada utilizando a metodologia proposta por Habig *et al.* (1974). A mistura de reação foi constituída de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,5), glutatona reduzida (GSH) 50 mM e 150 µL do extrato foliar em um volume de 2 mL. A reação foi iniciada pela adição de 500 µL de 1-cloro-2,4-dinitrobenzeno 30 mM e, em seguida, foi incubada a 25 °C, durante 4 min, e a absorbância foi medida a 340 nm, durante 3 min. O coeficiente de extinção molar de 9,6 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> (HABIG *et al.*, 1974) foi usado para calcular a atividade da GPX.

### 2.6.1.5. Determinação do teor de aldeído malônico (MDA)

Os danos celulares foram avaliados por meio da peroxidação de lipídeos através de MDA conforme descrito por Cakmak e Horst (1991). Amostras de 100 mg de tecido foliar foram maceradas em N<sub>2</sub> líquido em almofariz até a obtenção de um pó fino. O pó obtido foi homogeneizado em 2 mL constituído de ácido tricloroacético (TCA) 1% (m/v). O homogeneizado foi centrifugado a 12000 ×g, durante 15 min, a 4 °C. Após centrifugação, 0,5 mL do sobrenadante foi adicionado a 1,5 mL da solução de ácido tiobarbitúrico 0,5% (m/v) (preparado em 20% (m/v) de TCA) e incubado em banho maria a 95 °C, por 30 min. Após esse período, a reação foi parada em banho de gelo. As amostras foram centrifugadas a 9000 × g, por 10 min, e a absorbância específica do sobrenadante foi determinada a 532 nm. A absorbância inespecífica foi mensurada a 600 nm e subtraída do valor da absorbância específica. A concentração de MDA foi calculada usando o coeficiente de extinção de 155 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> (HEATH e PACKER, 1968).

## 2.7. Análise estatística

O experimento fatorial 3 x 2 x 3 com quatro repetições consistindo de três tipos de secagem (secagem em sílica gel, pelos grânulos de zeolitos (*beads*) e sem secagem), dois ambientes de armazenamento (10 °C e 20 °C) e 3 tempos de armazenamento (0, 4 e 8 meses), com os adicionais controles secagem em sílica gel, pelos *beads* e sem secagem no tempo 0 foi arranjado em delineamento inteiramente ao acaso para as análises de vigor das sementes. Outro experimento para as análises de vigor das sementes foi realizado com os mesmos fatores descritos acima, porém com os seguintes tempos de armazenamento: 0, 20 e 22 meses, representando o armazenamento curto.

Para as análises bioquímicas, o experimento fatorial 3 x 2 x 2 com quatro repetições consistindo de três tipos de secagem (secagem em sílica gel, pelos grânulos de zeolitos (*beads*) e sem secagem), dois teores de água (6 a 7% b.u), dois ambientes de armazenamento (10 °C e 20 °C) e 3 tempos de armazenamento (0 e 8 meses), com os mesmos controles descritos anteriormente foi arranjado em delineamento inteiramente ao acaso. Da mesma forma para as análises de vigor, um outro experimento foi realizado com os mesmos fatores descritos acima, porém com os seguintes tempos de armazenamento: 0 e 22 meses, representando o armazenamento longo.

Os dados de todas as variáveis foram analisados via análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2000). O efeito dos adicionais controles foi averiguado mediante análise de contraste também com auxílio do software SISVAR.

## 3. Resultados

### 3.1. Armazenamento Curto.

Entre as análises de contraste realizadas para análises de viabilidade foi possível observar os tratamentos T7 (8 meses em sílica a 10° C) + T8 (8 meses em sílica a 20° C) vs T13 (sem secagem) e T9 (4 meses em grânulos de zeolitos a 10° C) + T10 (4 meses em Grânulos de zeolitos a 20° C) vs T14 (sem secagem) apresentaram resultado significativo para as análises de Teor de Água, Germinação, Emergência, Índice de Velocidade de Emergência, Condutividade Elétrica (Tabela 1), além destes os tratamentos T3 (8 meses, sem secagem a 10° C) + T4 (8 meses, sem secagem a 20° C) + T9 (4 meses, Grânulos de

zeolitos) a 10° C + T10 (4 meses, Grânulos de zeolitos a 20° C) vs T13 (sem secagem) apresentou resultado significativo para as mesmas análises.

**Tabela 1.** Análise de Contraste com resultados de análises de viabilidade, Teor de Água (Teor), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Germinação (GERM), Emergência (EMERG), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Condutividade Elétrica (CE), realizadas durante os tempos de armazenamento de 0, 4 e 8 meses em 10 °C e 20 °C, sem secagem e submetidas a secagem em sílica e Grânulos de zeolitos

Contrastes	Teor	IVG	GERM	EMERG	IVE	CE.
T1 + T2 vs T13	4.88*	0.38**	1.04	97.34	0.07*	46.68
T3 + T4 vs T14	0.59*	0.89*	4.17**	4.17	0.02	797.46
T5 + T6 vs T15	18.15*	0.97*	9.38*	1.85	0.01	186.06
T7 +T8 vs T13	48.68*	0.05	150.00*	416.66*	0.06**	13.73*
T9 + T10 vs T14	10.13*	0.35	704.17*	816.67*	0.26*	328.32*
T11 + T12 vs T15	2.00*	1.14*	600.00	90.74	0.06	1216.96*
T3 + T4 + T9 + T10 vs T13	2.30*	0.10	20.00**	483.49*	0.14*	1801.38*
T5 +T6 + T11 + T12 vs T 13	5.89*	0.30	90.31**	245.00	0.02	2865.75*
CV(%)	3.59	6.48	4.25	9.55	14.78	27.46

T1 – 4 meses, sem secagem a 10° C; T2 – 4 meses, sem secagem a 20° C; T3– 8 meses, sem secagem a 10° C; T4 – 8 meses, sem secagem a 20° C; T5 – 4 meses, Sílica a 10° C; T6 – 4 meses, sílica a 20° C; T7 – 8 meses, Sílica a 10° C; T8 – 8 meses, sílica a 20° C; T9 – 4 meses, Grânulos de zeolitos a 10° C; T10 – 4 meses, Grânulos de zeolitos a 20° C; T11 – 8 meses, Grânulos de zeolitos a 10° C; T12 – 8 meses, Grânulos de zeolitos a 20° C; T13 – 0 meses, sem secagem; T14 – 0 meses, sílica e T15 – 0 meses, Grânulos de zeolitos. Valores de quadrado médio seguidos (\*) asteriscos tiveram seus valores significantes ( $p \leq 0,01$ ) (\*\*\*) asteriscos tiveram seus valores significantes ( $p \leq 0,05$ ).

O teor de água das sementes armazenadas a 10° C atingiu cerca de 7,84% de água nas sementes que foram secas com grânulos de zeolitos e 9,24% quando seca com sílica gel (figura 2A), tendo uma dessecação acentuada em relação as sementes que não passaram pelo processo de secagem que mantiveram seus até o final do armazenamento a 11,36%. Comportamento similar teve as sementes armazenadas a 20° C (Figura 2B).

Para índice de velocidade de germinação não houve diferença significativa, entretanto, na condução dos testes de germinação a 10° C obteve-se uma germinação de 93% das sementes secas com grânulos de zeolitos (figura 2C), sendo relativamente baixa em relação aos demais tratamentos de secagem. As sementes secas com grânulos de zeolitos também apresentaram um comportamento de germinação mais lento quando armazenadas a 20° C com 90% da germinação (Figura 2 D).

Sementes armazenadas a 10° C tiveram redução significativa e sua emergência em ambos tratamentos sem secagem, sílica e Grânulos de zeolitos, com respectivamente 0,83, 0,79 e 0,81 pontos de índices de velocidade de emergência após 8 meses de armazenamento (Figura 2E), no entanto seus índices tiveram alterações mais drásticas

com o armazenamento a 20° C após 8 meses secas com sílica gel que teve seu índice reduzido a 0,5 (Figura 2F), tendo comportamento similar com redução da taxa de emergência de plântulas após 8 meses as sementes secas com sílica atingiram apenas 57% (Figura 2H).

Através da condutividade elétrica determinou-se aumento no extravasamento de eletrólitos em sementes secas pelo processo de grânulos de zeolitos com 55,32  $\mu\text{S}/\text{cm}$  após 8 meses comparado a 4 meses de armazenamento a 20° C que teve 35,18  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 2J).

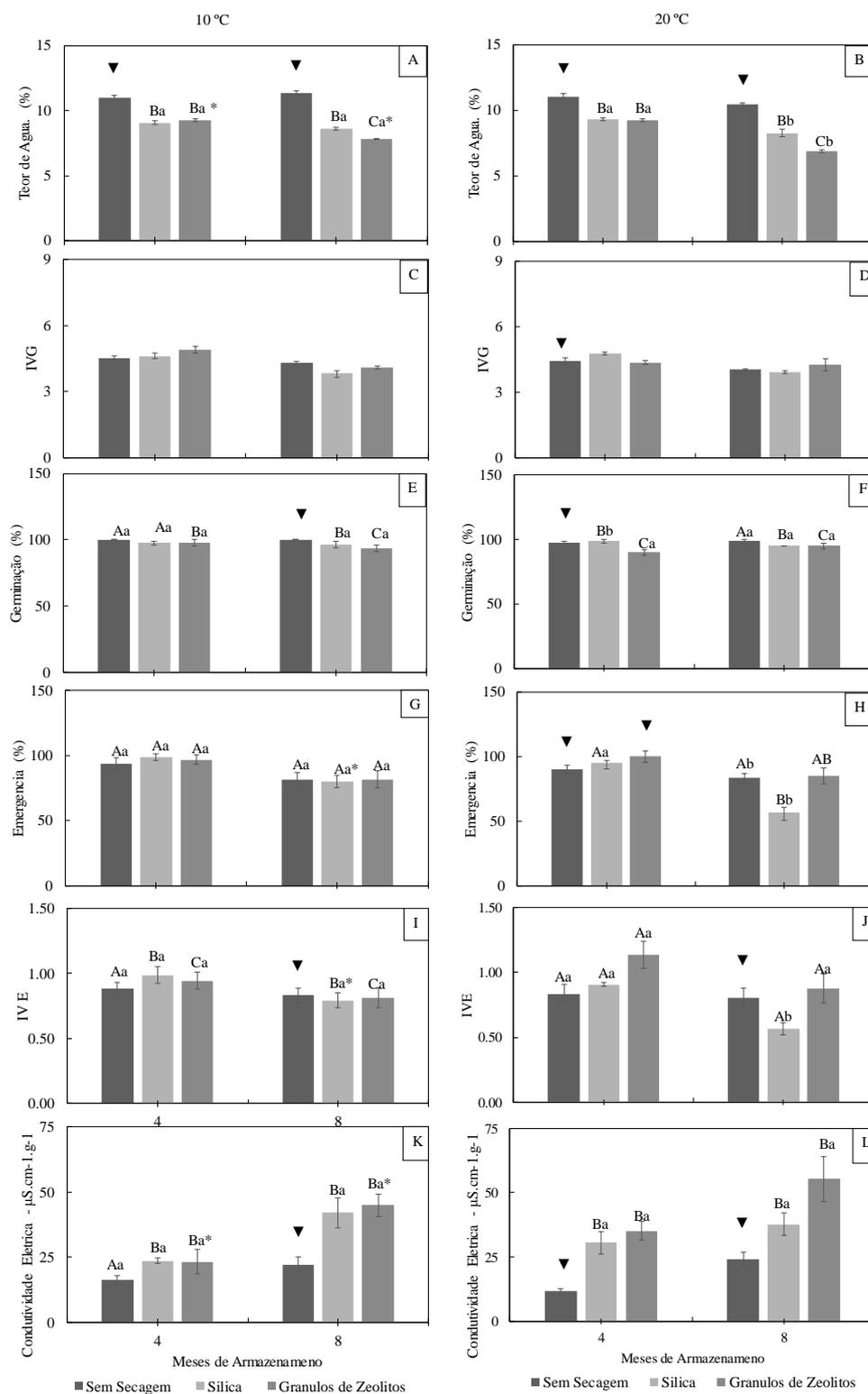


Gráfico 2. Teste de Tukey para avaliações realizadas durante o armazenamento curto nos períodos de 0,4 e 8 meses com temperaturas de 10 e 20 °C, com sementes sem secagem, e secas com sílica e Grânulos de zeólitos. As estatísticas seguidas com letras maiúsculas mostram a relação entre o tempo de armazenamento e o método de secagem, letras minúsculas demonstra a interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento, (\*) relação entre temperatura e método de secagem e ▼ demonstra o melhor tratamento de secagem dentro da temperatura e do tempo de secagem. Estatísticas seguidas pelas mesmas letras não diferenciaram entre si. (no teste de Tukey não se acrescentou o tempo zero).

Entre as análises de constatare realizadas para análises bioquímicas foi possível observar que para proteínas houve interação significativa entre os tratamentos sem secagem isolando a condição de temperatura, colocando assim uma alteração no comportamento das sementes sem secagem durante o armazenamento (Tabela 2). Em relação a catalase (CAT), os tratamentos T1 (8 meses, sem secagem a 10° C) vs T7 (sem secagem) e T2 (8 meses, sem secagem a 20° C) vs T7 (sem secagem) foram significativos. Para aldeído malônico (MDA) os tratamentos T6 (8 meses, Grânulos de zeolitos a 20° C) vs T9 (0 meses, Grânulos de zeolitos) e T2 (8 meses, sem secagem a 20° C) vs T4 (8 meses, sílica a 20° C) apresentaram resultado significativo. E para superóxido dismutase (SOD), Peroxidase não específica (POX), S- transferase de glutathione (GST) nenhum tratamento apresentou resultado significativo.

Tabela 2. Análise de Contraste com resultados de análises bioquímicas de Proteína (PROT.), superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT), Peroxidase não específica (POX), S- transferase de glutathione (GST), aldeído malônico (MDA), realizadas com os tempos de armazenamento de 0 e 8 meses em 10 °C e 20 °C, sem secagem e submetidas a secagem em sílica e Grânulos de zeolitos

Contraste	Prot.	SOD	CAT	POX	GST	MDA
T1 vs T7	0.000165 *	0.086	2251.1 *	1.340	0.0256	2.341
T2 vs T7	0.000022	0.702	1364.4 *	0.539	0.0066	1.576
T3 vs T8	0.000001	0.022	143.202	0.579	0.0074	34.263
T5 vs T9	0.000001	0.205	2.753	0.074	0.0001	149.107
T6 vs T9	0.000067	0.260	26.209	0.155	0.0071	29.62*
T1 vs T3	0.000027	0.040	18.358	0.084	0.0267	27.582
T2 vs T4	0.000031	0.006	12.849	0.119	0.0000	3.44 *
T2 vs T6	0.000131 *	0.000	129.723	0.011	0.0069	0.000
T3 vs T5	0.000002	0.481	117.371	0.886	0.0094	18.688
CV (%)	13.17	24.51	28.36	23.9	41.81	20.18

T1 – 8 meses, sem secagem a 10° C; T2 – 8 meses, sem secagem a 20° C; T3 – 8 meses, Sílica a 10° C; T4 – 8 meses, sílica a 20° C; T5 – 8 meses, Grânulos de zeolitos a 10° C; T6 – 8 meses, Grânulos de zeolitos a 20° C; T7 – 0 meses, sem secagem; T8 – 0 meses, sílica e T9 – 0 meses, Grânulos de zeolitos. Valores de quadrado médio seguidos (\*) asteriscos tiveram seus valores significantes ( $p \leq 0,05$ ).

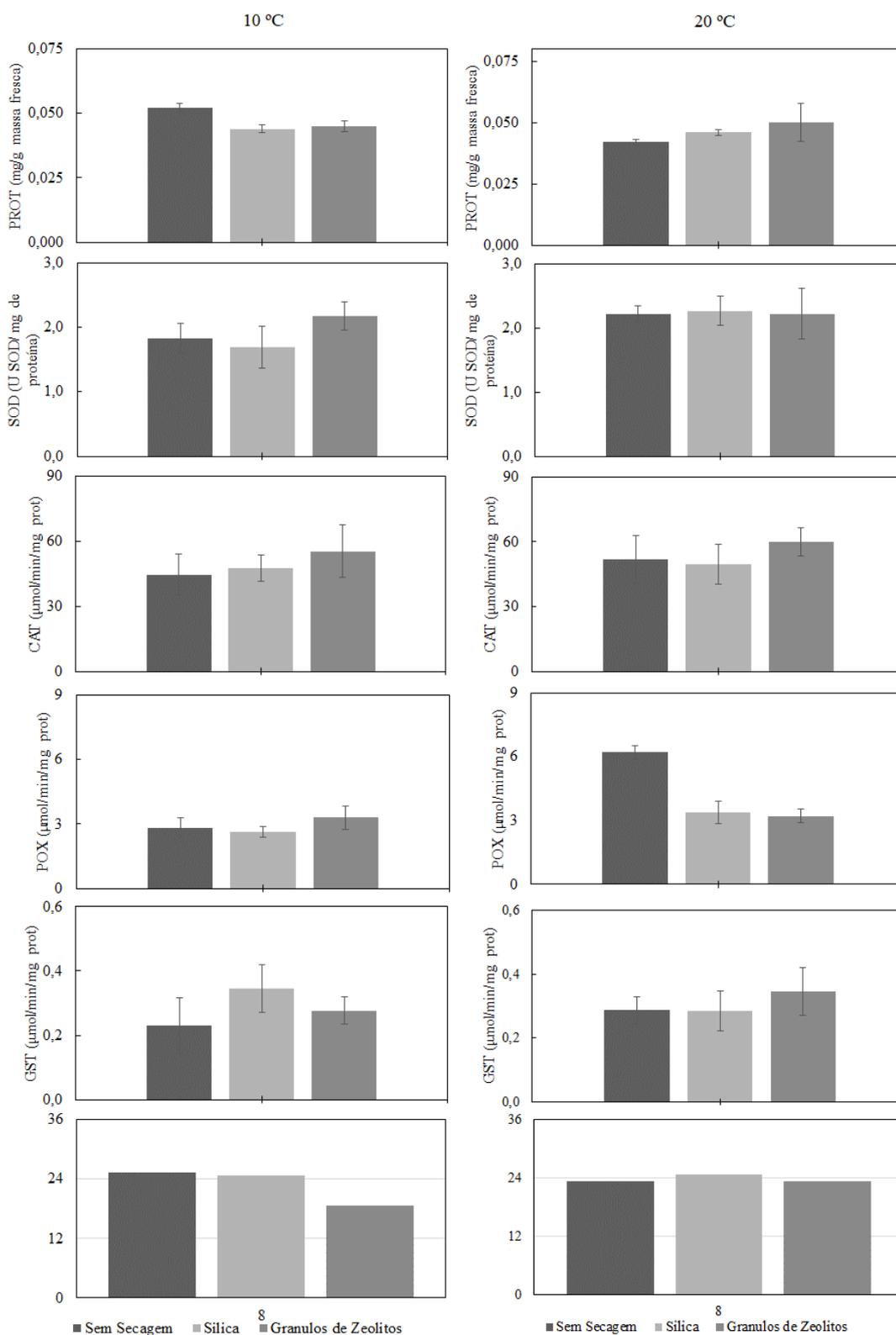


Gráfico 3.. Gráficos com análise pelo teste de Tukey nas avaliações bioquímicas realizadas durante o armazenamento curto nos períodos de 0 e 8 meses com temperaturas de 10 e 20 °C, com sementes sem secagem, e secas com sílica e Grânulos de zeolitos. As estatísticas seguidas com letra maiúsculas mostram a relação entre o tempo de armazenamento e o método de secagem, letras minúsculas demonstra a interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento. Estatísticas seguidas pelas mesmas letras não diferenciaram entre si. (no teste de Tukey não se acrescentou o tempo zero) não teve diferença significativa pelo teste de Tukey.

### 3. 2. Armazenamento Longo.

As análises de contraste realizadas para o armazenamento a longo prazo foi possível observar que os tratamentos T7 (22 meses sem secagem a 10° C) + T8 (22 meses sem secagem a 20° C) vs T13 (sem secagem) e T3 (20 meses em sílica a 20° C) + T4 (20 meses em sílica a 20° C) + T9 (22 meses em sílica a 10° C) + T10 (22 meses em sílica a 20° C) vs T13 (sem secagem) apresentaram resultado significativo para todas as análises (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de Contraste com resultados de análises de viabilidade, Teor de Água (Teor), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Germinação (GERM.) Emergência (EMERG.), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Condutividade Elétrica (CE), realizadas durante os tempos de armazenamento de 0, 20 e 22 meses em 10 °C e 20 °C, sem secagem e submetidas a secagem em sílica e grânulos de zeolitos.

Contrastes	Teor	IVG	GERM	EMERG	IVE	CE.
T1 + T2 vs T13	37.73*	262.31*	9.38	277.90	0.20*	315.24**
T3 + T4 vs T14	77.46*	249.51*	51.04	362.98	0.12**	1340.10**
T5 + T6 vs T15	17.48*	258.82*	26.04**	104.16	0.03	89.95
T7 +T8 vs T13	2.27*	310.10*	430.67*	1349.99*	0.89*	42.59*
T9 + T10 vs T14	10.24*	350.39*	1.04	1779.60*	1.16*	111.68*
T11 + T12 vs T15	5.34*	362.80*	158.45	979.61*	0.98*	19.46
T3 + T4 + T9 + T 10 vs T13	88.61*	338.06*	361.25**	1680.57*	0.65*	1839.53*
T5 +T6 + T11 + T 12 vs T 13	82.65*	348.50*	160.56	1051.26*	0.50*	1194.74*
CV(%)	3.94	3.81	9.12	12.15	17.38	30.54

(T1 – 20 meses, sem secagem a 10° C; T2 – 20 meses, sem secagem a 20° C; T3 – 20 meses, Sílica a 10° C; T4 – 20 meses, sílica a 20° C; T5 – 20 meses, grânulos de zeolitos a 10° C; T6 – 20 meses, Grânulos de zeolitos a 20° C; T7 – 22 meses, sem secagem a 10° C; T8 – 22 meses, sem secagem a 20° C; T9 – 22 meses, Sílica a 10° C; T10 – 22 meses, sílica a 20° C; T11 – 22 meses, grânulos de zeolitos a 10° C; T12 – 22 meses, Grânulos de zeolitos a 20° C; T13 – 0 meses, sem secagem; T120 – 0 meses, sílica e T15 – 0 meses, Grânulos de zeolitos). Valores de quadrado médio seguidos (\*) asteriscos tiveram seus valores significantes ( $p \leq 0,01$ ) (\*\*) asteriscos tiveram seus valores significantes ( $p \leq 0,05$ ).

Durante o armazenamento as sementes secas pelo método de sílica tanto a 10°C quanto a 20° C tiveram perda acentuada da porcentagem de água atingindo 4% comparado as sementes sem processo de secagem que permaneceram com 6% de água após o armazenamento em ambas temperaturas (Figura 4 A e B).

Após o teste de germinação, obteve-se um índice de velocidade de germinação e germinação reduzido para sementes sem secagem após o armazenamento de 22 meses a temperatura de 20° C com valores de 8,7 de IVG e 44% de germinação, quando comparados com sílica e grânulos de zeolitos com 61% de germinação em ambos os tratamentos (Figura 4 D e F). No armazenamento a 10° C destacou-se com baixa germinação com 83% as sementes que passaram pelo processo de secagem com sílica

comparada a 100% de germinação das sementes sem secagem e 97% das sementes secas com grânulos de zeolitos (Figura 4 E).

O armazenamento a 20° C após 22 meses, em ambos os tratamentos de grânulos de zeolitos, sílica e as sementes sem secagem reduziram drasticamente sua produção de mudas atingindo a média de 50% de plântulas emergidas (figura 4H) em contraste com o armazenamento a 10° C que teve uma emergência de 78%, 68% e 85% para os respectivos tratamentos (figura 4G).

Em meio ao teste de condutividade elétrica determinou índices de 38,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para sementes secas com granulos de zeolites e armazenadas por 22 meses a 10° C, sendo este considerado elevado quando comparado aos índices de sementes sem secagem 38,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e secas com sílica gel 33,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 4 I), e armazenadas a 20° C estas sementes tiveram altos índices de condutividade elétrica quando secas com sílica gel com 37,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  comparado as sementes sem secagem com 23,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$  e secas com grânulos de zeolitos 24,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$  (figura 4J) permitindo concluir que a temperatura levou a desestabilização da membrana quando estas sementes foram submetidas a diferentes tratamentos de secagem.

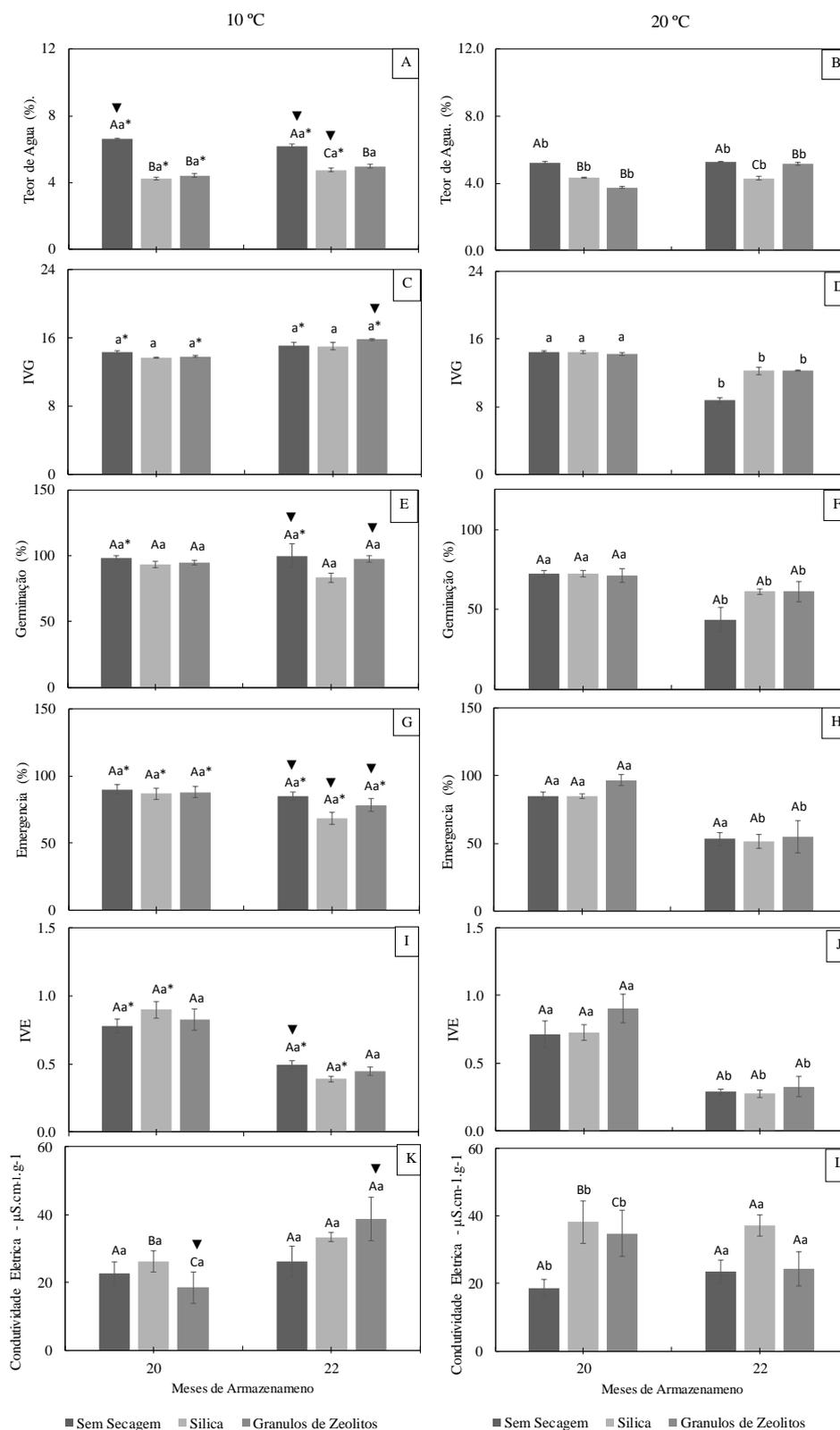


Gráfico 4. Gráfico com análise pelo teste de Tukey nas avaliações realizadas durante o armazenamento longo nos períodos de 0,20 e 22 meses com temperaturas de 10 e 20 °C, com sementes sem secagem, e secas com sílica e grânulos de zeolitos. As estatísticas seguidas com letra maiúsculas mostram a relação entre o tempo de armazenamento e o método de secagem, letras minúsculas demonstra a interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento, (\*) relação entre temperatura e método de secagem e ▼ demonstra o melhor tratamento de secagem dentro da temperatura e do tempo de secagem. Estatísticas seguidas pelas mesmas letras não diferenciaram entre si. (no teste de Tukey não se acrescentou o tempo zero).

Entre as análises de contraste realizada para análises bioquímicas foi possível observar que para proteína os tratamentos T1 (22 meses, sem secagem a 10° C) vs T7 (sem secagem); T2 (22 meses, sem secagem a 20° C) vs T7 (sem secagem); T3 (22 meses, Sílica a 10° C) vs T8 (secagem em sílica); T5 (22 meses, grânulos de zeolitos a 10° C) vs T9 (secagem em grânulos de zeolitos) e T3 (22 meses, Sílica a 10° C) vs T5 (22 meses, grânulos de zeolitos a 10° C) foram significativos (Tabela 4). Para superóxido dismutase (SOD) apenas o tratamento T1 (22 meses, sem secagem a 10° C) vs T3 (22 meses, Sílica a 10° C) foi significativo. Em relação a catalase (CAT) apenas o tratamento T1 (22 meses, sem secagem a 10° C) vs T7 (sem secagem) foi significativo.

Para Peroxidase não específica (POX) os tratamentos T3 (22 meses, Sílica a 10° C) vs T8 (secagem em sílica); T5 (22 meses, grânulos de zeolitos a 10° C) vs T9 (secagem em grânulos de zeolitos); T6 (22 meses, grânulos de zeolitos a 20° C) vs T9 (secagem em grânulos de zeolitos); T2 (22 meses, sem secagem a 20° C) vs T4 (22 meses, sílica a 20° C) e T2 (22 meses, sem secagem a 20° C) vs T6 (22 meses, grânulos de zeolitos a 20° C) foram significativos.

Tabela 4. Análise de Contraste com resultados de análises bioquímicas Proteína (PROT.), superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT), Peroxidase não específica (POX), S-transferase de glutathiona (GST), aldeído malônico (MDA), realizadas com os tempos de armazenamento de 0 e 22 meses em 10 °C e 20 °C, sem secagem e submetidas a secagem em sílica e Grânulos de zeolitos.

Contrastes	Prot.	SOD	CAT	POX	GST	MDA
T1 vs T7	0.00037 *	0.171	1617.4 *	1.329	0.003	2.058
T2 vs T7	0.00036 *	0.0003	342.557	2.564	0.024	23.299
T3 vs T8	0.00035 *	0.353	335.908	5.16 *	0.000	2.403
T5 vs T9	0.00012 *	0.077	2.124	3.69 *	0.003	2.191
T6 vs T9	0.00025	0.043	169.522	6.26 *	0.009	1.066
T1 vs T3	0.00004	0.589 *	86.586	3.259	0.000	0.728
T2 vs T4	0.00005	0.346	0.092	11.03 *	0.080	17.927
T2 vs T6	0.00002	0.012	0.740	18.82 *	0.001	2.866
T3 vs T5	0.00005 *	0.169	302.643	0.643	0.001	4.429
CV (%)	11.34	19.01	21.45	32.79	55.16	23.52

(T1 – 22 meses, sem secagem a 10° C; T2 – 22 meses, sem secagem a 20° C; T3 – 22 meses, Sílica a 10° C; T4 – 22 meses, sílica a 20° C; T5 – 22 meses, Grânulos de zeolitos a 10° C; T6 – 22 meses, Grânulos de zeolitos a 20° C; T7 – 0 meses, sem secagem; T8 – 0 meses, sílica e T9 – 0 meses, Grânulos de zeolitos). Valores de quadrado médio seguidos (\*) asteriscos tiveram seus valores significantes ( $p \leq 0,05$ ).

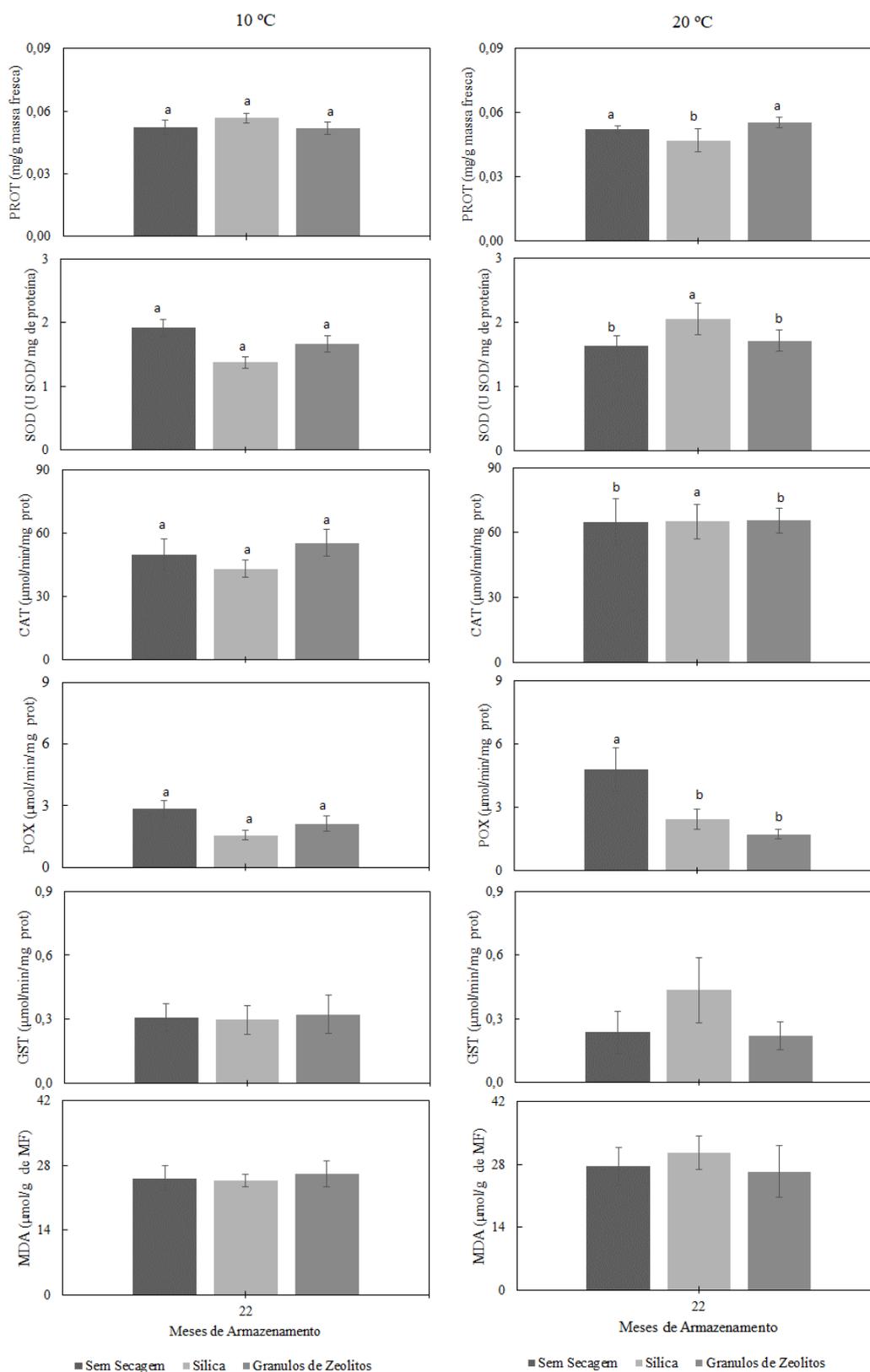


Gráfico 5. Gráfico com análise pelo teste de Tukey nas avaliações bioquímicas realizadas durante o armazenamento longo nos períodos de 0 e 22 meses com temperaturas de 10 e 20 °C, com sementes sem secagem, e secas com sílica e Grânulos de zeolitos. As estatísticas seguidas com letra maiúscula mostram a relação entre o tempo de armazenamento e o método de secagem, letras minúsculas demonstra a interação entre a temperatura e o tempo de armazenamento. Estatísticas seguidas pelas mesmas letras não diferenciaram entre si. (no teste de Tukey não se acrescentou o tempo zero).

#### 4. Discussão

Foi observado que a secagem com sílica foi mais lenta em relação a secagem utilizando Grânulos de zeolitos, o mesmo sendo observado por Delgado e Barbedo (2007) para o gênero *Eugenia* em relação a secagem por sílica e em estufa. A secagem mais rápida por Grânulos de zeolitos corresponde ao encontrado por segundo Hay et al. (2012) analisando sementes de arroz. Essa eficiência na secagem permitiu que a Germinação, Emergência, Índice de Velocidade de Emergência, Condutividade Elétrica apresentassem resultados melhores como observado na Tabela 1.

A secagem utilizando Grânulos de zeolitos, segundo Hay et al. (2012) é extremamente rápida quando associada a temperatura mais baixa, auxiliando na redução da deterioração das sementes (VIEIRA et al., 2001), tal fato pode ser observado na temperatura de 10 °C em que ocorreu melhor resultado quando comparado a temperatura de 20 °C (Figura 2).

Em relação as análises bioquímicas, foi possível observar que para proteínas (PROT) e relação com a catalase (CAT) resultados significativos foram encontrados para tratamentos sem secagem, enquanto para aldeído malônico (MDA) o resultado significativo ocorreu para a secagem utilizando Grânulos de zeolitos (Tabela 2). Os valores encontrados para MDA indicam que há maior incidência de peroxidação lipídica, aumentando assim as concentrações de MDA (XU et al., 2015) entretanto esse aumento pode causar danos celulares. E o aumento de CAT indica que está ocorrendo a remoção de moléculas de peróxido de hidrogênio (NAKANO & ASADA 1981; CAKMAK & HORST 1991; BAILLY et al., 2002).

O mesmo fato pode ser observado em armazenamento a longo prazo foi possível observar que os tratamentos sem secagem foram os que apresentaram resultados mais significativos (Tabela 3), e tais tratamentos também apresentaram valores significativos em relação a CAT (Tabela 4). Demonstrando que para tratamentos de longo prazo sem secagem, ocorre a remoção de moléculas de peróxido de hidrogênio.

Alguns tratamentos de longo prazo com secagem utilizando grânulos de zeolitos apresentaram valor significativo para Peroxidase não especifica (POX), indicando que está ocorrendo a diminuição de sua atividade, segundo Chandel et al. (2016) a redução da atividade da POX indica mau funcionamento da enzima diante do estresse, levando dessa forma a redução da germinação das sementes.

Além deste fator, alguns autores encontraram uma relação direta entre a peroxidação lipídica e condutividade elétrica, com ambos os fatores respondendo

significativamente ao estresse (AL-MASKRI et al., 2003; GOEL et al., 2003; BARRETO, 2007). Essa relação se mostra verdadeira, ao observar que os tratamentos com secagem utilizando grânulos de zeólitos possuem alta condutividade elétrica e ao mesmo tempo produção significativa de MDA, e o estresse é gerado na rapidez em que a semente perde seu teor de água.

## 5. Conclusão

Diante deste estudo foi possível concluir que as sementes de *Dipteryx Alata* Vog. obtiveram durante o armazenamento até 8 meses melhor desempenho a 10 °C em relação a produção de enzimas removedoras de radicais livres, sendo vantajoso apenas para emergência o armazenamento a 20 °C. E para questões de secagem de sementes, o método de sílica se apresentou mais aconselhável comparado aos grânulos de zeólito

Em armazenamento a longo prazo a 10 °C mostrou maior produção de enzimas removedoras de radicais livres, no entanto com melhores resultados nos testes de viabilidade quando comparados as temperaturas de 20 °C.

## 6. Referências

AL-MASKRI, A. Y.; KHAN, M. M.; KHAN, I. A.; AL-HABSI, K. Effect of accelerated ageing on viability, vigor (RGR), lipid peroxidation and leakage in carrot (*Daucus carota* L.) seeds. **Int. J. Agric. Biol.**, v. 5, n. 4, p. 580-584, 2003.

ALBUQUERQUE, E. M. DE. Avaliação da técnica de amostragem “Respondent-driven Sampling” na estimação de prevalências de Doenças Transmissíveis em populações organizadas em redes complexas. **Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca – ENSP**; Rio de Janeiro: Ministério da Saúde – Fiocruz, 2009. Dissertação de Mestrado, 99p.

ANGELOVICI, R.; GALILI, G.; FERNIE, A. R.; FAIT, A. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v.15 n.4, p.211-218, 2010.

ANDERSON; J. S. ; LALL; S. P. ; ANDERSON; D. M. ; MCNIVEN; M. A., 1995. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 138, 291-301

BAILLY C., BENAMAUR A., CORBINEAU F., COME D. 1996 Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. **Physiol. Plant.**;971(1):104–110.

- BARRETO, C.L. GARCIA, Q. S (2017) Accelerated ageing and subsequent imbibition affect seed viability and the efficiency of antioxidant system in macaw palm seeds. **Acta Physiol Plant** 39:72 DOI 10.1007/s11738-017-2367-z
- BEAUCHAMP C, FRIDOVICH I (1971) Superoxide dismutase: improved assay and an assay applicable to acrylamide gels. **Anal Biochem** 44:276–287
- BRADFORD M. M (1976) A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal Biochem** 72:248–254.
- BOUDET, J.; BUITINK, J.; HOEKSTRA, F. A.; 2006. Comparative analysis of the heat stable proteome of radicles of *Medicago truncatula* seeds during germination identifies late embryogenesis abundant proteins associated with desiccation tolerance. **Plant Physiology**, v. 140, n. 4, p. 1418-1436.
- CARVALHO, F. M. V.; MARCO JÚNIOR, P.; FERREIRA, L. G. 2009. The Cerrado intopieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v.142, p. 1392-1403.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CAKMAK I, HORST WJ (1991) Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiol Plant** 83:463–46.
- CHANDEL A, et al. (2016) Glutathione depletion activates the yeast vacuolar transient receptor potential channel, Yvc1p, by reversible glutathionylation of specific cysteines. **Mol Biol Cell** 27(24):3913-3925.
- CHANCE B, MAEHLY AC (1955) Assay of catalase and peroxidase. In: Colowick SP, Kaplan NO (eds) *Methods in enzymology*. **Academic Press**, New York, pp 764–775
- DANTAS, B.F.; CORREIA, J.S.; MARINHO, L.B.; ARAGÃO, C.A. 2008. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.221-227.
- DEL LONGO, O.T.; GONZÁLES, C.A.; PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. 1993. Antioxidant defenses under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in eaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant Cell Physiology**, v.34, p.1023-1028.
- DELGADO, L. F.; BARBEDO, C. J. 2007. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 265-272.
- FERREIRA, D. F. 2000. **Sistema de análise estatística - SISVAR**. Lavras: UFLA,
- GIANNOPOLITIS CN, Ries SK (1977) Superoxide dismutases. **Plant Physiol** 59:309–314
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. 2004. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 603-608.
- GOEL, V.; DOLAN, R. J. 2004. Differential involvement of left prefrontal cortex in inductive and deductive reasoning. **Cognition**, v. 93, n. 3, p. B109-B121.

HAY, F. R.; THAVONG, P.; TARIDNO, P.; TIMPLE, S. Evaluation of zeolite seed'Drying Beads®'for drying rice seeds to low moisture content prior to long-term storage. **Seed Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 374-395, 2012.

HABIG WH, PABST MJ, JAKOBY WB. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. **J Biol Chem**. 1974 Nov 25;249 (22): 7130-9.

HEATH RL, PACKER L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry and Biophysics** 125,189–198.

HU D, MA G, WANG Q *et al* (2012) Spatial and temporal nature of reactive oxygen species production and programmed cell death in elm (*Ulmus pumila* L.) seeds during controlled deterioration. **Plant, Cell Environ** 35:2045–2059

MARCOS-FILHO, J. 2015. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina: ABRATES, p.659.

MOORE, J.P., LE, N.T., BRANDT, W.F., DRIOUICH, A. & FARRANT, J.M. Towards a systems based understanding of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science, London**, v. 14, p.110-117, 2009.

NAKANO, Y.; ASADA, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880.

OLIVEIRA, A. N.; SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; RODRIGUES, E. A. C. Variações Genéticas Para Características do Sistema Radicular de Mudanças de Baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.905-909, 2009.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F.M.; RODRIGUES, S. 2008. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 17-26.

SAMARAH, N. H.; AL-MAHASNEH, M. M.; GHOSHEH, H. Z.; ALQUDAH, A. M.; TURK, M. The influence of drying methods on the acquisition of seed desiccation tolerance and the maintenance of vigour in Wheat (*Triticum durum*). **Seed Science and Technology**, v.38, p.193-208, 2009.

SOARES T.N., CHAVES LJ, TELLES MPC, DINIZ FILHO JAF, RESENDE LV (2008). Distribuição espacial da variabilidade genética intrapopulacional de *Dipteryx alata*. **Pesq. Agro. bras.** 43 (9): 1151-1158.

SURUCHI KHANNA P (2011). Assessment of heavy metal contamination in diferente vegetables grown in and around urban areas. **Res. J. Environ. Toxicol.** 5(3):162-179.

VIEIRA, R. F.; AGOSTINE-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R. Frutas nativas da região centro-oeste do Brasil. **Embrapa**, DF. 1ª Ed, 2010.

VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; PEQUENO, P. L. de L.; LOCATELLI, M.; SOUZA, M. G. de. Técnicas de produção de sementes florestais. **Porto Velho: Embrapa**, CT 205, p.1-4, 2001.

YILI, A.; AISA, H. A.; MARKSIMOV, V. V.; VESHKUROVA, O. N.; SALIKHOV, S. I. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil From Seeds of *Aethum graveolens* Growing im Uzbekistan. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 45, n. 2, p. 280-281, 2009.