

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Jonas Janner Hamann

**DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE RECEPTIVIDADE DO
ESTIGMA E LIBERAÇÃO DE PÓLEN EM CULTIVARES DE
NOGUEIRA-PECÃ (*Carya illinoensis* K) CULTIVADAS EM
CACHOEIRA DO SUL E SANTA MARIA (RS)**

Santa Maria, RS.

Jonas Janner Hamann

**DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE RECEPTIVIDADE DO ESTIGMA E
LIBERAÇÃO DE PÓLEN EM CULTIVARES DE NOGUEIRA-PECÃ (*Carya
illinoensis* K.) CULTIVADAS EM CACHOEIRA DO SUL E SANTA MARIA (RS)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração de Fisiologia e Manejo de Culturas Agrícolas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Auri Brackmann

Santa Maria, RS, Brasil.

2018

Hamann, Jonas Janner

Determinação do período de receptividade do estigma e liberação de pólen em cultivares de noqueira-pecã (*Carya illinoensis* K.) cultivadas em Cachoeira do Sul e Santa Maria (RS) / Jonas Janner Hamann.- 2018.

54 p.; 30 cm

Orientador: Auri Brackmann

Coorientador: Arno Bernardo Heldwein

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Agronomia, RS, 2018

1. Nogueira-pecã 2. Polinização I. Brackmann, Auri
II. Bernardo Heldwein, Arno III. Título.

Jonas Janner Hamann

**DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE RECEPTIVIDADE DO ESTIGMA E
LIBERAÇÃO DE PÓLEN EM CULTIVARES DE NOGUEIRA-PECÃ (*Carya
illinoensis* K.) CULTIVADAS EM CACHOEIRA DO SUL E SANTA MARIA (RS)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração de Fisiologia e Manejo de Culturas Agrícolas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Aprovado em 06 de agosto de 2018:

Auri Brackmann, Dr. (UFSM)

(Presidente/Orientador)

Vanderlei Both, Dr. (UFSM)

Adriano Saquet, Dr. (IF Farroupilha)

Santa Maria, RS, Brasil.

2018

DEDICATÓRIA

À minha mãe pelo apoio incondicional, amor, educação e carinho durante toda a minha vida.
Ao meu irmão Paulo Janner Hamann, pelos exemplos de dedicação, honra e generosidade,
cuja pessoa me serve de inspiração diária. À minha namorada Mykelen pelo amor, ajuda,
compreensão e paciência nesta jornada.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar este estudo.

Ao professor Dr. Auri Brackmann pela orientação e ensinamentos extremamente valiosos.

Aos integrantes da banca examinadora pela paciência em realizar a correção da dissertação e sugestões de melhorias.

Ao Eng^o. Agrícola, Jorge Porto e a Empresa Paralelo 30 pela generosidade em disponibilizar o pomar para a realização da pesquisa.

A todos os familiares e amigos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE RECEPTIVIDADE DO ESTIGMA E LIBERAÇÃO DE PÓLEN EM CULTIVARES DE NOGUEIRA-PECÃ (*Carya illinoensis* K.) CULTIVADAS EM CACHOEIRA DO SUL E SANTA MARIA (RS)

AUTOR: Jonas Janner Hamann
ORIENTADOR: Auri Brackmann

A noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) é uma planta cultivada comercialmente nos EUA, México, Austrália, África do Sul, Argentina, Uruguai e Brasil. Esta é uma espécie que possui dicogamia, fenômeno biológico onde a inflorescência estaminada amadurece em período diferente da inflorescência pistilada, o que naturalmente reduz a ocorrência da autopolinização. A dicogamia torna necessário o plantio de cultivares polinizadoras em um pomar comercial de pecã. No Brasil a única pesquisa sobre o período de florescimento da noqueira-pecã foi realizado a mais de três décadas, mas em cultivares que, na sua maioria, hoje não são mais cultivadas comercialmente. Com o aumento constante da área cultivada com pecã a determinação do período de receptividade do estigma e liberação de pólen é de fundamental importância para uma alta polinização e produtividade de nozes. Foi determinado o período de polinização de dez cultivares de noqueira-pecã cultivadas comercialmente no RS, nos anos de 2016 e 2017, nos municípios de Cachoeira do Sul e Santa Maria. Os resultados mostraram que há diferença neste período do florescimento na maioria das cultivares nestes dois anos e locais. Em 2017, quando a temperatura no mês de setembro foi mais elevada em ambos os locais (Cachoeira do Sul e Santa Maria), houve antecipação na liberação de pólen e receptividade do estigma, porém a cv. Barton, principal cultivar plantada atualmente, manteve praticamente o mesmo comportamento nos pomares localizados em Cachoeira do Sul e Santa Maria, em ambos os anos. Pode-se concluir que a atual recomendação de cvs. polinizadoras elaborada por viveiristas e técnicos ligados à pecanicultura brasileira deve ser revista para a cv. principal Barton. As cultivares Cape Fear, Chickasaw, Desirable e Success não polinizaram a cv. Barton em nenhum dos dois anos em Cachoeira do Sul e as cultivares Cape Fear e Chickasaw não polinizaram a cv. Barton em nenhum dos dois anos em Santa Maria.

Palavras-chave: Polinização. Pecan. Nozes.

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE STIGMA RECEPTIVITY PERIOD AND POLLEN RELEASE IN CULTIVARES OF NOGUEIRA-PECAN (*Carya illinoensis* K.) CULTIVATED IN CACHOEIRA DO SUL AND SANTA MARIA (RS)

AUTHOR: Jonas Janner Hamann

ADVEISER: Auri Brackmann

Pecan (*Carya illinoensis*) is commercially cultivated in USA, México, Australia, South Africa, Argentina, Uruguay and Brazil. This is a species that has dichogamy, a sort of biological phenomenon where the staminate inflorescence matures in a different period than the pistillate inflorescence which naturally reduces the occurrence of self-pollinization. Dichogamy makes it necessary to plant pollinating cultivars in a commercial pecã orchard. In Brazil, the only research on the flowering period of pecã was carried out for more than three decades, but the most of these cultivars are not longer grown commercially. With the constant increase of the area cultivated with pecã the determination of the receptivity period of the stigma and release of pollen has fundamental importance for a high pollination and productivity of nuts. The pollination period of ten pecã cultivars grown commercially in RS, Brazil in the years 2016 and 2017, was determined in Cachoeira do Sul and Santa Maria. The results showed that there are differences in its flowering periods between the two years and sites. In 2017, when the temperature in September was higher in both municipalities (Cachoeira do Sul and Santa Maria), there was a anticipation in the release of pollen and receptivity of the stigma of the most cultivars, but cv. Barton maintained practically the same behavior in the orchard located in Cachoeira do Sul and Santa Maria, in both years. It can be concluded that the current recommendation of cultivar for pollinization elaborated by nurseries and the technicians related to brazilian pecã industry should be renewed for the principal cv. Barton. The cultivars Cape Fear, Chickasaw, Desirable and Success did not pollinate cv. Barton in the two years in Cachoeira do Sul and the cultivars Cape Fear and Chickasaw did not pollinate the cv. Barton in neither of the two years in Santa Maria.

Keywords: Pollination. Pecan. Nuts

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de polinização para cultivares de noqueira-pecã avaliadas no município de Cachoeira do Sul (RS) no ano de 2016.	40
Gráfico 2 - Gráfico de polinização para cultivares de noqueira-pecã avaliadas no município de Cachoeira do Sul (RS) no ano de 2017.	41
Gráfico 3 - Gráfico de polinização para cultivares de noqueira-pecã avaliadas no município de Santa Maria (RS) no ano de 2016.....	45
Gráfico 4 - Gráfico de polinização para cultivares de noqueira-pecã avaliadas no município de Santa Maria (RS) no ano de 2017.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (A) Noz-pecã. (B) Amendoim. (C) Amêndoa. (D) Avelã. (E) Castanha-do-Pará. (F) Castanha-de -caju. (G) Macadâmia. (H) Noz-européia. (I) Pistache.....	21
Figura 2 - Ocorrência natural de <i>Carya illinoensis</i> nos EUA.	23
Figura 3 – (A) Amentos em grupo de três. (B) Amento central em detalhe. (C) Flores ligadas ao ráquis. (D) Flor em detalhe com suas anteras. (E) Antera em detalhe e em corte transversal. (F) Grãos de pólen. (G) Amentos em diferentes estágios/coloração. (H) Amentos de uma cultivar protândrica. (I) Amentos de uma cultivar protogínica.	26
Figura 4 – (A) Inflorescência pistilada. (B) Detalhe das flores. (C) Estigma bilobado. (D) Brácteas. (E) Flores de diferentes cultivares, com colorações distintas.....	28
Figura 5 - Escala utilizada para determinação da liberação de pólen em amentos de cultivares de noqueira-pecã.....	36
Figura 6 - Escala utilizada para determinação do período de receptividade do estigma em cultivares de noqueira-pecã.	37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Preço médio pago pela noz-pecã em casca por empresas do Rio Grande do Sul (Brasil) nos entre os anos de 2008 a 2017.....20
- Tabela 2 – Determinação do tipo de dicogamia de dez cultivares de noqueira-pecã cultivadas em Cachoeira do Sul (RS) e Santa Maria (RS) nos anos de 2016 e 2017..... 38
- Tabela 3 – Duração do período de receptividade o estigma e liberação do pólen para cultivares de noqueira-pecã avaliadas em Cachoeira do Sul e Santa Maria nos anos de 2016 e 2017.....48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	13
1.1 HIPÓTESES	15
1.2 OBJETIVOS	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 NOMENCLATURA	17
2.2 CULTIVO EM OUTROS PAÍSES.....	18
2.3 CULTIVO NO BRASIL	19
2.4 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA	20
2.5 ORIGEM DA ESPÉCIE	22
2.6 EVOLUÇÃO COMO CULTURA.....	23
2.7 DESCRIÇÃO BOTÂNICA/MORFOLOGIA	23
2.8 POLINIZAÇÃO.....	29
2.8.1 dicogamia	29
2.9 EXIGÊNCIAS EDÁFICAS	31
2.10 EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS	32
2.11 CULTIVARES.....	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1 LOCAL.....	34
3.2 PERÍODO.....	34
3.3 TRATAMENTOS	34
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	35
3.5 DETERMINAÇÕES	35
3.5.1 Liberação do pólen	35
3.5.2 Receptividade do estigma.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 DICOGAMIA DAS CULTIVARES	38
4.2 GRÁFICO DE POLINIZAÇÃO (CACHOEIRA DO SUL)	39
4.3 GRÁFICO DE POLINIZAÇÃO (SANTA MARIA)	44
4.4 DURAÇÃO DO PERÍODO.....	47
5 CONCLUSÕES	50
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A noqueira-pecã (*Carya illinoensis* K.) é cultivada comercialmente em algumas regiões da América do Norte objetivando a produção de nozes, destinadas ao consumo *in natura* ou como ingrediente em barras energéticas e de chocolate (WAKELING et al., 2001). Também é cultivada comercialmente no Brasil (FRONZA et al., 2018; MARTINS et al., 2017), Argentina (FASIOLO; ZOPPOLO, 2014), Uruguai (FASIOLO; ZOPPOLO, 2014), Austrália (BILHARVA et al., 2018), África do Sul (INC, 2017) e China (ZHANG et al., 2015).

Esta planta pode iniciar a produção de nozes já no primeiro ano, excepcionalmente, logo após a enxertia, quando a gema utilizada na propagação é madura, diferenciada e oriunda de uma planta adulta. Também pode produzir a partir do segundo, terceiro, ou quarto ano, mas a quantidade é ínfima, não podendo ser considerada com potencial econômico. Vázquez e López (2016) relatam que a noqueira-pecã inicia sua produção a partir do sexto ano e pode estender-se por até 200 anos.

Os principais países produtores de noz-pecã são EUA e o México (INC, 2018). Os principais países exportadores de noz-pecã na safra de 2016/2017 (SAGARPA, 2017): EUA México, Chile, França, Ucrânia, Moldavia, Hong Kong, Uzbequistão, Alemanha, Países Baixos. As importações mundiais de noz-pecã aumentaram 112,68% na última década (SAGARPA, 2017). Os principais países compradores de noz-pecã no mundo, na safra 2016-2017 foram: Turquia, Vietnã, Itália, Alemanha, Espanha, Hong Kong, China, entre outros.

Para o ano de 2030 estima-se um aumento na demanda mundial por noz-pecã de aproximadamente 822.620 t (um acréscimo acumulado de 40,61%) (SAGARPA, 2017). O México, segundo maior produtor mundial de noz-pecã, conseguirá atender apenas 18% a 23% (SAGARPA, 2017), o restante poderá ser fornecido por países como EUA, Brasil, Argentina, Austrália e África do Sul.

Na América do Sul a Argentina possui 6.000 ha, dos quais 1.500 ha encontram-se em plena produção. Na região de Ica (Peru) há cerca de 3.000 ha e o Uruguai conta com uma área de aproximadamente 600 ha. No Brasil, a área cultivada com noqueira-pecã está em torno de 10.000 ha. No país, no ano de 2010 a área colhida foi de 2.473 ha, no ano de 2016 a área colhida foi de 3.490 ha, um acréscimo de 29,1% em apenas seis anos.

A crescente e constante ampliação da área cultivada com noqueira-pecã no Brasil estimulou o surgimento de novos viveiros no Estado do Rio Grande do Sul. No ano de 2016, apenas um dos viveiros comercializou 50.000 mudas e o mesmo possui uma demanda de 70.000 mudas para o ano de 2017/2018, o que demonstra a expressividade econômica da cultura no

Estado do RS e SC. As cultivares propagadas comercialmente pelos viveiristas brasileiros foram importadas dos EUA e registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), onde constam 41 cultivares (RNC, 2018). Apesar do grande número de cultivares, apenas as seguintes são multiplicadas comercialmente no Brasil: Barton, Cape Fear, Chickasaw, Choctaw, Desirable, Elliott, Farley, Gloria Grande, Imperial, Importada, Jackson, Mahan, Melhorada, Mohawk, Moneymaker, Shawnee, Shoshoni e Stuart, em função de sua maior adaptação às condições edafoclimáticas do sul do país e maior tolerância ao ataque de pragas e doenças comuns nesta região de cultivo, disponibilidade de material genético e índice de sucesso no processo de propagação (taxa de “pegamento” na enxertia). Conforme a lei Nº 9.456 de 25 de abril de 1997 é necessário que no momento do registro da cultivar seja apresentado um relatório com os descritores morfológicos da cultivar como a época de floração da cultivar para a região onde foi realizado o ensaio, porém, não há nenhuma informação técnica desta natureza para consulta no portal eletrônico do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O cultivo da noqueira-pecã demanda uma série de conhecimentos técnicos para realização do planejamento e execução da implantação de pomares. Nesta cultura há uma especificidade grande relacionada à polinização, uma vez que a noqueira-pecã é uma planta monóica e que apresenta dicogamia, é necessário que haja no pomar cultivares polinizadoras para que estas ofertem pólen no período em que o estigma da cv. principal está receptivo. Para esta espécie, há dois tipos de dicogamia, protândria e protoginía (STUCHEY, 1916). Nas cultivares protândricas as inflorescências estaminadas tornam-se viáveis antes das inflorescências pistiladas. Já nas cultivares protogínicas as inflorescências pistiladas ficam viáveis antes das inflorescências estaminadas. É importante ressaltar que erroneamente tem-se considerado como cvs. polinizadoras aquelas com comportamento protândrico e cv. principal aquelas cvs. protogínicas. O que determinará se a cv. é “principal” ou “polinizadora” é sua percentagem no pomar, sendo a cv. principal a de maior representatividade numérica na área. A planta desenvolveu esse mecanismo para evitar a autofecundação, fenômeno indesejado porque ocorre endogamia, cujas nozes oriundas da autopolinização tornam-se menores, com a casca mais espessa e comumente apresentam menor rendimento de amêndoa (THOMPSON; BROWN, 1981), redução de até 70% na produção (ROHLA, 2016), por consequência, causando prejuízos econômicos em cultivos comerciais.

Além dos prejuízos causados pela autofecundação citados anteriormente, Sparks (1992) constatou que a deficiência na polinização pode levar a uma redução de até 30% na produtividade. Um dos principais fatores que pode causar polinização inadequada nesta cultura

está relacionado à escolha de cultivares polinizadoras que não terão seu período de liberação de pólen coincidente com o período de receptividade do estigma da cultivar principal. Essa informação, do período de receptividade do estigma e liberação de pólen é encontrado em gráficos de polinização, porém no Brasil, o único estudo realizado sobre o assunto até o momento desenvolveu-se por Barachuy (1980 apud FRONZA et al., 2018), porém, das 19 cultivares avaliadas na década de 80, os viveiristas propagam apenas cinco destas cultivares porque após décadas, novas cultivares foram introduzidas no cenário nacional. O estudo de Barachuy encontra-se desatualizado porque as cultivares avaliadas quase que na totalidade foram substituídas por outras e também ocorre pequenas variação nas condições climáticas, podendo influenciar o período de receptividade do estigma e liberação de pólen das cultivares.

Dados os pressupostos, diante de um cenário onde a implantação de pomares de noqueira-pecã tem crescido cerca de 1.000 hectares anualmente desde 2015, a avaliação do período de liberação de pólen e receptividade do estigma de cultivares de pecã que vêm sendo implantadas torna-se indispensável, haja visto que há contínua expansão da área cultivada anualmente e o estudo conduzido em 1980 por Barachuy necessita ser ampliado pois houve introdução de novas cultivares no país. Esta pesquisa propõe a avaliação do período de receptividade do estigma e liberação de pólen de diferentes cultivares de noqueira-pecã implantadas em dois municípios do RS, Cachoeira do Sul e Santa Maria, por dois anos consecutivos, a fim de gerar gráficos de polinização que possibilitem a escolha de cultivares polinizadoras nos pomares que serão implantados no país nas próximas décadas.

1.1 HIPÓTESES

As cultivares de noqueira-pecã avaliadas possuem diferentes tipos de dicogamia.

Há diferença no período de liberação de pólen e receptividade do estigma das cultivares entre diferentes anos e locais.

1.2 OBJETIVOS

Averiguar o tipo de dicogamia de *C. illinoensis* cultivares Barton, Cape Fear, Chickasaw, Desirable, Imperial, Importada, Jackson, Melhorada, Shawnee e Success.

Avaliar o período de liberação do pólen e de receptividade do estigma das cultivares de noqueira-pecã, visando uma recomendação para combinação de diferentes cultivares que proporcionem uma satisfatória polinização cruzada.

Identificar a diferença de período entre a receptividade do estigma e de liberação do pólen em cultivares de noqueira-pecã em diferentes locais e anos.

Elaborar um gráfico de floração para as cultivares Barton, Cape Fear, Chickasaw, Imperial, Importada e Shawnee no pomar localizado em Santa Maria (RS) e as cultivares Barton, Cape Fear, Chickasaw, Desirable, Imperial, Importada, Jackson, Melhorada, Shawnee e Success em um pomar em Cachoeira do Sul (RS).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento de qualquer pesquisa científica, Pereira (2017) afirma que é necessário construir um embasamento teórico-conceitual a fim de permitir a elaboração da revisão da literatura que objetiva o progresso intelectual sobre o estado da arte a despeito do assunto em pauta. Torna-se pertinente apresentar informações tecnicamente específicas sobre a cultura da noqueira-pecã e posteriormente aprofundar-se no objeto da pesquisa (período de receptividade do estigma e liberação de pólen de cultivares de noqueira-pecã). A seleção criteriosa da literatura pertinente ao conteúdo aqui pesquisado permite apresentar os principais avanços científicos deste tema no cenário nacional e internacional.

2.1 NOMENCLATURA

A palavra “pecan” possui apenas esta grafia na língua inglesa, porém, há uma variedade de pronúncias neste idioma (*Puh-kaan* na região Oeste do país e *Pee-can* na região Sudeste). Originada da palavra *Algonquian*¹ “*Pakan*”, numa livre tradução: “noz que requer uma pedra para quebrar” (WELLS, 2017). Para os nativos americanos *Pakan* era utilizado não somente para identificação da noqueira-pecã (*Carya*² *illinoensis*) mas também para referir-se a noz-européia ou noz-chilena (*Juglans regia*). No Brasil há duas grafias utilizadas para o nome comum, “noqueira-pecã e “noqueira-pecã”, todavia, em ambas é necessário o uso do hífen, conforme o novo acordo ortográfico da língua portuguesa, definindo que para a distinção de espécies botânicas, torna-se necessário o uso deste recurso.

O primeiro nome científico conferido à noqueira-pecã foi elaborado por Richard Weston, em 1775, *Juglans illinea* (STUCKEY; KYLE, 1925). Posteriormente, Humphrey Marshall em 1785 alterou a nomenclatura para *Juglans pecan*, porém, em 1787 Julios Von Wangenheim renomeou a espécie como *Juglans illinoensis*, denominação esta adotada por alguns anos (STUCKEY; KYLE, 1925). No decorrer da década de 1790 o botânico Karl Koch realizou estudos e transferiu a espécie em questão do gênero *Juglans* para gênero *Carya* e alterando o nome *illinoensis* para *illinoensis* (STUCKEY; KYLE, 1925). Essa mudança é atribuída como um erro de grafia do botânico (WELLS, 2017). Em 1985 o *Crop Advisory*

¹ É um termo geral linguístico/antropológico usado para se referir não só a tribo nativa americana *Algonquin*, mas a dezenas de outras tribos distintas que falam línguas que estão relacionadas entre si.

² A palavra *Carya* tem origem no idioma grego, derivado da palavra *Karya*, cujo significado é “árvore de nozes”, criada em 1818 por Thomas Nuttall com o propósito de diferenciar plantas de *Pecan* de plantas de *Walnut*.

Committee for Pecans and Hickories edita um manual onde há a recomendação para utilização da grafia *C. illinoensis*. Em 1986 submete-se ao *Standing Committee for Stabilization of Nomenclature*, no *XIVth International Botanical Congress*, em Berlin (Alemanha) a sugestão de grafia *Carya illinoensis* (Wangenheim) K. Koch, cuja proposta foi rejeitada (WELLS, 2017). Finalmente, em 1988 o *Standing Committee for Stabilization of Nomenclature* comunica a comunidade científica através do *National Pecan Research-Extension Meeting (New Orleans, Jan)* a grafia científica correta para a espécie: *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch (GRAUKE, 1991), oficialmente utilizada na literatura científica até o presente ano.

2.2 CULTIVO EM OUTROS PAÍSES

Na safra 2016/2017, a produção mundial de noz-pecã foi de 118,2 mil toneladas, nível similar ao de 2015/2016 (INC 2017). O México e os EUA são os maiores produtores mundiais. Em 2016/17, o total foi de, respectivamente; representando 94% da participação mundial (INC, 2017). O restante da produção mundial foi produzido pela África do Sul e Austrália, que juntas representaram 5% da produção (INC, 2017).

Os principais exportadores de noz-pecã são o México e os EUA, juntos somam 98% das exportações mundiais de noz-pecã. Austrália e África do Sul representaram os restantes 2% (INC, 2017). O México foi o maior exportador em 2015, destinando a maior parte de sua produção aos EUA (INC, 2017). Cerca de 97,1% dos pomares são mecanizados, 83,8% possuem programas de manejo fitossanitário e 84,6% da área conta com assistência técnica. Por outro lado, 4,17% da produção foi realizada utilizando-se irrigação com bombeamento, 3,76% com irrigação por gravidade e 91,49% não possuem especificado o sistema de irrigação utilizada. Neste país, os seguintes estados apresentaram algum nível de produção de noz-pecã na safra de 2015/2016: Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango, Nuevo Leon. Os principais destinos das exportações dos EUA foram o Canadá (26%), os Países Baixos (17%) e o Reino Unido (15%) (INC, 2017).

É importante informar que nos EUA há dois tipos de pomares de nozeira-pecã. *Pecan native* (pecã nativa), são pomares que se desenvolveram de forma natural ou até mesmo implantadas pelo homem, cujas plantas são exclusivamente oriundas de sementes. *Improved pecan* (pecã melhorada) são pomares implantados com mudas enxertadas com cultivares melhoradas geneticamente, selecionando-se cultivares resistentes à sarna (*Venturia effusa* ou *Fusicladium effusum*) e com alto rendimento de amêndoa (superior a 50%) (GRAUKE et al., 2016). Normalmente o preço médio pago por pecã melhorada são superiores ao preço de pecã

nativa porque possuem melhor qualidade, maior rendimento de amêndoa e maior quantidade produzida (BLAYNEY et al., 2017). Durante o período 2013-2015 as nozes melhoradas representaram cerca de 86% dessa produção. Nas condições climáticas daquele país, a noqueira-pecã requer um período de 205 a 233 dias sem ocorrência de geadas para que as nozes venham a maturar. Nos EUA, os seguintes estados apresentaram algum nível de produção de noz-pecã na safra de 2015/2016: Alabama, Arizona, Califórnia, Geórgia, Louisiana, Novo México, Oklahoma, Texas (USDA, 2018).

2.3 CULTIVO NO BRASIL

A história da noqueira-pecã no Brasil iniciou com os imigrantes norte-americanos (confederados que participaram da Guerra da Secessão), em 1865, que migraram ao país porque o Imperador D. Pedro II tinha interesse em expandir o cultivo de algodão, uma vez que estes imigrantes já produziam algodão nos EUA (WELLS, 2017). O Imperador brasileiro ofereceu aos confederados oportunidade de compra de terras a um preço atrativo, concessão de terras, incentivos fiscais e passagem gratuita até o país (WELLS, 2017). Entre os anos de 1865 e 1875, cerca de 2.000 a 4.000 sulistas norte-americanos migraram para o Brasil, introduzindo além do algodão, a cultura da melancia (*Citrullus lanatus*), pessegueiro (*Prunus persica*) e noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) (WELLS, 2017). Neste período várias colônias foram estabelecidas, mas a maior e mais bem-sucedida localizava-se distante 130 km da cidade de Santa Bárbara (SP), recebendo o nome de Vila Americana, posteriormente, chamada de Americana.

O maior pomar de noqueira-pecã do Brasil até o ano de 2018 foi implantado em 1968, no município de Cachoeira do Sul, RS (coordenadas geográficas: -30.206088, -52.854288), cujo proprietário na época era o empresário Geraldo Linck (1927-1998). Linck conheceu a cultura em suas viagens particulares aos Estados Unidos, de onde importou as primeiras mudas. Na elaboração do projeto houve a contribuição do Dr. Harry Amling (*Auburn University*). Originalmente o espaçamento de plantio utilizado foi de 9m x 9m, tendo sido implantado mais de 30 cultivares, incluindo *Desirable*, *Cape Fear*, *Elliot*, *Barton*, *Shoshoni*, *Chickasaw*, *Shawnee*, *Western Schley* e *Wichita*. Este pomar pertenceu a família Linck até o ano de 2006. Atualmente este ainda é considerado o maior pomar comercial de noqueira-pecã do Brasil, pertencente a Pecanita Alimentos, totalizando mais de 650 hectares (180 ha são irrigados), com previsão de implantação de mais 75 ha até final de 2018. A primeira exportação brasileira de noz-pecã foi realizada pela empresa Pecanita em 2007, sendo exportado 100 toneladas à China.

Em fevereiro de 2018 esta mesma empresa consolidou um contrato de venda de nozes para os Emirados Árabes.

Na safra de 2016/2017, que iniciou em março e estendeu-se até o mês de maio, o Brasil (RS, PR e SP) produziu 5.453 t (IBGE, 2018). O Rio Grande do Sul responsável por 41,48% da produção nacional, com 2.135 ha destinados à colheita (IBGE, 2018). Em relação à área colhida no Brasil no ano de 2010 esta foi de 2.473 ha, já em 2016 houve uma ampliação para 3.490 ha (IBGE, 2018). Associado ao aumento da área colhida no Brasil, o preço pago pela noz-pecã em casca também sofreu significativo acréscimo. Na referida safra o preço pago pela noz-pecã em casca variou de R\$ 9,00 a 15,00, sendo a qualidade das nozes (teor de umidade da amêndoa e rendimento de amêndoa) critério para determinação do preço pago pela indústria. Atualmente são mais de 10 empresas que compram a noz-pecã em casca no estado. O preço médio praticado pelas principais empresas que compram noz-pecã no RS é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Preço médio pago pela noz-pecã em casca por empresas do Rio Grande do Sul (Brasil) nos entre os anos de 2008 a 2017.

ANO	R\$/kg	U\$\$ (dólar)	PREÇO ANUAL MÉDIO DO DÓLAR
2008	6,00	3,270	1,835
2009	5,00	2,504	1,997
2010	6,00	3,409	1,76
2011	6,00	3,582	1,675
2012	4,50	2,302	1,955
2013	7,00	3,244	2,158
2014	8,00	3,400	2,353
2015	18,00	5,404	3,331
2016	13,00	3,726	3,489
2017	12,00	3,758	3,193

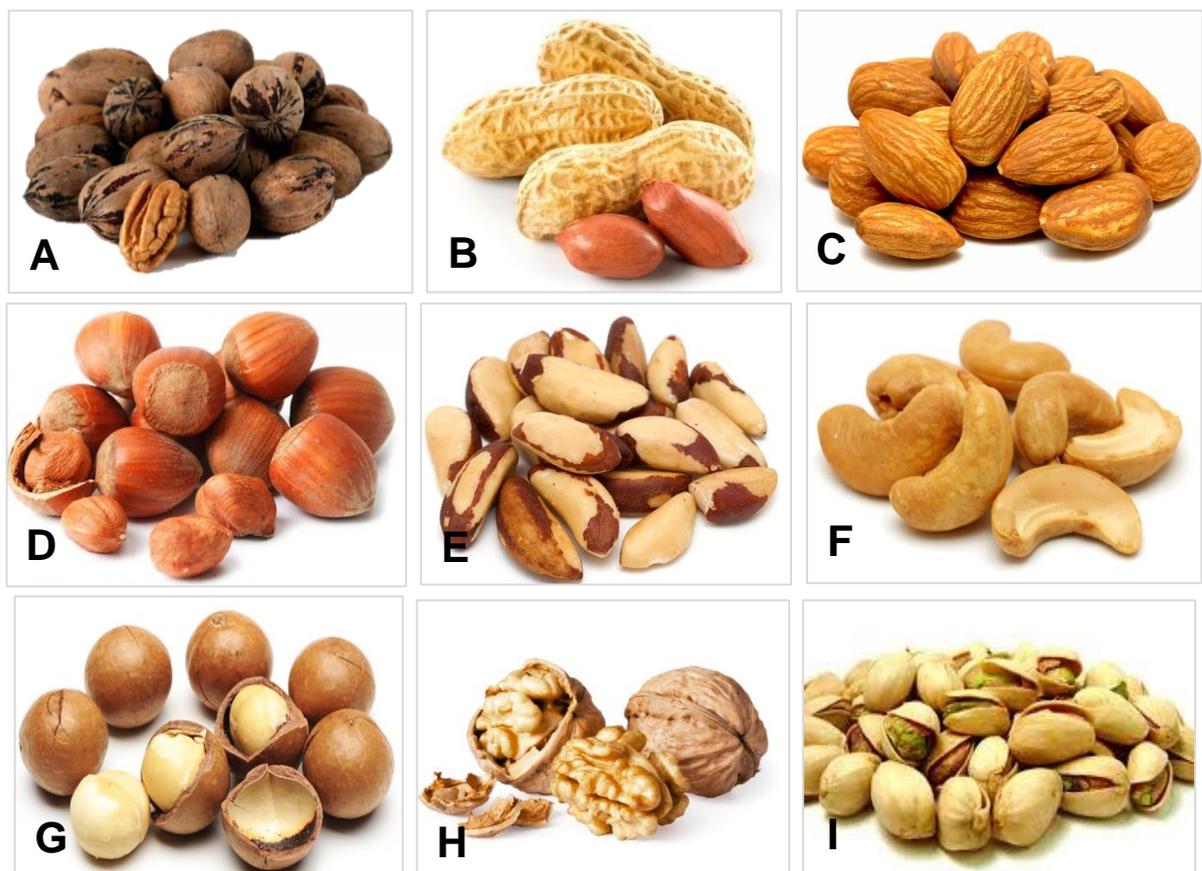
Fonte: Autor

2.4 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

A noqueira-pecã pertence ao Reino: Plantae; Subreino: Tracheobionta (plantas vasculares); Superdivisão: Spermatophyta (plantas com sementes); Divisão: Magnoliophyta

(plantas com floração); Classe: Magnoliopsida (dicotiledôneas); Subclasse: Mamamelididade; Ordem: Juglandales; Família: *Juglandaceae*; Gênero: *Carya*; Espécie: *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. A noz-pecã (Figura 1A) é classificada como um fruto seco, também fazem parte desse grupo o amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (Figura 1B), amêndoa (*Prunus dulcis*) (Figura 1C), avelã (*Corylus avellana*) (Figura 1D), castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) (Figura 1E), Castanha-de-cajú (*Anacardium occidentale* L.) (Figura 1F), macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) (Figura 1G), noz-européia (*Juglans regia* L.) (Figura 1H) e pistache (*Pistacia vera* L.) (Figura 1I).

Figura 1 – Exemplo de alguns frutos secos disponíveis nos supermercados do Brasil: (A) Noz-pecã. (B) Amendoim. (C) Amêndoa. (D) Avelã. (E) Castanha-do-Pará. (F) Castanha-de -cajú. (G) Macadâmia. (H) Noz-européia. (I) Pistache.



Fonte: Autor

A *C. illinoensis* pertence à família botânica *Juglandaceae*, conhecida como “a família das nozes”, composta por oito gêneros (*Alfaroa*, *Carya*, *Cyclocarya*, *Engelhardtia*, *Juglans*, *Oreomunnea*, *Platycarya* e *Pterocarya*), mas alguns taxonomistas indicam sete

gêneros e outros nove (WELLS, 2017). Já gênero *Carya* compreende mais de 20 espécies, das quais treze são nativas dos EUA, sendo a noqueira-pecã a única espécie com importância econômica a nível mundial. Este gênero surgiu há cerca de 34 milhões de anos, onde era comum em toda a Ásia, Europa e América do Norte (WILLIAMS, 2013). Cerca de 2 milhões de anos atrás, o gênero *Carya* desapareceu da Europa, supostamente devido à glaciação, mas indivíduos desta espécie sobreviveram na América do Norte (WILLIAMS, 2013).

2.5 ORIGEM DA ESPÉCIE

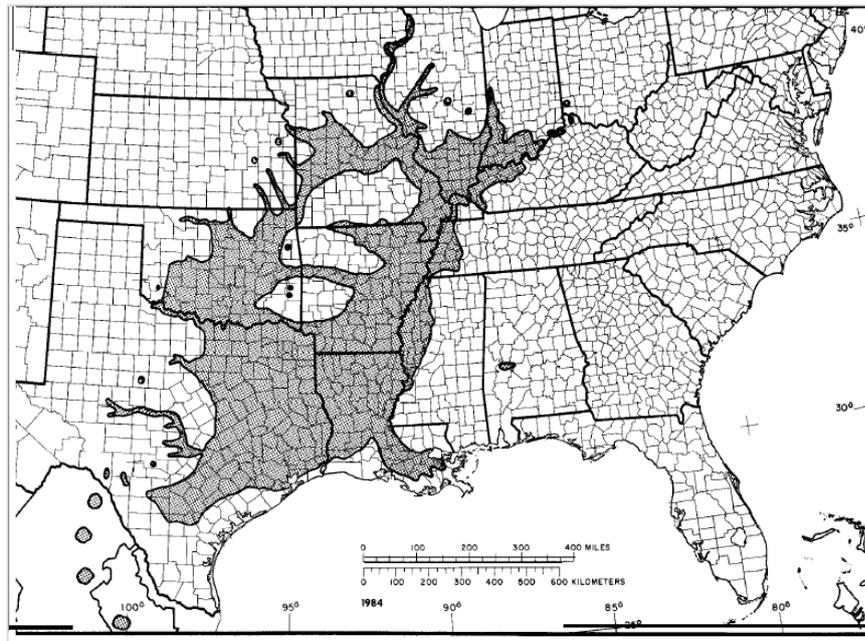
No estado americano do Texas, fósseis de árvores da família *Juglandaceae* foram encontrados nas formações rochosas do período do Cretáceo inferior (compreende o período entre 145 milhões e 100 milhões e 500 mil anos atrás, aproximadamente) no condado de *Lampasas, Texas* (STUCKEY; KYLE, 1925). Acredita-se que o ramo da família *Juglandaceae* ao qual pertence a noqueira-pecã (*Carinae*) evoluiu de ancestrais primitivos, há cerca de 70 milhões de anos e os primeiros indivíduos foram distribuídas pela América do Norte e Eurásia (MANCHESTER, 1987). Este mesmo autor afirma que os espécimes que remontam a 34 milhões de anos foram encontrados na Alemanha e China. Wells (2017) relata que houve uma era de glaciação há 2 milhões de anos atrás na Europa, extinguindo todos os indivíduos desta família nestes dois países, mas permaneceram na América do Norte.

A noqueira-pecã é nativa apenas de algumas regiões dos Estados Unidos da América (EUA) e do México, considerada uma planta exótica nos demais países do mundo. Nos EUA a noqueira-pecã ocorre naturalmente (Figura 2) na região Centro-norte (*Illinois, Iowa, Kansas, Missouri, Oklahoma*), região Nordeste (*Indiana*), região Centro-Sul (*Texas*) e região Sudeste (*Arkansas, Kentucky, Louisiana, Mississippi, Tennessee*) (GRIN, 2016). No México a ocorrência natural situa-se na região Norte (*Chihuahua, Coahuila, Nuevo Leon, San Luis Potosi, Tamaulipas*) e na região Sul (*Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Oaxaca, Veracruz*) (GRIN, 2016).

No vale do *Mississippi*, a pecã é nativa até o norte de *Davenport, Iowa*; no vale de *Ohio River*, ao norte, como *Covington, Kentucky*, e no vale de *Wabash River*, até o norte de *Terre Haute, Indiana*. Neste cinturão do norte está localizado um dos maiores blocos sólidos de nozes nativas nos Estados Unidos, na foz do *Green River*, nas margens do *Ohio River*, em *Henderson County, Kentucky*. No Texas, onde a maior parte das árvores nativas são encontradas, com exceção do *Rio Grande* e *Pecos River*, a pecã é distribuída em abundância na maior parte dos principais rios e seus afluentes, incluindo o *Red, Trinity, Brazos, Colorado, San*

Antonio, Guadalupe e Devil's Rivers. Destes, o Colorado e seus afluentes são, de longe, os mais importantes, tanto no número de árvores quanto na produção de nozes.

Figura 2 - Ocorrência natural de *Carya illinoensis* nos EUA.



Fonte: Adaptado de Peterson (1990).

2.6 EVOLUÇÃO COMO CULTURA

A domesticação da noqueira-pecã ainda é recente e está em pleno curso. Vestígios de noz-pecã foram descobertos em vários locais pré-históricos em toda a América do Norte, incluindo *Illinois*, *Texas* e *Louisiana*. A partir do estudo destes sítios arqueológicos, acredita-se que os humanos já consumiam noz-pecã desde 6.750 a.C. (WELLS, 2017).

2.7 DESCRIÇÃO BOTÂNICA/MORFOLÓGIA

A *Carya illinoensis* é uma planta arbórea (espécime de grande porte, podendo atingir mais de 40m de altura), perene (do Latim *per*, “por”, *annus*, “anos” é a designação botânica conferida a plantas que vivem por mais de dois anos/dois ciclos), caducifolia (sin. decídua, planta que perde suas folhas no período de repouso vegetativo) e monóica (sin. monoécia, planta que apresenta flores estaminadas e pistiladas no mesmo indivíduo). A escassez de termos técnicos ligados à pecanicultura no Brasil requer que sejam estes criados e definidos. Todas as

cultivares de noqueira-pecã são monóica, por esse motivo deve-se evitar o uso da terminologia “cultivar produtora”. Recomenda-se a grafia “cultivar principal” porque esta cultivar estará em maior proporção no pomar em relação às cultivares polinizadoras. Haja visto que as cultivares polinizadoras também são monóicas, logo, possuem as condições morfológicas para produzir nozes. Por estarem em menor proporção no pomar, não podem ser denominadas de “cultivar principal”, mas “cultivares polinizadoras”.

Esta planta frutífera possui fase vegetativa, reprodutiva e senescência (cada uma dotada de distintos estágios), passando por um período de dormência vegetativa, período este em que o crescimento meristemático é praticamente nulo (SPARKS, 1992). No Brasil esse período inicia em meados de maio, aumentando de intensidade progressivamente e estende-se até setembro (FRONZA; HAMANN., 2016). Para que a noqueira-pecã venha a superar o estado de dormência fisiológica e inicie um novo ciclo de crescimento é necessário um número mínimo de horas de frio (H. F.) para degradar o ácido abscísico que se formou na planta (WELLS, 2017).

O sistema radicular da noqueira-pecã é vigoroso, formado pela raiz principal, que cresce de forma descendente no solo e determina a profundidade da penetração radicular, podendo aprofundar-se até 10m; Raízes laterais que geralmente crescem no sentido horizontal em torno da árvore a uma profundidade de um a dois metros, e determinam a propagação lateral das raízes; Raízes fibrosas que crescem em todas as direções a partir das raízes laterais, estão sujeitas à morte constante e substituição/renovação como resultado de diferentes condições de crescimento e raízes micorrizadas, crescem em massas densas em toda a área abrangida pelo sistema radicular (WOODROOF e WOODROFF, 1934). Plantas com 10 anos de idade, cultivadas em um local com solo profundo e bem drenado, podem formar um sistema radicular que se expande lateralmente até o dobro do diâmetro da projeção da copa (WOODROOF e WOODROFF, 1934).

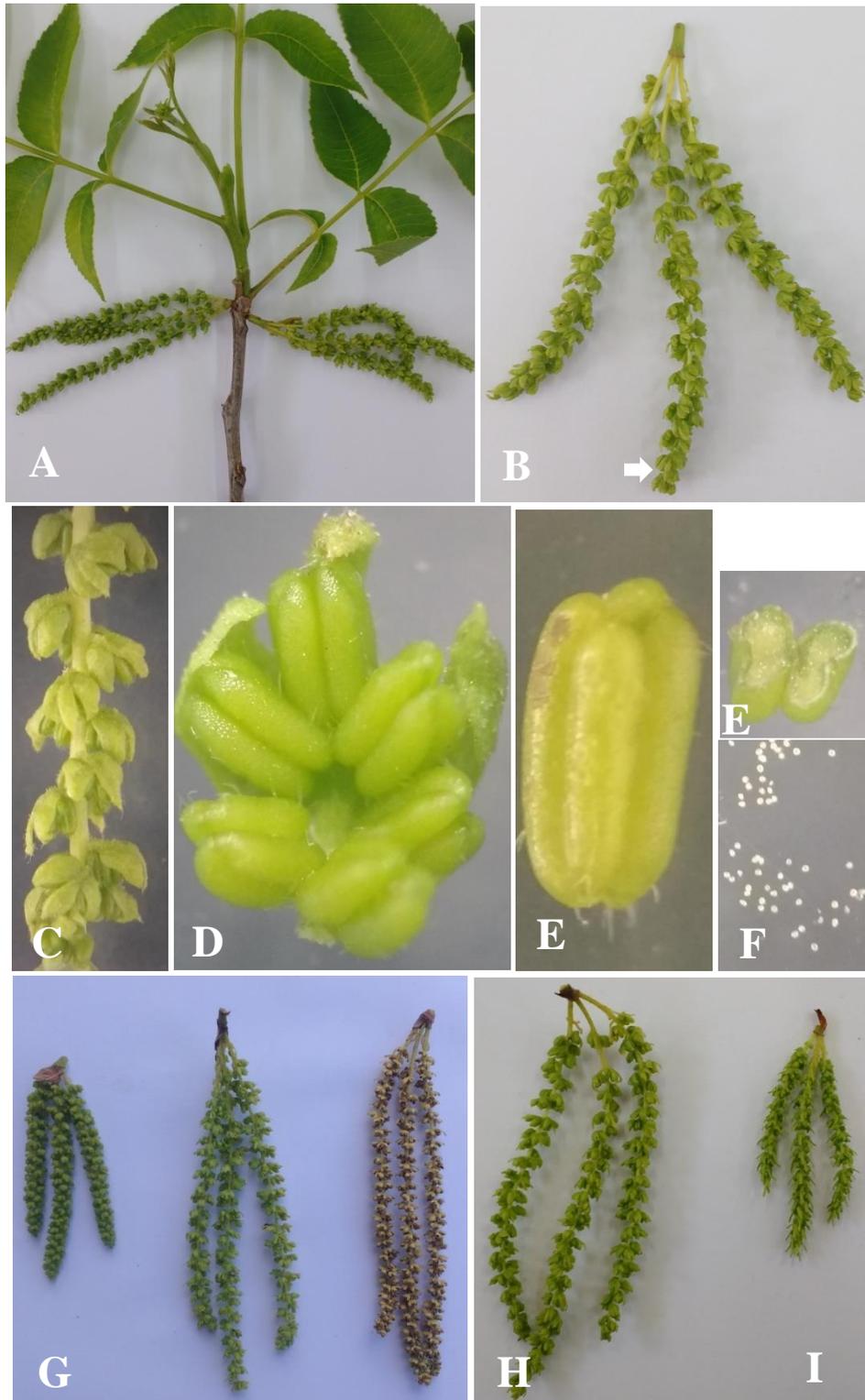
Enquanto muda, o tronco da noqueira-pecã tem coloração marrom, conforme há crescimento, este torna-se acinzentado, com textura lisa, exibindo inúmeras bifurcações quando deixado crescer naturalmente. Quando a planta estiver adulta o tronco adquire coloração marrom e textura áspera, com desprendimento de pequenas escamas ou placas (FRONZA; HAMANN, 2016).

Normalmente os ramos são longos e apresentam forte dominância apical (FRONZA; HAMANN, 2016). Os ramos possuem nós dotados de gemas dispostas alternadamente na extensão do ramo (FRONZA; HAMANN, 2016). O número de gemas é variável entre as

cultivares, podendo haver gemas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias no mesmo nó (FRONZA; HAMANN, 2017). Ambas as inflorescências estaminadas e pistiladas são encontradas na maioria das gemas primárias laterais ao longo do comprimento de ramos de um ano de idade durante os estágios iniciais da brotação (FRONZA; HAMANN, 2016). Algumas gemas podem originar folhas, as quais são consideradas folhas compostas, alternadas, imparipenadas, de cinco a vinte e um folíolos, de formato oblongo-lanceolado, com diferentes graus de curvatura e margens serrilhadas. O folíolo apical é simétrico, já os folíolos laterais não são tão simétricos, com base obtusa. As nervuras são craspedódroma (nervuras secundárias terminam na margem ou bordo foliar), com pecíolo ligeiramente espesso na base (SPARKS, 1992).

A inflorescência estaminada é uma espiga indefinida (sin. rácemo, racemo, racimo ou cacho) comumente chamada de amento ou amentilho. Os amentos são organizados em grupo de três (Figura 3A) (eventualmente há formação de apenas dois) que são ligados entre si por um pedúnculo comum (Figura 3B). O amento central é geralmente mais comprido que os laterais (Figura 3B). Encontram-se de forma pêndula na planta, as flores são sésseis, não possuem cálice nem corola, estão individualmente dispostas ao longo da ráquis (Figura 3C). As anteras das flores são protegidas por uma bráctea e dois bractéolos laterais (Figura 3D). Cada amento é composto por cerca de 100 a 400 flores individuais, cada flor possui de 3 a 6 anteras (Figura 3D), cada antera possui quatro sacos polínicos (Figura 3E) com aproximadamente 400 grãos de pólen, de coloração amarela cada um, medindo cerca de 30-40 μm , (Figura 3F). Portanto, um amento pode produzir de 400.000 a 840.000 grãos de pólen. Logo após o seu surgimento, os amentos possuem coloração verde-claro, mas com a liberação do pólen adquirem coloração parda (Figura 3G). Durante o período, o pólen é liberado por uma fenda longitudinal, localizada ao logo da antera. Em suas observações científicas, Stuchey (1916) observou que cultivares protândricas e protogínicas possuíam diferenças morfológicas nos amentos. Atribuiu-se o termo “*Group I*” para as cultivares cujos amentos, em pleno desenvolvimento, são curtos e largos e as flores individuais têm brácteas curtas, pequenas e discretas, características estas encontradas em cvs. protândricas (Figura 3H). O termo “*Group II*” para as cultivares cujos amentos, em pleno desenvolvimento, são compridos e estreitos/delgados/finos e as flores individuais têm brácteas longas, estreitas e visíveis a olho nu, características estas encontradas em cvs. protogínicas (Figura 3I).

Figura 3 – Características da flor masculina da noqueira-pecã, mostrando os amentos em grupo de três (A), (B) amento central em detalhe. (C) Flores ligadas ao ráquis. (D) Flor em detalhe com suas anteras. (E) Antera em detalhe e em corte transversal. (F) Grãos de pólen. (G) Amentos em diferentes estágios/coloração. (H) Amentos de uma cultivar protândrica. (I) Amentos de uma cultivar protogínica.



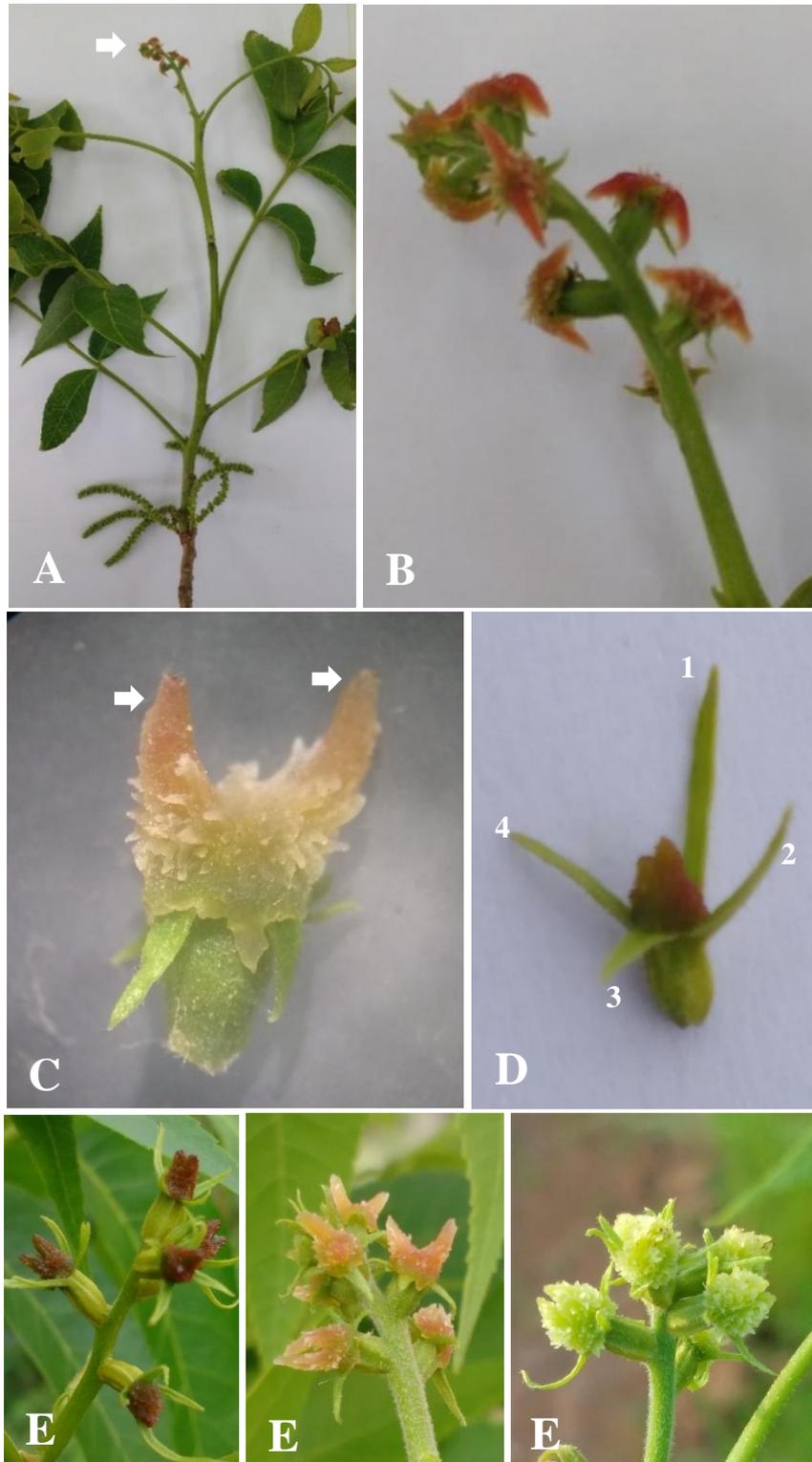
Fonte: Autor

A inflorescência pistilada é em forma de espiga, crescendo no ápice dos ramos herbáceos (ramos do ano) (Figura 4A). As flores menos desenvolvidas estão localizadas distalmente devido à natureza indeterminada da inflorescência (Figura 4B). Cada flor pistilada mede de 5mm a 8mm, possui uma superfície estigmática bilobada (Figura 4C) que geralmente é cercada por quatro brácteas foliares (Figura 4D). As brácteas são livres nas suas pontas, mas fundidas na base formando um involúcro copular. O tamanho, a forma e a cor da área estigmática variam distintamente com a cultivar (Figura 4E). As cores podem variar desde laranja, vermelho, roxo claro, roxo escuro, verde claro, verde escuro.

O estigma possui aspecto rugoso e presença de secreções viscosas visíveis na superfície quando em período de receptividade. A presença de líquido estigmático tem sido utilizada como um meio de determinar a receptividade como no trabalho de Zhang (2015) e Ajamgard et al. (2017).

A noz é classificada botanicamente como uma drupa seca, de acordo com a cultivar possui formato variável (cilíndrico, mais alongado até oval), o ápice da noz é pontiagudo, com tamanho variando de 2,0 cm a 7,0 cm de comprimento e 1,5 cm a 3,0 cm de diâmetro (WORLEY, 1994). A amêndoa é envolta por uma casca lisa, dura e lignificada, de coloração castanho-acinzentado, com manchas negras longitudinais concentradas no ápice. Internamente a amêndoa é coberta por uma fina película pardo – avermelhada – clara que quando madura desprende-se da amêndoa e fica aderida a parte interna da casca (WORLEY, 1994). A amêndoa apresenta-se na forma de dois septos até dois terços do seu comprimento, sendo a parte final unida, esta última é o local onde o embrião permanece (SPARKS, 1992).

Figura 4 – Características da inflorescência pistilada de noqueira-pecã (A). (B) Detalhe das flores. (C) Estigma bilobado. (D) Brácteas. (E) Flores de diferentes cultivares, com colorações distintas.



Fonte: Autor

2.8 POLINIZAÇÃO

A polinização é um processo biológico que consiste na transferência do grão de pólen que está localizado na antera até o estigma da flor. Assim como nas demais plantas frutíferas, na noqueira-pecã é primordial que a polinização e, posteriormente, a fecundação ocorram de forma adequada para atingir um alto rendimento por hectare, gerando nozes com boa qualidade.

Diferente do que ocorre em citros (*Citrus* sp.), macieira (*Malus domestica*) e pereira (*Pyrus communis*), onde a polinização é entomófila, na noqueira-pecã ela é anemófila (WOOD, 2000), podendo o vento transportar o pólen da pecã por até 900m. Cabe ressaltar que em cultivos comerciais onde as árvores são plantadas em blocos, quando a distância da cultivar polinizadora é superior a três fileiras da cultivar principal (50m) há significativas perdas na produtividade, ocasionado pela deficiência na polinização (WOOD, 1996). Este tipo de polinização faz com que a espécie produza uma enorme quantia de pólen, sendo um amento capaz de produzir pólen suficiente para gerar mais de 22.000 kg de noz-pecã (ROHLA, 2016).

Para compreender as minúcias da polinização nesta cultura é importante saber que a noqueira-pecã é uma planta alógama (BURNS; HONKALA 1990). Através de processos evolutivos a *C. illinoensis* desenvolveu um mecanismo chamado dicogamia, fenômeno que reduz significativamente a autopolinização na espécie. Especificamente para a pecã, a ocorrência da autofecundação traz consigo algumas desvantagens como a redução da qualidade das nozes, acompanhado do decréscimo de até 75% do rendimento da cultura (ROHLA, 2016). Como observado, a ocorrência de uma boa polinização está diretamente relacionada com a produtividade do pomar. A escolha de cultivares polinizadoras deve ser realizada com critérios técnicos, sendo orientado através do uso de um gráfico de polinização, optando-se por implantar na área ao menos três cultivares polinizadoras (CONNER, 2012; ROHLA, 2016; WOOD, 2000).

2.8.1 dicogamia

O primeiro relato da ocorrência da dicogamia em plantas foi feito por Joseph Gottlieb Kölreuter entre 1761 e 1766, em suas anotações (KNUTH, 1906), mas a introdução e disseminação desse termo técnico na literatura científica coube a Sprengel, em 1793 (LLOYD; WEBB, 1986).

A palavra dicogamia tem origem grega, onde “*Dicho*” significa separada/em duas peças e “*Gamous*” significa acasalamento/casamento. Há várias definições para o termo dicogamia, por exemplo: Darwin (1862, p. 26): “Mecanismo que promove a fecundação cruzada”; Sprengel (1793, p. 14): “atividades reprodutivas de dois sexos maduros representados pelo estame e pelo pistilo que ocorrem em momentos diferentes”; Knuth (1906, p. 11): “A maturação da antera e do estigma diferem no tempo”; Lloyd e Webb (1986, p. 135): “A separação do pólen e do estigma dentro de uma planta em diferentes momentos durante uma estação reprodutiva”; Çetinbaş e Ünal (2014): “A dicogamia é um fenômeno relativo a vegetais que amadurecem o gineceu e androceu em tempos diferentes”. A partir dessa vasta diversidade de definições podemos afirmar que a dicogamia, controlado por um gene específico, ocorre em algumas plantas monoicas (p. ex. *Carya illinoensis*) caracterizando-se pelo amadurecimento das flores estaminadas e pistiladas em diferentes momentos.

Meena et al. (2017) relatam em sua pesquisa sobre dicogamia em frutíferas que há diferentes tipos de dicogamia, são elas: Protândria - a palavra “protândria” origina-se do grego, onde “*protos*” significa “primeiro” e “*aner*” “masculino” (SPARKS, 1992). A dicogamia do tipo protândrica é atribuída a espécies vegetais que possuem indivíduos onde o androceu está viável antes do gineceu, p. ex.: gravioleira (*Annona muricata*). Protoginía - a palavra “protoginía” origina-se do grego, onde “*protos*” significa “primeiro” e “*gyne*” “feminino” (SPARKS, 1992). A dicogamia do tipo protogínica é atribuída a espécies vegetais que possuem indivíduos onde o gineceu está viável antes do androceu, p. ex.: bananeira (*Musa* spp.), morangueiro (*Fragaria x Ananassa*). Dicogamia sincrônica – toda e cada flor abre duas vezes. Na primeira abertura o estigma é receptivo enquanto as anteras permanecem fechadas. Na segunda abertura, ocorre a liberação de pólen, enquanto o estigma já secou. Como exemplo cita-se o abacateiro (*Persea gratissima*). Duodicogamia - padrão de floração no qual dois ciclos de flores masculinas alternaram-se com um ciclo de flores femininas. Esse sistema de acasalamento temporal é duodicogamia em que cada planta produz dois lotes de flores masculinas que são separadas temporariamente por um lote de flores femininas, com sincronia individual e entre assíncronos individuais para garantir parceiros de acasalamento. Heterodicogamia - A dicogamia do tipo heterodicogâmica, ocorre de forma mais rara na natureza. É atribuída a espécies vegetais que possuem indivíduos protândricos e protogínicos, p. ex. pistache (*Pistacia vera*), onde a cv. Peters é protândrica e a cv. Kerman é protogínica (PARFITT et al., 2016); noqueira-pecã (*Carya illinoensis*), onde p. ex. a cultivar Barton é protândrica e cultivar Shawnee protogínica.

A existência de dicogamia em noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) foi pesquisada e relatada pela primeira vez por Stuchey (1916), posteriormente Adriance (1930) realizou uma pesquisa mais detalhada sobre este fenômeno na espécie. Passadas cinco décadas Thompson e Romberg (1985) determinaram que esta espécie possui heterodicogamia. Os mesmos autores também estudaram os fatores genéticos da herdabilidade da heterodicogamia em *C. illinoensis*, onde puderam concluir que o padrão de floração (protoginía e protândria) é controlada por um único gene. Conforme os pesquisadores, a presença de um alelo dominante (Pp) neste gene significa que o indivíduo terá protoginía, enquanto que a presença de dois alelos recessivos (pp) conferem ao indivíduo a protândria. Na natureza, a proporção entre indivíduos protogínicos e protândricos é mantido naturalmente.

Além dos distintos tipos, há diferentes graus de dicogamia. A dicogamia é completa, quando não há sobreposição na apresentação do pólen e estigmas em uma flor ou unidade maior, ou incompleta, quando há alguma sobreposição. Geralmente, a dicogamia é completa em climas mais frios e muitas vezes incompleta em climas quentes (SPARKS, 1992).

2.9 EXIGÊNCIAS EDÁFICAS

A noqueira-pecã adapta-se a áreas com solos profundos, férteis e bem drenados. Áreas destinadas ao cultivo de noqueira-pecã devem ser profundos, uma vez que o sistema radicular da planta é vigoroso. McEachern et al. (2012) observaram que plantios comerciais de noqueira-pecã em solos rasos (0,3m) desenvolvem-se pouco e necessitam irrigação regularmente. Em solos com 0,9m de profundidade há maior sucesso no cultivo, porém, deve-se optar por solos com profundidade de 1,8m onde obtém-se as maiores produtividades. No zoneamento edáfico realizado por Flores et al., (2015), para o município de Santa Maria (RS, Brasil), considerou-se apto ao cultivo da noqueira-pecã solos com no mínimo 1m de profundidade, sem impedimentos físicos. Já no zoneamento edáfico realizado por Frusso (2007) para a Argentina, considerou-se apto ao cultivo desta espécie, solos com no mínimo 1,5m de profundidade, sem impedimentos físicos.

A fertilidade do solo é fundamental para a obtenção de elevada produtividade. Os teores de nutrientes devem ser elevados até a faixa do “muito alto”. Para cultivos comerciais no RS e SC o pH do solo deve ser elevado para 6,0, através da calagem em área total, no momento do preparo do solo, para tornar o alumínio indisponível e os nutrientes disponíveis para o sistema radicular da planta na solução do solo.

Em relação à drenagem, a noqueira-pecã não tolera solos mal drenados, desenvolvendo-se muito pouco nessas condições e em situações extremas, há morte de plantas. Solos bem drenados proporcionam boa aeração ao sistema radicular da noqueira-pecã, permitindo uma boa absorção oxigênio, água, nutrientes e permite a difusão do CO₂, que pode ser tóxico ao sistema radicular da noqueira-pecã.

2.10 EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS

A noqueira-pecã cresce e desenvolve-se bem em regiões com precipitação média anual mínima de 760 mm. Esta espécie é muito exigente em radiação solar, não suportando o sombreamento (BURNS; HONKALA, 1990). Em cultivos superdensados, quando não são realizadas práticas culturais como a poda e o desbaste de plantas, aumenta-se o sombreamento das folhas e a taxa de assimilação destas pode sofrer redução de até 50% (LOMBARDINI et al., 2011).

As maiores regiões produtoras de noz-pecã do mundo estão localizadas entre os paralelos de latitudes 25° e 35 ° norte e sul. A noqueira-pecã desenvolve-se bem em condições climáticas que variam de úmidas a secas, exigindo temperaturas entre 24 °C e 30 °C durante o crescimento vegetativo, com pouca variação entre as temperaturas diurna e noturna, a fim de alcançar um desenvolvimento adequado (SPARKS, 2005). Por ser uma planta de clima temperado, a noqueira-pecã necessita de um mínimo de horas de frio durante o inverno para superação da dormência fisiológica. Durante o inverno, temperaturas inferiores ou iguais a 7,2°C ajudam a superar a dormência das plantas. Wells (2017) afirma que pode haver distúrbios fisiológicos, irregularidade da brotação, influência no padrão e período de florescimento, entre outros sintomas, quando o número de horas de frio em um ano for inferior a 100 horas.

2.11 CULTIVARES

Nos EUA existem mais de 1.000 cultivares de noqueira-pecã, porém, nem todas são cultivadas comercialmente. No Brasil há registrado no RNC (Registro Nacional de Cultivares) as seguintes cultivares: Barton, Brooks, Caddo, Cape Fear, Cherokee, Chetopa, Chickasaw, Choctaw, Curtis, Desirable, Elliott, Forkert, Giles, Gloria Grande, Jackson, Jubilee, Kiowa, Major, Moneymaker, Moore, Oconee, Pawnee, Peruque, Pitol 1, Pitol 2, Posey, Prilop of Lavaca, Shawnee, Shoshoni, Sioux, Stuart, Sumner e Woodroof. Apesar da considerável

quantia de cultivares, apenas dez são propagadas comercialmente pelos viveiristas no país. Acrescenta-se que informações básicas sobre estas cultivares, como o tipo de dicogamia (protândria ou protoginia), período de liberação do pólen e receptividade do estigma e demais informações morfológicas das cultivares não estão disponíveis na página do RNC, o que seria esperado, uma vez que são necessárias no processo de registro de cultivares.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL

O experimento foi conduzido em dois pomares comerciais de nogueira-pecã. O “Pomar 1” está localizado no município de Santa Maria (RS), no Núcleo de Fruticultura Irrigada do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, nas coordenadas geográficas 29°43'29.1"S 53°43'06.9"W e está localizado a 95m de altitude em relação ao nível do mar. As plantas deste pomar possuem oito anos de idade, estão implantadas em um espaçamento de 7 m x 7 m, enxertadas sobre o porta-enxerto (P. E.) Barton. Neste pomar, a cultivar principal é Barton. As cultivares polinizadoras são Cape Fear, Chickasaw, Imperial, Importada e Shawnee, dispostas no pomar no sentido leste-oeste, na proporção 3:1 (três linhas de Barton e uma linha de polinizadora).

O “Pomar 2” está situado no município de Cachoeira do Sul (RS), pertencente a empresa Paralelo 30, nas coordenadas geográficas 29°56'09.3"S 52°47'26.7"W e está localizado a 26 m de altitude em relação ao nível do mar. As plantas deste pomar possuem oito anos de idade, estão implantadas em um espaçamento de 9 m x 6 m, enxertadas sobre o P. E. Barton. As cultivares polinizadoras são Cape Fear, Chickasaw, Desirable, Imperial, Importada, Jackson, Melhorada, Shawnee e Success, dispostas no pomar no sentido leste-oeste, na proporção 5:1 (cinco linhas de Barton e uma linha de polinizadora).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa Subtropical úmido, sem estação seca definida, com verões quentes (MORENO, 1961).

3.2 PERÍODO

A instalação e avaliação dos experimentos foram realizadas nas safras agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, no mês de agosto. As avaliações ocorreram nos meses de setembro a novembro, dos anos citados anteriormente.

3.3 TRATAMENTOS

No presente trabalho, os tratamentos são constituídos de diferentes cultivares de nogueira-pecã. No pomar localizado em Cachoeira do Sul avaliou-se as cultivares Barton, Cape Fear, Chickasaw, Desirable, Imperial, Importada, Jackson, Melhorada, Shawnee e Success. Já

no pomar localizado em Santa Maria as cultivares avaliadas foram: Barton, Cape Fear, Chickasaw, Imperial, Importada e Shawnee.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se o delineamento de blocos inteiramente casualizados, com seis repetições por cultivar (cada planta representou uma repetição), totalizando 60 parcelas, no pomar localizado em Cachoeira do Sul e 36 parcelas no pomar de Santa Maria. Em cada planta foram marcados seis ramos por quadrante (norte, sul, leste, oeste), totalizando 24 ramos por planta. Cada ramo foi detentor de uma estrutura reprodutiva pistilada e de seis amentos. A altura de demarcação destes ramos foi à 4,0 m e 6,0 m em relação ao nível do solo, optando-se por ramos localizados na periferia da copa e na porção mediana no interior da copa.

3.5 DETERMINAÇÕES

Para a elaboração de um calendário de polinização foram realizadas determinações do período de liberação de pólen e da receptividade do estigma, conforme metodologia descrita a seguir.

3.5.1 Liberação do pólen

A determinação da liberação do pólen das estruturas estaminadas foi realizada através da metodologia de Conner (2016), adaptada, utilizando-se uma escala de 1 a 3 onde: 1 = amento imaturo, 2 = liberação de pólen, 3 = liberação de pólen concluída (escala ilustrada da Figura 5). As observações foram realizadas a cada dois dias, avaliando-se seis plantas por cultivar, onde em cada planta analisou-se seis ramos por quadrante (N, S, L, O), cada um com seis amentos. A constatação da liberação ou não do pólen foi feita através da observação dos amentos, onde cada amento foi levemente agitado e o pólen coletado em um cone de papel com coloração escura. Baracuhy (1980) e Ajamgard et al. (2017) utilizaram o mesmo critério para determinar da liberação de pólen.

Figura 5 - Escala utilizada para determinação da liberação de pólen em amentos de cultivares de noqueira-pecã.



Foto: Autor

Na elaboração do gráfico de polinização considerou-se como o início do período de liberação de pólen quando 1% dos amentos avaliados se encontravam liberando pólen (escala 2). O final do período foi caracterizado conforme escala 3, onde os amentos já não estavam mais liberando pólen. A representação do período de liberação do pólen no gráfico de polinização deu-se através da utilização de um quadro onde consta na coluna principal, à esquerda, o nome das cultivares juntamente ao ano da avaliação (ex. Barton – 16, significa que é a cultivar Barton e os dados das avaliações no ano de 2016). Ao lado desta coluna encontram-se os dias julianos e estão grifados de azul os dias em que houve a liberação de pólen.

3.5.2 Receptividade do estigma

A determinação da receptividade do estigma foi realizada através da utilização da metodologia de Conner (2016), adaptada, utilizando-se uma escala de 1 a 3 onde: 1 = estigma não receptivo, 2 = estigma receptivo, 3 = estigma já polinizado (escala ilustrada da Figura 6). Esta avaliação foi realizada a cada dois dias. Quando o estigma está receptivo, esta estrutura fica recoberta pelo líquido estigmático, o qual possui um aspecto viscoso e torna-se reflexivo na presença da luz, o que proporciona a identificação da receptividade ao pólen (WETZSTEIN

e SPARKS, 1986; CONNER, 2016). Baracuhy (1980) e Ajamgard et al. (2017) utilizaram o mesmo critério para determinar a receptividade do estigma.

Figura 6 - Escala utilizada para determinação do período de receptividade do estigma em cultivares de noqueira-pecã.



Foto: Autor

Na elaboração do gráfico de polinização considerou-se como o início do período de receptividade do estigma quando 1% das inflorescências pistiladas estavam receptivas ao pólen (escala 2). O final do período foi caracterizado conforme escala 3, onde as inflorescências pistiladas não estavam mais receptivas ao pólen. A representação do período de liberação do pólen no gráfico de polinização deu-se através da utilização de um quadro onde consta na coluna principal, à esquerda, o nome das cultivares juntamente com ano da avaliação (ex. Barton – 16, significa que é a cultivar Barton e os dados das avaliações no ano de 2016). Ao lado desta coluna encontram-se os dias julianos e estão grifados de rosa os dias em que houve a receptividade do estigma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DICOGAMIA DAS CULTIVARES

Uma característica importante da noqueira-pecã, que deve ser analisada além do período de receptividade do estigma e liberação do pólen, refere-se ao tipo de dicogamia que as cultivares expressam em condições de cultivo no hemisfério Sul. Na tabela 2 estão listadas as cultivares avaliadas na pesquisa quanto à sua característica dicogâmica no Estado da Georgia (EUA), onde as cultivares foram criadas pelo programa de melhoramento genético, sendo comparadas com o tipo de dicogamia em dois locais e dois anos de estudo no Brasil. As cultivares que apresentaram o mesmo comportamento dicogâmico nos dois locais avaliados (Cachoeira do Sul e Santa Maria), e nos dois ciclos (2016/2017 e 2017/2018) em comparação ao comportamento nos EUA estão grifadas em verde.

Tabela 2 – Determinação do tipo de dicogamia de dez cultivares de noqueira-pecã cultivadas em Cachoeira do Sul (RS) e Santa Maria (RS) nos anos de 2016 e 2017.

CULTIVAR	GEORGIA (EUA)	LOCAL			
		SANTA MARIA		CACHOEIRA DO SUL	
		2016	2017	2016	2017
Barton	Protândrica	Protândrica	Protândrica	Protândrica	Protândrica
Cape Fear	Protândrica	Protândrica	Protândrica	Protândrica	Protândrica
Chickasaw	Protogínica	Protogínica	Protogínica	Protogínica	Protogínica
Desirable	Protândrica	-	-	Protândrica	Protândrica
Imperial	ND	Protogínica	Protogínica	Protogínica	Protogínica
Importada	NE	Protogínica	Protogínica	Protogínica	Protogínica
Jackson*	Protândrica	-	-	Protogínica	Protândrica
Melhorada	NE	-	-	Protogínica	Protogínica
Shawnee	Protogínica	Protogínica	Protogínica	Protogínica	Protogínica
Success	Protândrica	-	-	Protândrica	Protândrica

ND: Não disponível no banco de dados do United States Department of Agriculture.

NE: Esta cultivar não existe no banco de dados do United States Department of Agriculture e na University of Georgia (Pecan Breeding).

Observa-se que a cultivar Jackson no ano de 2016 foi a única que apresentou dicogamia diferente à referência dos EUA. Jackson é uma cultivar protândrica, porém, em 2016 comportou-se como uma cultivar protogínica. Esse fenômeno também ocorreu na pesquisa de

Barachuy (1980 apud FRONZA et al., 2018), mas com a cultivar Barton que é protândrica. No primeiro ano de sua pesquisa (1978), esse autor observou que a Barton se comportou de forma protândrica e no segundo ano de avaliação (1979) como protogínica. Esse comportamento atípico da expressão da dicogamia foi relatado por Sparks (1992), o qual atribui esse fenômeno à irregularidade do inverno, onde temperaturas mais altas podem influenciar a brotação das plantas e a ordem de maturação das inflorescências estaminadas e pistiladas. O comportamento irregular da cultivar Jackson (protogínica em um ano e protândrica em outro) possivelmente pode ser explicado pelo trabalho de Stuchey (1916), responsável pela criação dos grupos de cultivares de pecã “protândrica” e “protogínica”. Além destes dois grupos, Stuchey (1916) criou um terceiro, chamado de “flutuante”, justamente onde agrupam-se cultivares que possuem uma tendência a terem comportamento protândrico em um ano e protogínico em outro. Como a ‘Jackson’ foi lançada comercialmente nos Estados Unidos apenas em 1917, um ano após a publicação do trabalho de Stuchey (1916) esta cultivar não é citada na pesquisa. Como o comportamento flutuante da dicogamia foi observado apenas na cultivar Jackson torna-se necessário e importante para fins de pesquisa prosseguir com a observação do tipo de dicogamia desta cultivar.

Cabe observar que a cultivar Barton, classificada como uma cultivar protândrica, comportou-se dessa forma no ano de 1978 e de forma protogínica em 1979, conforme dados da pesquisa de Barachuy (1980 apud FRONZA et al., 2018). Já nesta pesquisa observou-se que a ‘Barton’ exibiu comportamento protândrico em ambos os locais (Cachoeira do Sul e Santa Maria), nos dois anos, 2016 e 2017. Como houve a dicogamia protogínica por esta cultivar em 1979, torna-se interessante observar o comportamento dela no ciclo 2018/2019, sendo que se esta comportar-se como uma cultivar protogínica, seria importante enquadrá-la dentro do grupo “flutuante”.

4.2 GRÁFICO DE POLINIZAÇÃO (CACHOEIRA DO SUL)

Analisando o período de receptividade do estigma e liberação do pólen para os diferentes locais constatou-se que houve variação entre a ocorrência destes períodos. No Gráfico 1 e 2 estão apresentados, respectivamente, os resultados da avaliação no ano de 2016 e 2017 para o pomar localizado no município de Cachoeira do Sul.

Se analisarmos de modo geral, no ano de 2016, o período de receptividade do estigma e liberação do pólen concentrou-se a partir do dia 10/10 estendendo-se até o dia 01/11. Considerando que a cultivar Barton é plantada como cv. principal na grande maioria dos pomares do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, podemos inferir que esta teve pólen ofertado para sua polinização oriundo das cultivares Imperial, Importada, Jackson, Melhorada e Shawnee. A cultivar Chickasaw ofertou pólen à “Barton” por um período de apenas um dia, o que se considera insuficiente, uma vez que Wells (2017) considera que essa sobreposição do período deva ser de pelo menos 50%. Já ‘Cape Fear’ e ‘Success’ não liberaram pólen para a polinização da “Barton”. Dado esse pressuposto é possível afirmar que no ano de 2016, pomares onde a ‘Barton’ é a cultivar principal e tendo como polinizadoras ‘Success’ e/ou ‘Cape Fear’ possivelmente a polinização foi prejudicada, comprometendo a produção.

Agora, observando o ano de 2017, este período concentrou-se entre o dia 29/09 até 18/10, logo, podemos concluir que o período de polinização para a maioria das cultivares foi mais precoce no referido ano. Com exceção para a cv. Barton, que praticamente manteve o período de receptividade do estigma e liberação do pólen em 2016 e 2017 (20/10 a 31/10/2016 e 23/10 a 06/11/2017) não apresentando a tendência de precocidade em 2017 como as demais cultivares. Mas ressalta-se novamente, que na grande maioria dos pomares comerciais da Região Sul do país, a ‘Barton’ é cultivada como cultivar principal e neste ano, 2017, nenhuma das outras nove cultivares avaliadas: Cape Fear, Chickasaw, Desirable, Imperial, Importada, Jackson, Melhorada, Shawnee e Success liberaram pólen no momento da receptividade do estigma da ‘Barton’, o que permite afirmar que as nozes produzidas por esta cultivar são oriundas da autopolinização. É possível observar que isso acontece tanto no pomar em Cachoeira do Sul (foco deste tópico) como no pomar localizado em Santa Maria (discutido no item 4.3). Rohla (2016) enfatiza que a autopolinização pode reduzir a qualidade das nozes e causar um decréscimo de até 75% do rendimento da cultura. Essa comprovação de que no ano de 2017 a cv. Barton não teve pólen ofertado pelas cvs. polinizadoras é extremamente importante e deve servir como ponto de reflexão para pecanicultores, técnicos e pesquisadores, sendo perfeitamente possível sugerir a introdução outras cultivares como polinizadoras, as quais tenham um período de liberação do pólen mais tardio e relativamente mais estável, como o da ‘Barton’. Caso a introdução/seleção de novas cultivares como polinizadoras da cv. Barton não seja possível, e ocorrer a repetição desta situação (Barton não ser polinizada por nenhuma das nove cvs. disponíveis no mercado) o potencial produtivo de pomares

implantados na Região Sul do país pode sofrer reduções significativas nestes anos que ocorrer este comportamento.

Para compreender o comportamento precoce das cultivares no ano de 2017 foi necessário observar os dados de temperatura média do ar. No ano de 2016, no mês de setembro foram registradas temperaturas medias de 16,0 °C³ e, em outubro, 18,7 °C. No ano de 2017 registrou-se 19,7 °C em setembro e 19,2 °C em outubro, ou seja, um acréscimo de 3,7°C no mês de setembro de 2017 em relação à 2016. Resultado semelhante foi obtido por Barachuy (1980) também em Cachoeira do Sul, onde em 1978 o período de receptividade do estigma foi mais precoce (temperatura média do ar no mês de setembro foi de 17,8°C) e em 1979 esse período foi um pouco mais tardio (temperatura média do ar no mês de setembro foi de 15,6 °C). Esse comportamento pode ser compreendido através da observação de Sparks (1992) afirmando que temperaturas mais elevadas no período de liberação de pólen e receptividade do estigma podem antecipar o processo. Uma nova avaliação no ciclo 2018/2019 permitirá observar se essa tendência se repete e compreender melhor o processo.

Os dados mostraram que ‘Cape Fear’ foi a cultivar mais precoce na liberação de pólen em 2016 (iniciou em 06/10/2016) e em 2017 (iniciou em 22/09/2017). Ao compararmos com o trabalho de Barachuy (1980 apud FRONZA et al., 2018), também realizado em Cachoeira do Sul (RS), percebe-se que em 1978 e 1979 ‘Cape Fear’ iniciou o período de liberação de pólen em 07/10/1978, muito semelhante ao encontrado nesta pesquisa no ano de 2016 (06/10). Em relação à receptividade do estigma a ‘Cape Fear’ também foi a mais precoce, iniciando em 11/10/2016 e em 07/10/1978, de acordo com Barachuy (1980 apud FRONZA et al., 2018); no segundo ano de avaliação houve uma diferença, 29/09/2017 em relação a 11/10/1979. Apesar da precocidade da cultivar Cape Fear, sempre houveram outras cultivares que estavam com estigma receptivo para receber o pólen da ‘Cape Fear’ ou cultivares liberando pólen para realizar a polinização do estigma da ‘Cape Fear’. Ao contrário do que vinha sendo divulgado pelos viveiristas, uma cultivar precoce como ‘Cape Fear’ pode ser utilizada como cv. polinizadora ou cv. principal, assim como qualquer outra cultivar.

Outra informação importante que está apresentada nos gráficos 1 e 2 encontra-se dentro das barras de coloração azul e rosa, onde está apresentado em porcentagem a

³ Para análise de temperatura média do ar utilizou-se os dados coletados pela estação meteorológica automática, localizada no município de Rio Pardo (RS), distante cerca de 20 Km do pomar onde a pesquisa foi realizada.

quantidade de flores estaminadas que estavam liberando pólen e a quantidade de flores pistiladas que estavam receptivas no dia. Esta informação não é apresentada nos trabalhos de Sparks (1992), Zhang et al. (2015), Ajamgard et al. (2017), Wells (2017), em que apenas constam as barras marcando o período de liberação de pólen e receptibilidade do estigma.

Conhecer a percentagem de flores liberando pólen e com receptibilidade do estigma permite compreender o comportamento deste fenômeno, que em ambos os casos inicia lentamente e há uma progressão gradual, depois reduz-se a quantidade de flores liberando pólen e com estigma receptivo no final do período de florescimento. Como exemplo, pode-se observar que na cultivar Cape Fear, no ano de 2017, a liberação de pólen iniciou com 3%, aumentando para 43%, 63% e depois gradualmente reduziu para 22%, 12%, finalizando o período com 3%. Percebe-se que no final do período, apenas 3% das flores estaminadas estavam liberando pólen, dessa forma, no momento de escolher uma cultivar principal, deve-se evitar escolher uma cultivar em que o período de receptividade do estigma inicie justamente quando a cv. Cape Fear está no final do período de liberação de pólen, quando há pouco pólen disponível. Agora, analisando a receptividade do estigma, este período iniciou com 5,5% das flores receptivas, progrediu até 55%, depois reduziu de forma gradual, 49%, 16%. É possível observar que no final do período, apenas 16% das flores estavam receptivas, portanto, na escolha da cultivar polinizadora, esta deve estar liberando pólen antes desse final de período, a fim de polinizar a maior quantia possível de flores.

De modo geral, na escolha das cultivares polinizadoras é recomendável que haja uma sobreposição de pelo menos de 50% do período de liberação de pólen com o período de receptividade do estigma. Com esse cuidado consegue-se fornecer pólen de forma abundante justamente no período de maior ocorrência de flores com estigma receptivo.

4.3 GRÁFICO DE POLINIZAÇÃO (SANTA MARIA)

Analisando o período de receptividade do estigma e liberação do pólen para os diferentes locais constatou-se que há variação entre a ocorrência destes períodos. Nos gráficos 3 e 4 estão apresentados, respectivamente, os resultados da avaliação no ano de 2016 e 2017 para o pomar localizado em Santa Maria.

Analisando os dados de avaliação do ano de 2016, o período de receptividade do estigma e liberação do pólen concentrou-se a partir do dia 09/10 estendendo-se até o dia 01/11. Porém, observando o ano de 2017, este período concentrou-se do dia 22/09 até 20/10, logo podemos concluir que o período de polinização para a maioria das cultivares foi mais precoce no ano de 2017, da mesma forma como ocorreu em Cachoeira do Sul. A única exceção é a cv. Barton, que praticamente manteve o período de receptividade do estigma e liberação do pólen em 2016 e 2017 (10/10 a 31/10/2016 e 20/10 a 30/10/2017) não apresentando a tendência acentuada de precocidade em 2017 como as demais cultivares.

Ressalta-se aqui novamente que a 'Barton' é plantada como a cv. principal em mais de 80% dos pomares da Região Sul do país, e analisando o Gráfico 3 constata-se que ela não foi polinizada pela 'Cape Fear', enquanto 'Chickasaw' forneceu pólen por apenas um dia (o que é pouco e praticamente desprezível), sendo boas fornecedoras de pólen, neste ano e local 'Imperial', 'Importada' e 'Shawnee' pois o período de sobreposição foi maior que 50%. Já no ano de 2017 (Gráfico 4) percebe-se que a 'Barton' não foi polinizada por nenhuma das cinco cultivares avaliadas em Santa Maria: Cape Fear, Chickasaw, Imperial, Importada e Shawnee. É perfeitamente possível afirmar que este pomar teve as nozes da cultivar Barton produzidas através da autofecundação, trazendo com isso problemas anteriormente mencionados por Rohla (2016).

Além do fato de que nenhuma das cinco cultivares apresentar o seu período de liberação de pólen coincidente com o período de receptibilidade da 'Barton', o período de liberação do pólen foi reduzido em todas as cultivares no ano de 2017, possivelmente porque neste ano a temperatura média do ar nos meses de setembro (19,2 °C) e outubro (19,4 °C) foram mais elevadas quando comparado a 2016, setembro (14,9 °C) e outubro (18,4 °C). Sparks (1992) considera que temperaturas mais elevadas neste período, podem acelerar o processo de liberação de pólen. Conner (2012) nos EUA faz o mesmo relato quando observa que temperatura mais elevada tende a conferir precocidade no período de polinização e encurtamento do mesmo pois há uma aceleração na receptividade do estigma e liberação de pólen.

4.4 DURAÇÃO DO PERÍODO

Para avaliar a eficiência da polinização cruzada entre a cultivar polinizadora e a principal, uma análise importante a se fazer é determinação da duração do período de

receptividade do estigma e liberação de pólen. Na Tabela 3 são apresentados os dias de duração para cada um dos períodos para as diferentes cultivares em ambos os locais avaliados.

Tabela 3 – Duração do período de receptividade do estigma e liberação do pólen para cultivares de noqueira-pecã avaliadas em Cachoeira do Sul e Santa Maria nos anos de 2016 e 2017.

CULTIVAR	CACHOEIRA DO SUL				SANTA MARIA			
	2016		2017		2016		2017	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Barton	7	7	8	8	15	11	7	7
Cape Fear	11	12	13	9	14	7	12	9
Chickasaw	12	10	11	6	11	7	9	7
Desirable	10	5	9	6	NA*	NA	NA	NA
Imperial	12	8	7	8	9	6	7	8
Importada	9	8	9	7	12	8	8	8
Jackson	10	12	8	7	NA	NA	NA	NA
Melhorada	12	8	8	9	NA	NA	NA	NA
Shawnee	10	4	8	4	12	8	5	9
Success	11	12	6	11	NA	NA	NA	NA

* Não avaliado pois não haviam plantas desta cultivar no local.

No pomar localizado em Cachoeira do Sul o menor período de liberação do pólen foi de sete dias para a cultivar Barton em 2016 e o maior período foi de 13 dias para a cultivar Cape Fear. Em relação ao período de receptividade do estigma, o menor período foi de quatro dias para a cultivar Shawnee em 2016 e 2017, fato este que pode limitar o plantio desta como cultivar principal porque o período de receptividade do estigma é muito curto. O maior período de receptividade do estigma ocorreu com as cultivares Cape Fear, Chickasaw, Jackson e Success (12, 10, 12 e 12 dias, respectivamente) no ano de 2016.

No pomar localizado em Santa Maria o menor período de liberação do pólen foi de cinco dias para a cultivar Shawnee em 2017 e o maior período foi de 15 dias para a cultivar Barton, em 2016. O período de maior duração da receptividade do estigma ocorreu com a cultivar Barton, totalizando 11 dias em 2017. Percebe-se que o período de liberação do pólen foi reduzido em todas as cultivares no ano de 2017, possivelmente porque neste ano a

temperatura média do ar nos meses de setembro (19,2 °C) e outubro (19,4 °C) foram mais elevadas quando comparado a 2016, setembro (14,9 °C) e outubro (18,4 °C).

5 CONCLUSÕES

Ao ponderar sobre os resultados encontrados, apresentados e aqui discutidos é possível concluir com veemência que há diferença no período liberação de pólen e receptividade do estigma das cultivares de noqueira-pecã avaliadas em 2016 e 2017 em Cachoeira do Sul e Santa Maria. Notadamente, em ambos locais se constatou que ‘Barton’ manteve o período de polinização semelhante nos dois anos. Enfatiza-se que no ano de 2017, nos dois locais, todas as cultivares que normalmente são plantadas como polinizadoras, Cape Fear, Chickasaw, Desirable, Imperial, Importada, Jackson, Melhorada, Shawnee e Success, não polinizaram a ‘Barton’, possivelmente porque a ocorrência de temperatura do ar mais elevada nos meses de setembro e outubro tende a conferir precocidade na liberação de pólen e receptividade do estigma, a exceção da própria ‘Barton’.

Determinou-se também que as cultivares Melhorada, Importada e Imperial tem dicogamia do tipo protogínica. A cultivar Jackson apresentou comportamento flutuante, em 2016 sendo protogínica e 2017 protândrica. Já as cultivares Barton, Desirable e Success mantiveram a protandria e Chickasaw e Shawnee protoginia, como consta em seus registros no programa de melhoramento genético.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANCE, G.W. Dichogamy in the pecan. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.** v. 27. p. 435– 439. 1930.

AJAMGARD, F. et al. Determining the Pollinizer for Pecan Cultivars. **Journal of Nuts.** v. 8, n. 1. p.41-48, 2017.

BARACUHY, J. B. C. **Determinação do período de floração e viabilidade do pólen de diferentes cultivares de noqueira-pecã *Carya illinoensis* (Wang) K.Koch.** 1980. 96p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1980.

BLAYNEY, D. et al. **Pecan Prices and Grades.** College of Agricultural, consumer and environmental sciences. Cooperative Extension Service. Guide Z-502. 2p. 2017.

BRILHARVA, M. G. et al. Pecan: from Research to the Brazilian Reality. **Journal of Experimental Agriculture International.** v. 23, n. 6. p. 1-16, 2018.

BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. (Org.). **Silvics of North America.** Hardwoods. Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v. 2. p. 205-210. 1990.

ÇETİNBAS, A.; ÜNAL, M. An overview of dichogamy in angiosperms. **Research in Plant Biology,** Kerala, India, v. 4, n. 5, p. 9-27, 2014.

CONNER, P. J. (Research leader of the University of Georgia's Pecã Breeding Program. Horticulture Department, Coastal Plain Experiment Station, Moore Highway. GA, EUA). **Pecan pollination** [mensagem pessoal], mensagem recebida por <jonas.ufsm@gmail.com> em 25 de julho de 2016.

CONNER, P. J. **Pollination charts revisited.** Horticulture Dept. University of Georgia – Tifton Campus 4604 Research Way Tifton, GA 31794. 2012. 9P.

DARWIN, C. **On various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects.** London, Murray. 1862. 356p.

FASIOLO, C.; ZAPPOLO, R. Alternativa para la producción fructícola: nuez pecan. **Revista INIA,** nº 37, p. 37-42. 2014.

FLORES, C. A. et al. **Zoneamento edáfico de culturas para o município de Santa maria – RS, visando o ordenamento territorial.** Embrapa Brasília, DF. 310 p. 2015.

FRONZA, D. et al. Pecan cultivation: general aspects. **Ciência Rural,** v. 48, n.2, 2018.

FRONZA, D.; HAMANN, J.J. **Técnicas para o cultivo da noqueira-pecã.** Santa Maria – RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Núcleo de Fruticultura Irrigada. 2016. 402p.

FRUSSO, E. A. **Características morfológicas y fenológicas del pecán**. Cap. II. p 6-24. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. Producción de pecan em Argentina. Buenos Aires, 2007. 323p.

GRAUKE, L. J. Appropriate Name for Pecan. **HortScience**, v. 26, n.11, p. 1358, november 1991.

GRAUKE, L. J. et al. Crop Vulnerability: Carya. **Hortscience**. v. 51, n.6, p. 653–663. 2016.

GRIN (U.S. National Plant Germplasm System). Disponível em: <<http://www.ars-grin.gov/>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA): banco de dados agregados. Sistema produção da extração vegetal e da silvicultura. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 jun. 2018.

INC – International Nut & Driedfruit. Disponível em: <<http://www.nutfruit.org/>>. Acesso em: 9 jun. 2018.

KNUTH P. **Handbook of flower pollination**. v. 3. Oxford: Clarendon Press. 1906. 422p.

LLOYD, D.G.; WEBB, C. J. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms Dichogamy. **New Zealand Journal of Botany**. v. 24. p. 135-162. 1986.

LOMBARDINI, L. **Pecan Production in China**. 45° Annual Western Pecã Growers Association Conference Proceedings. Department of Horticultural Sciences Texas A&M University. p. 31-32. 2011.

MANCHESTER, S.R. **The fossil history of the Juglandaceae**. Monogr. Systematic Bot. Missouri Bot. Gardens, St. Louis. 21:1–37. 1987.

MARTINS, C. R. et al. Cultura da noz-pecã para um agricultura familiar. Em: WOLFF, L. F. ; MEDEIROS, C. A. B. (Ed.). **Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2017;145. (Embrapa Clima Temperado, Documentos, 443). 65-81.

MCEACHERN, R. G. et al. **Texas Pecan Handbook**. Texas A & M University. 2012. 199 p.

MEENA, A. K. et al. Dichogamy in fruit crops. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**. v. 5, n.5, 889-890p. 2017.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.

PARFITT, D. et al. Pistachio cultivars. p. 59 – 64. *In*: FERGUSON, L.; HAVIL, D. R. **Pistachio Production Manual**. University of California. Agriculture and Natural Resources, publication 3545. 2016. 335p.

PEREIRA, A. F. **Como escrever um artigo científico em 72 horas**. Rio de Janeiro: RJ. Edição do autor. 2017. 72p.

PETERSON, J. K. *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. p. 205 – 1990. *In*: BURNS, R. S.; HONKALA, B. H. **Silvics of North America**. vol. 2, Hardwoods. Forest Service.

RNC – Registro Nacional de Cultivares. Disponível em:
<http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>.
Acesso em: 09 dez. 2017.

ROHLA, C. **Cross pollination is essential for pecan production**. The Samuel Roberts Noble Foundation. Center for pecan and specialty agriculture. 2016. 1p.

SAGARPA. **Nuez pecanera Mexicana**. Planeación Agrícola Nacional. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2017. 16p.

SPARKS, D. Adaptability of Pecan as a Species. **Hortscience**, vol. 40. n. 5, Aug. 2005.

SPARKS, D. **Pecan cultivars: the orchard's foundation**. Editora: Pecan Productions Innovations. 1992. 446p.

SPRENGEL, C. K. **Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen**, 1793. p.3-43. Berlin, Vieweg. (Translated into English by P. Haase, 1996): *In* D.G. Lloyd & S.C.H. Barrett (eds.), *Floral biology*. New York, Chapman & Hall, 410p.

STUCKEY, H. P. **The two groups of varieties of the Hicoria pecan and their relation to self-sterility**. Ga. Agr. Expt. Sta. Bul. 124. 1916.

STUCKEY, H. P.; KYLE, E. J. **Pecan Growing**. The Rural Science Series. The Macmillian Company, New York, 1925. 286p.

THOMPSON, T.E.; BROWN, E.J. **Increased production and nut quality due to the xenia effect in pecan**. Proc. S.E. Pecan Growers Assn. n. 74. p. 145–148. 1981.

THOMPSON, T.E.; ROMBERG, L. D. Inheritance of heterodichogamy in pecan. **Journal of Heredity**. v.76. p. 456–458. 1985.

USDA - United States Department of Agriculture.. Disponível em:
<<https://www.usda.gov>>. Acesso em: 28 abr. 2018

VÁZQUEZ, N. C. R.; LÓPEZ, R. U. **Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la Nuez pecanera en México**. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ). 2016. 124 p.

WAKELING, L.T. et al. Composition of pecan cultivars Wichita and Western Schley [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] grown in Australia. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.49, n.3, p.1277-1281, 2001. Available from: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf000797d>>. Accessed: Dec. 12, 2017. doi: 10.1021/jf000797d.

WELLS, L. **Pecan. America's Native Nut tree**. University of Alabama Press. 2017. 264p.

WETZSTEIN, H. Y.; SPARKS, D. The morphology of pistillate flower differentiation in pecan. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Pennsylvania, v. 106, n. 6, p. 997-1003, 1983.

WILLIAMNS, J. M. C. **The Pecan: A History of America's Native Nut**. Editora: University of Texas Press. 2013. 192p.

WOOD, B. W. Cross-pollination within pecan orchards. **Hortscience**. Aug. 1996 v. 31 n. 4. 583.

WOOD, B.W. Pollination characteristics of pecan trees and orchards. **HortTechnology**, v.10, n.1, p.120-126, 2000.

WOODROOF, J.G. and N.C. WOODROOF. Pecan root growth and development. **J. Agr. Res.** v. 49, p. 511–530. 1934.

WORLEY, R.E. Pecan production. In: SANTERRE, C.H. **Pecan Technology**. Chapman & Hall Edition, 1994. Chap. 2, p.12-38.

ZHANG, R. et al. Flowering and pollination characteristics of Chinese-grown pecan (*Carya illinoensis*). **Acta Horticulturae**, Varsóvia, p. 43-51, 2015.