



**PABLO DE SOUSA ARANTES**

**FATORES CLIMÁTICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA  
MATURAÇÃO ABSOLUTA EM SOJA**

**LAVRAS - MG  
2019**

**PABLO DE SOUSA ARANTES**

**FATORES CLIMÁTICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA MATURAÇÃO ABSOLUTA  
EM SOJA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2019**

**PABLO DE SOUSA ARANTES**

**FATORES CLIMÁTICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA MATURAÇÃO ABOLUTA  
EM SOJA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em 21 de novembro de 2019.

Dr. Carlos Eduardo Pulcinelli      DBI-UFLA

Msc. Gabriel Mendes Vilela      UFLA

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2019**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre me trilhar nos melhores caminhos.

À Universidade Federal de Lavras, professores por todo conhecimento adquirido durante a graduação, especialmente aos professores e funcionários do Departamento de Agricultura (DAG).

Aos meus pais, Evaldo e Adriana, pelos conselhos e motivação, e a quem devo toda minha educação como pessoa, meu amor e respeito, pois são meus exemplos a serem seguidos. Serei eternamente grato pelo enorme esforço que sempre fizeram para que eu pudesse ter as melhores condições de estudo.

Ao meu irmão Lorrán, por toda amizade, companheirismo e conselhos.

A minha namorada, Auxiliadora, com quem sempre pude encontrar apoio, palavras de motivação e conselhos sempre com muito amor e carinho.

Ao Professor Dr. Adriano Teodoro Bruzi, pela orientação, amizade, total disponibilidade e ensinamentos, grande exemplo de profissional e de pessoa que me acompanharão por toda a vida.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e contribuições no trabalho.

Ao Grupo Pesquisa Soja que é incrível. A ajuda de cada integrante foi fundamental na realização deste trabalho, sempre com muita dedicação, organização e empenho de todos, além da ótima convivência que é a marca registrada do grupo. Aos funcionários do setor de Grandes Culturas, Antônio, Edesio e Ezequiel por toda ajuda na manipulação de equipamentos, manejo das parcelas em campo e pela boa convivência.

## RESUMO

A adaptabilidade de cada cultivar varia quando se desloca do sul para o norte, ou seja, à medida que varia a latitude, sobretudo devido à sensibilidade da cultura ao fotoperíodo. As condições climáticas influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento da planta de soja. Assim as cultivares de soja apresentam variações quanto a maturação absoluta nos diferentes locais de cultivo, anos e épocas de semeadura. Dessa forma, objetivou-se avaliar quais variáveis climatológicas tem maior efeito na maturação absoluta da cultura, em região de clima tropical de altitude. O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras - Fazenda Muquém, no município de Lavras – MG, situado à latitude de 21°12 S, longitude 44°58' W e altitude de 954 m, nas safras, 2017/18 e 2018/19. Os tratamentos foram compostos de 13 cultivares comerciais de soja, para os diferentes anos agrícolas, com parcelas de 4 linhas de 5 metros, espaçadas 50 cm. Avaliou-se a maturação absoluta (dias), em função das variáveis climatológicas: precipitação total, insolação, umidade relativa, temperatura média, temperatura mínima, temperatura máxima e fotoperíodo. Os dados foram analisados usando o teste de qui-quadrado de Pearson com regressão logística. À posteriori todas as variáveis estudadas foram significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t. O melhor ajuste do modelo de regressão logística foi obtido com as variáveis precipitação total, insolação, temperatura máxima e fotoperíodo. Houve influência positiva na duração do ciclo em 37,03% e 14,59% para insolação e fotoperíodo, respectivamente. Influência negativa para precipitação com 33,33% e temperatura máxima com 81,5% para o ciclo total.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L) Merrill. Maturação absoluta. Altitude.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura da soja</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>Melhoramento da soja no Brasil</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>Fenologia da soja e fatores ambientais que influenciam no desenvolvimento da cultura</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Maturidade relativa</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Descrição, localização e condução dos experimentos</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise dos dados</b> .....	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja tem relevante importância no cenário produtivo mundial. O Brasil, por sua vez, ocupa a posição de segundo maior produtor mundial dessa cultura, com crescimento da área plantada e da produção ao longo dos anos. O cultivo inicialmente era restrito a Região Sul. A principal barreira até os anos 1970, era a sensibilidade ao fotoperíodo. Através dos programas de melhoramento genético, a introdução de genes que condicionaram as plantas período juvenil longo, possibilitou o cultivo em baixas latitudes (SEDIYAMA, 2015).

O conhecimento das condições de fotoperíodo, temperatura e umidade foram fundamentais para a expressão da capacidade produtiva da soja, possibilitando assim o avanço para as diversas regiões do país. Um caso de sucesso na produção de soja brasileira é o bioma cerrado, localizado na região centro-oeste. As condições edafoclimáticas, o crédito rural, o caráter empreendedor dos produtores, a evolução tecnológica e, principalmente, os ganhos com o melhoramento genético elevaram o Cerrado para uma posição de destaque na produção de grãos, chegando a deter 44% da produção (CONAB, 2019).

A soja melhor se adapta a temperaturas do ar entre 20°C e 30°C; a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está em torno de 30°C, em que a maturação pode ser acelerada pela ocorrência de altas temperaturas. A água é importante durante todo o desenvolvimento da cultura, tendo como função solvente, através do quais gases, minerais e outros solutos entram nas células e movem-se pela planta. No período de germinação-emergência e de floração e enchimento de grão são os mais críticos (SEDIYAMA, 2015).

A adaptação de diferentes cultivares a determinadas regiões depende, além das exigências hídricas e térmicas, de sua exigência fotoperiódica. A sensibilidade ao fotoperíodo é característica variável entre cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o florescimento é atrasado (EMBRAPA, 2014).

Em condições de campo a cultura está sujeita a influência de diversos fatores climáticos que, em constante interações entre si e com outros fatores ambientais e fisiológicos, são determinantes para o crescimento e desenvolvimento da cultura (PEREIRA, 2002). Assim, espera-se que a maturação absoluta das cultivares seja influenciada pelo ambiente de cultivo (SEDIYAMA, SILVA e BORÉM, 2015). Logo, objetivou-se estimar quais variáveis climatológicas tem maior efeito na maturação absoluta da cultura da soja na região de clima tropical de altitude.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura da soja

A soja cultivada da (*Glycine max* [L.] Merrill) é originária do leste da Ásia, mais precisamente no nordeste da China, onde o imperador chinês Shen-nung, foi o primeiro a citar e descrever o grão. Devido à sua importância na sociedade chinesa como fonte nutricional e comercial, fez com que houvesse uma expansão da leguminosa para o sul da China, Coréia, Japão e sudeste da Ásia. De forma lenta a cultura chegou ao Ocidente, por volta do final do século XV e início do século XVI nos países europeus. A chegada às Américas ocorre entre o final do século XVII e no final do século XVIII, nos Estados Unidos, onde se dá início a exploração comercial do grão, inicialmente como forrageira, e posteriormente como grão, consolidando atualmente como maior produtor mundial de soja (APROSOJA, 2014).

Em 1882, o professor da Escola de Agronomia da Bahia, Gustavo Dutra, inicia os primeiros trabalhos experimentais de adaptação de cultivares de soja. Porém as cultivares que eram oriundas dos Estados Unidos não obtiveram uma boa adaptação em baixas latitudes. Nos anos de 1900 e 1901 o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) iniciou a distribuição de sementes para alguns produtores paulistas, onde esse observou uma melhor adaptação do que na Bahia. Entretanto, neste mesmo período, o melhor desenvolvimento da soja, ocorreu no Rio Grande do Sul, estado que apresenta condições climáticas similares às das regiões produtoras dos Estados Unidos (EMBRAPA, 2004).

Contudo, somente em 1960, a soja passou a ser cultivada como cultura economicamente importante para o Brasil. Vista como excelente alternativa para a sucessão de culturas com o trigo no sul do Brasil, a produção saltou de 206 mil toneladas, em 1960, para 1,056 milhão de toneladas, em 1969. Na década seguinte à expansão da soja prosseguiu, onde a produção passou de 1,5 milhões de toneladas para em 1970 para 15 milhões de toneladas em 1979, assim como um incremento na área que passou de 1,3 milhão de hectares para 8,8 milhões de hectares, firmando-se como a principal cultura do agronegócio brasileiro. A ampliação dos plantios de soja no Brasil sempre esteve associada ao desenvolvimento rápido de tecnologias e pesquisas focadas no atendimento da demanda externa. (APROSOJA, 2014).

Nos anos de 1980 e 1990 a expansão da soja continuou desta vez estendendo-se para região tropical, centro-oeste do Brasil, onde atualmente é a principal região produtora de soja do país. Em que na safra 2018/2019 teve uma produção de 52 milhões de toneladas contribuindo com aproximadamente 45% da produção nacional. Vale ressaltar que o estado do Mato Grosso hoje maior produtor do país contribui com 32 milhões de toneladas totalizando 28% da

produção interna. Com a expansão da soja para outras regiões do país, principalmente o Cerrado, atualmente o Brasil é o segundo maior produtor de soja com uma produção de 115,1 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Como um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento da soja no Brasil, aponta-se o melhoramento de plantas, que tornou possível o desenvolvimento de cultivares adaptadas à diferentes regiões do Brasil, de modo a permitir sua expansão e hoje sua presença em todo o território nacional. A cultura da soja continua se expandindo para novos territórios do bioma Cerrado, em novas fronteiras agrícolas MATOPIBA (Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia) e SEALBA (Sergipe, Alagoas e Bahia) no Norte e Nordeste do país.

Embora não seja fonte de alimento básico, como os cereais trigo e arroz, a soja é uma das mais importantes culturas do mundo, sendo fonte de proteína e óleo vegetal. Em média as cultivares brasileiras apresentam um teor de proteína e óleo em trono de 40% e 21% respectivamente. Tais características conferem a planta de soja importante fonte de matéria prima. Dentro da cadeia produtiva o farelo de soja é utilizado com fonte de proteína para animais produtores de carne, assim como fonte proteica na dieta humana, de tal forma que óleo pode ser destinado à alimentação humana, produção de biodiesel entre outros fins (SEDIYAMA, 2015).

Devido as suas inúmeras aplicações, a soja é uma *commodity* com grande participação na balança comercial brasileira, em 2018 a receita proveniente das exportações de grãos ultrapassaram os 33 bilhões de dólares, com aproximadamente 83 milhões de toneladas do grão exportados. Neste mesmo ano o país exportou em torno de 16,8 milhões de toneladas de farelo de soja e 1,4 milhões de toneladas de óleo, arrecadando cerca 6,6 e 1,02 bilhões de dólares respectivamente (ABIOVE, 2019). Em 2018 os produtos do complexo soja foram os que mais contribuíram para o crescimento das exportações brasileiras, tendo a China como principal destino, onde essa adquiriu 83% da oleaginosa exportada em 2018 (CEPEA, 2018).

Desta forma a soja se consolidou como a principal cultura brasileira, sendo que atualmente 63 milhões de hectares a soja ocupa 35,8 milhões de hectares, um aumento de 2,1% em relação à safra anterior, ocupando aproximadamente 56% da área planta do país com grãos. A produção foi de aproximadamente 115 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 3.208 quilos por hectare, uma redução de 5,5% em relação ao último ano. Essas perdas em se justificam devido as condições climáticas, onde as principais regiões produtoras do país sofrem com a falta de chuva no desenvolvimento das lavouras (CONAB,2019).

Segundo a FAO a população deve crescer em dois bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, atingindo uma população de mais de 9 bilhões de pessoas. Desse modo a FAO projeta que a produção de alimento deve aumentar em 60%, sendo o grande desafio da agricultura do

século XXI será alimentar esse grande número de pessoas. Devido à grande importância da soja na alimentação humana e animal, assim como sua utilização em diversos setores indústrias, a demanda futura pelo grão será crescente. Como uns dos principais produtores e exportadores de soja o Brasil tem grande capacidade de aumentar a produtividade assim como a área plantada (SEDIYAMA, 2015).

## **2.2 Melhoramento da soja no Brasil**

A primeira referência de cultivo da soja no Brasil data de 1882, quando alguns genótipos foram introduzidos no Estado da Bahia. No entanto, o cultivo comercial só começou a ter expressão econômica no início da década de 1940, no Rio Grande do Sul. Considerada como planta de dias curtos (noites longas), a soja é cultivada em grande parte da área mundial em latitudes maiores que 30°, nos quais prevalecem condições de clima temperado. O Brasil representa uma exceção dentro desse contexto, sendo cultivada atualmente desde altas até as baixas latitudes. Nas duas últimas décadas, com a expansão da cultura em grandes áreas dos Cerrados, o processo produtivo agrícola com a soja ocorre predominantemente em regiões de climas tropical e subtropical (ALMEIDA e KILL; 1999).

Logo após sua introdução, a soja vem sendo estudada e melhorada para as mais diversas regiões do país. O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) foi o pioneiro no melhoramento da cultura no Brasil, realizando as primeiras avaliações de cultivares introduzida no ano de 1892. Os primeiros cultivos comerciais de soja datam de 1914, mas foi a partir da década de 60 o rápido desenvolvimento de cultivo da soja, o que fez com que a cultura se consolidasse (EMBRAPA, 2004). Durante a década de 70, cultivares obtidas pelo IAC em parceria com a Embrapa, como Doko e IAC-8 foram determinantes para a expansão da soja no Brasil (SEDIYAMA, 2015).

O Estado do Paraná também contribuiu amplamente com o melhoramento genético da soja no Brasil a partir do ano de 1976 com a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja – CNPSoja. Um de seus genótipos amplamente cultivados no cerrado foi a cultivar Doko (UNFRIED; BRAGA, 2011).

Minas Gerais também é um estado precursor no melhoramento da soja no Brasil. Os primeiros trabalhos de avaliação e recomendação de cultivares introduzida foram realizados ainda em 1920. A cultura mostrou-se promissora para a região, e a Universidade Federal de Viçosa iniciou suas primeiras pesquisas visando o melhoramento da soja na década de 1960 (SEDIYAMA, 2015). No ano 1988 foi instituída a Fundação Triângulo de Pesquisa, que em parceria com EPAMIG e a Embrapa lançou em 1998 a cultivar MG/BR 46 Conquista, que ocupou uma área tão vasta que dificilmente outra cultivar obterá feito semelhante (ZITO et al.,

2011). Nos últimos anos, a Universidade Federal de Lavras também iniciou seu programa de melhoramento de soja visando obter cultivares precoces e produtivas adaptadas à região sul de Minas Gerais (SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2016; GESTEIRA et al., 2018).

Uma série de fatores contribuíram para a expansão da soja da região sul, para sua instauração na região central, sendo alguns deles: incentivos fiscais, baixo valor da terra em comparação a Região Sul, topografia altamente favorável para mecanização, desenvolvimento do pacote tecnológico para a região, mas o principal fator foi a introdução de cultivares de período juvenil longo (EMBRPA, 2004). Com a introdução do período juvenil longo, cultura da soja continua se expandindo para novos territórios do bioma Cerrado, criando uma fronteira agrícola chamada de MATOPIBA – Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, no Norte e Nordeste do país (AMARAL et al., 2019).

É reconhecido que a expansão da soja nas baixas latitudes foi alavancada com o desenvolvimento de cultivares com características agrônômicas de melhor adaptação às condições edafo-climáticas dos trópicos. Essa tecnologia tem permitido a exploração da soja em regiões antes consideradas inaptas para o seu cultivo econômico. O processo contínuo de recomendação de cultivares para as regiões de médias e baixas latitudes permitiu que extensas áreas da região tropical dos Cerrados fossem incorporadas ao processo produtivo agrícola, inclusive viabilizando a exploração econômica de outras espécies de culturas (ALMEIDA e KILL; 1999). A partir de 1990, todo o cenário do melhoramento genético da soja no Brasil se transformaria com a entrada das multinacionais no país. Em 1996, a Monsanto (atualmente Bayer) iniciou suas atividades com cultivares convencionais. No entanto, a partir de 2005, a principal base genética das cultivares de soja foi a transgênica denominada Roundup Ready RR (MONSANTO, 2016). As primeiras cultivares RR cultivadas comercialmente no Brasil foram procedentes da Argentina. Entre elas, a cultivar Anta82RR foi amplamente cultivada, principalmente em razão de sua precocidade. Mais tarde, outras empresas como Pioneer, Syngenta, Basf e Bayer, também implementaram os programas de melhoramento de soja transgênica. Atualmente, a soja transgênica ocupa mais de 90% das áreas cultivadas (CONAB, 2017).

Com o sucesso da tecnologia RR, as empresas de melhoramento genético voltaram seus esforços para a biotecnologia e o lançamento de novos eventos transgênicos. No ano de 2013, foi lançada pela Monsanto, a tecnologia Intacta RR2 PRO, conferindo, além da resistência ao Glifosato, resistência à lagartas, devido a introdução do gene cry1Ac (MONSANTO, 2016). O evento logo teve adesão dos produtores e atualmente diversas empresas têm cultivares em seu portfólio que possuem a tecnologia. Para os próximos anos, as empresas almejam lançar no

mercado novas cultivares que associem piramidação de proteínas, além de resistência a novos herbicidas (CTNBIO, 2017).

No início de 2016, foi lançada através de uma parceria entre BASF e Embrapa, a primeira cultivar de soja com a tecnologia Cultivance, que confere à soja resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, inibidores da enzima ALS (BAYER, 2016). Ainda para o ano agrícola 16/17, a Bayer Cropscience disponibilizou em 11 cultivares a tecnologia Liberty Link™. A tecnologia, já comercializada em países como EUA e Canadá, confere resistência ao herbicida Glufosinato de Amônio (BAYER, 2016).

Uma nova tecnologia que também se propõe a dar auxílio ao controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato e ao manejo de pragas é a tecnologia Conkesta™ Enlist E3™, a qual vem sendo desenvolvida pela Corteva Agriscience. Trata-se de uma cultivar de soja que além da tolerância aos herbicidas 2,4-D, glifosato e glufosinato, conta com a biotecnologia Bt de maior espectro de controle de lagartas (CORTEVA, 2019).

Com previsão para lançamento comercial no Brasil em 2021, a soja com tecnologia INTACTA 2 XTEND® será a terceira geração de transgênicos trazida pela Bayer ao mercado nacional. Tolerante ao herbicida glifosato, a plataforma trará também uma nova ferramenta para o controle de plantas daninhas: o Dicamba, que oferecerá um amplo controle de plantas daninhas de folhas largas (BAYER, 2018).

### **2.3 Fenologia da soja e fatores ambientais que influenciam no desenvolvimento da cultura**

O uso de uma linguagem unificada na descrição dos estádios de desenvolvimento agiliza e facilita a compreensão entre os diversos públicos envolvidos com a cultura da soja (EMBRAPA, 2014). Além disso, outras razões, como a possibilidade de comparações de estudos realizados em locais distintos e tomada de decisão no manejo justificam o uso de escalas de desenvolvimento de plantas (NOGUEIRA et al., 2013). A metodologia de descrição dos estádios de desenvolvimento por Fehr e Caviness em 1997 é a mais utilizada. O sistema proposto por Fehr e Caviness divide os estádios de desenvolvimento em vegetativo e reprodutivo. Os estádios vegetativos são designados pela letra V e os reprodutivos pela letra R. Com exceção dos estádios VE (emergência) e VC (cotiledonar) as letras V e R, são seguidas de índices numéricos que identificam os estádios específicos, nessas duas fases de desenvolvimento (EMBRAPA, 2007).

O estágio vegetativo denominado VE representa a emergência dos cotilédones, isto é plântula recém-emergida. Uma planta pode ser considerada emergida quando seus cotilédones e encontram acima da superfície do solo. O estágio vegetativo VC representa o estágio em que

os cotilédones se encontram completamente abertos, onde os bordos das folhas unifoliadas não se tocam (EMBRAPA, 2007). A partir de VC os estádios vegetativo são numerados sequencialmente V1, V2, V3, V4, V5...Vn em que *n* número de nós sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas, iniciando-se a contagem dos nós das folhas unifoliadas, visto que nó é a parte do caule onde a folha se desenvolve e é usado para determinação dos estádios vegetativos, porque é permanente enquanto a folha pode se desprender do caule, ou seja ela é temporária. Assim no estágio V1, folhas unifoliadas completamente desenvolvidas, tem-se o primeiro nó. Uma planta atinge o estágio V2, quando a primeira folha trifoliada completamente desenvolvida, ou seja, quando seus bordos não mais se tocam, assim tem-se o segundo nó. Assim sucessivamente para V3, V4, V5...Vn (EMBRAPA, 2007). A mudança de estágio se dá quando a planta induzida pelo fotoperíodo floresce.

O estágio reprodutivo é designado pela letra R prosseguida de um índice numérico, é basicamente dividido em quatro partes: R1 e R2 descreve o florescimento, R3 e R4 desenvolvimento de vagens, R5 e R6 desenvolvimento de sementes e R7 e R8 maturação da planta (EMBRAPA, 2007).

O crescimento e desenvolvimento da planta de soja, fenótipo, é a ação do genótipo, ou seja, da constituição genética da planta, ambiente que representa uma série de fatores que iram influenciar a expressão do potencial genético da planta e da interação entre eles. Dessa forma o fenótipo de qualquer indivíduo se dá pela expressão:  $F = G + A + GA$  (RAMALHO et. al. 2012). Haja vista que interação genótipos x ambientes é o comportamento de diferentes genótipos cultivados em diferentes ambientes, de tal forma que essas variações podem ser divididas em dois tipos: previsíveis e imprevisíveis. A primeira inclui todos os fatores permanentes do ambiente que flutuam de maneira sistemática, como tipo de solo e fotoperíodo, ou que estão sob controle do homem como data de plantio, densidade de semeadura entre outras. Já as imprevisíveis são aquelas que flutuam de forma inconstante, ou seja, aquelas relacionadas ao clima, que variam ao longo dos anos como precipitação e temperatura (ALLARD; BRADSHAW, 1964).

A soja é uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em fotoperíodos menores que um máximo crítico. A resposta ao comprimento do dia está ligada ao fotoperíodo crítico, ou seja, o número de horas luz capaz de induzir a floração, que é a transformação dos meristemas vegetativos em reprodutivos (primórdios florais), determinando o tamanho final das plantas (número de nós) e, portanto, seu potencial de rendimento (RODRIGUES, 2001). Atualmente na cultura da soja existe uma grande diversidade de cultivares e estas com um grau de resposta diferente ao estímulo da duração do dia, em função disso a adaptação de cada cultivar varia à medida que se desloca em direção ao norte ou ao sul, ou seja em função da latitude (EMBRAPA,

2007). Entretanto ocorrem também respostas diferentes dentro de uma mesma faixa de latitude, sendo que duas cultivares forem semeadas na mesma data, a que tiver período crítico maior irá florescer mais precocemente enquanto a outra com fotoperíodo crítico menor será induzida a florescer mais tardiamente (SEDIYAMA,2015).

Portanto toda vez que uma cultivar mudar de latitude ou época de cultivo, haverá uma variação no estágio fenológico. No entanto, a percepção do fotoperíodo crítico para que ocorra a indução do florescimento depende do período juvenil, que pode ser longo ou curto. Em cultivares com período juvenil curto, a percepção fotoperiódica ocorre mais cedo, quando surgem as folhas unifoliadas, a partir desse momento quando o fotoperíodo for menor ou igual ao fotoperíodo crítico a cultivar será induzida a florescer (BARROS; SEDIYMA 2009). Já o período juvenil longo, a indução ao florescimento ocorre mais tarde, a partir do quinto a sétimo trifólio completamente formado, mesmo na condição de fotoperíodo crítico, as plantas não florescem, possibilitando assim maior crescimento vegetativo.

Cruz et al. (2010), Shigihara e Hamawaki (2005) em experimentos com variedades de diferentes ciclos, em baixas latitudes demonstraram a resposta fotoperiódica da cultura, onde os genótipos levaram poucos dias para florescerem na condição de baixa latitude, pois quanto mais se diminui a latitude, mais rápido os genótipos de soja florescem, por atingirem o fotoperíodo crítico em menor tempo. Uma estratégia utilizada pelos melhoristas de soja foi a utilização do período juvenil longo, uma vez que em condições de dias curtos, o florescimento é retardado, possibilitando maior crescimento vegetativo. Sendo assim essas cultivares que apresentam período juvenil longo, apresentam maior faixa de adaptabilidade (EMBRAPA, 2007). A partir da introdução do período juvenil longo, possibilitou o cultivo em quase todo território brasileiro.

A radiação solar também é um fator a se ponderar no desenvolvimento e crescimento da soja, pois é a partir de tal que provém à energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma CO<sub>2</sub> atmosférico em energia metabólica (TAIZ e ZIEGER, 2004). Com relação à cultura da soja, a radiação solar está relacionada com a fotossíntese, alongação de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e, fixação biológica (CÂMARA, 2000). Durante o desenvolvimento da soja ocorre variação fotossintética, devido à alteração na força drenó, na arquitetura e estrutura foliar, sendo que a taxa fotossintética aumenta de forma gradativa do estágio vegetativo para o reprodutivo, atingindo valores máximos no enchimento de grãos (PORRAS et al., 1997; PEREIRA 2002).

Para que ter uma maior eficiência na taxa fotossintética e distribuição dos fotossintatos na planta a água é importante durante todo o desenvolvimento da cultura, tendo como função solvente, através do quais gases, minerais e outros solutos entram nas células e movem-se pela

planta. Tem, ainda, papel importante na manutenção e distribuição do calor. No período de germinação-emergência e de floração e enchimento de grão são os mais críticos, sendo que no primeiro tanto o déficit como o excesso são prejudiciais. Para que ocorra uma boa germinação, a semente precisa absorver pelo menos 50% do seu peso em água, sendo que nesse período a umidade do solo deve estar entre 50% e 85% da capacidade de campo. À medida que a cultura vai se desenvolvendo a necessidade de água vai aumentando, tendo a máxima absorção de água  $7-8\text{mm.dia}^{-1}$  durante a floração-enchimento de grãos, decrescendo após essa época. Déficit hídricos, durante a floração e o enchimento de grãos, causam queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando na redução do rendimento de grãos. A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo (EMBRAPA, 2014).

A temperatura, em que cultura melhor se adapta resulta na faixa de  $20^{\circ}\text{C}$  e  $30^{\circ}\text{C}$ , sendo que a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está em torno de  $30^{\circ}\text{C}$  (EMBRAPA, 2014). Para uma boa emergência, rápida e uniforme, a temperatura ideal está em torno  $25^{\circ}\text{C}$ , sendo que temperaturas abaixo de  $20^{\circ}\text{C}$  prejudicam a germinação e emergência. O crescimento vegetativo é pequeno ou nulo em temperaturas menores ou iguais a  $10^{\circ}\text{C}$ , e em temperaturas acima de  $40^{\circ}\text{C}$  ocorrem efeitos adversos na taxa de crescimento, provocando distúrbios na floração e diminuem a retenção de vagens. A floração é induzida, além do fotoperíodo crítico, por temperaturas acima de  $13^{\circ}\text{C}$ . Assim como a maturação pode ser acelerada em decorrência de altas temperaturas (EMBRAPA, 2014).

Em ambientes com fotoperíodo constante, a temperatura é que irá influenciar o florescimento (GARNER e ALLARD; 1930). Fotoperíodo e temperatura são importantes para o desenvolvimento da cultura da soja, por provocarem mudanças qualitativas ao longo do seu ciclo. Assim as respostas a esses dois fatores são diferentes em cada estágio da planta, principalmente entre a emergência e a floração. O estágio vegetativo pode ser definido como pré-indutivo ou juvenil. Nesse período, entre a emergência e a primeira folha verdadeira (estádio V1) as plantas de soja são incapazes de perceber estímulo ao fotoperíodo. A partir daí, dependendo do genótipo, a planta adquire a capacidade de perceber os estímulos que iram induzi-la a floração, ou seja, transformações de seus meristemas vegetativos em reprodutivos (fase indutiva). Com o início da diferenciação do primórdio floral até a floração, estágio reprodutivo, período pós-indutivo, ocorre o desenvolvimento dos primórdios florais (organogênese floral). A duração desses períodos é determinada pelo grau de sensibilidade termofotoperiódica do genótipo. Assim, em dias longos, a taxa de desenvolvimento dos órgãos

reprodutivos é menor, e em baixas temperaturas ocorre uma diminuição no número de primórdios reprodutivos e na taxa de desenvolvimento (RODRIGUES et al.; 2001).

Aliado a esses fatores, a época de semeadura tem grande influência na cultura da soja pois afeta, o crescimento e desenvolvimento da produção e a qualidade de grãos (ZHANG et al., 2010). A escolha da época de semeadura visa coincidir a ocorrência de condições climáticas favoráveis aos estádios de desenvolvimento da cultura. A semeadura da cultura deve ocorrer no período do ano em que ocorrer maior probabilidade de encontrara água armazenada no solo, para atender o processo de germinação e emergência de plântulas, garantindo um bom estabelecimento inicial da cultura no campo. Posteriormente as condições do ambiente devem assegurar os níveis de umidade, temperatura e radiação que atendam o estágio vegetativo da planta e garantam o seu melhor crescimento e desenvolvimento. Na fase reprodutiva as condições devem propiciar radiação solar, temperaturas e precipitação adequadas, distribuídas ao longo dos estádios reprodutivos, distúrbios nessa fase irão comprometer de forma mais drástica a produtividade da cultura, enquanto na maturidade fisiológica e a maturação de campo devem ser ocorrer pela diminuição de chuvas com temperaturas mais amenas (SEDIYMA, 2015).

## **2.4 Maturidade relativa**

Em razão da sensibilidade da soja ao fotoperíodo, a adaptabilidade de cada cultivar varia com a latitude, ou seja, à medida que o seu cultivo se desloca em direção ao sul ou ao norte. Portanto, cada cultivar tem uma faixa limitada de adaptação (EMBRAPA, 2018). A maturação absoluta do cultivar é o número de dias da emergência da plântula até a maturação das vagens, que pode variar de 75 a 200 dias, dependendo do local e da época de semeadura (CARVALHO et al.; 2003).

As cultivares estão agrupadas em 13 grupos designados 000, 00, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Os grupos 000, 00 e 0 são superprecoces e adaptadas às condições de elevada latitude, que possuem por característica dias mais longos, comuns nas áreas de cultivo do sul do Canadá e norte dos Estados Unidos. Por outro lado, as cultivares pertencentes aos grupos 9 e 10 são tardias, adaptadas aos dias mais curtos característicos das regiões tropicais, de baixas latitudes (SEDIYMA, 2015).

Esta classificação entre cultivares superprecoce à tardia ocorre pelo fato de que quanto maior a latitude da região, maior é o ciclo apresentado pelas cultivares, segundo a sensibilidade ao fotoperíodo dessa, o mesmo é válido para cultivares plantada em regiões de baixas latitudes, mais próximas à faixa do equador, que apresentam ciclo de cultivo mais curto (DECICINO, 2015). Segundo Kantolic (2008), o período das fases e do ciclo de desenvolvimento da soja é

condicionado pelo fotoperíodo e pela temperatura e pode variar de acordo com o genótipo utilizada bem como também com o estágio de desenvolvimento da cultura (SETIYONO et. al., 2007).

Alliprandini et al. (2009) salientam que, a grande maioria das cultivares adaptadas as condições brasileiras apresenta um ciclo em torno de 90 a 150 dias, sendo classificadas entre os grupos de maturação 5 a 9. Esta classificação é validada dentro da faixa de adaptação da cultivar, variando de acordo com a latitude. Entre os estados produtores de soja no país há uma ampla variação de latitude. Cada faixa de latitude possui um intervalo de grupos de maturação associado para a recomendação de cultivares.

Em virtude da diversidade de ecossistemas e tipos de solo e clima (latitude e altitude) brasileiros, foram estabelecidas cinco macrorregiões sojícolas (MRS) e 20 regiões edafoclimáticas (REC) distintas para pesquisa e indicação de cultivares e respectivas épocas de semeadura (Figura 1).

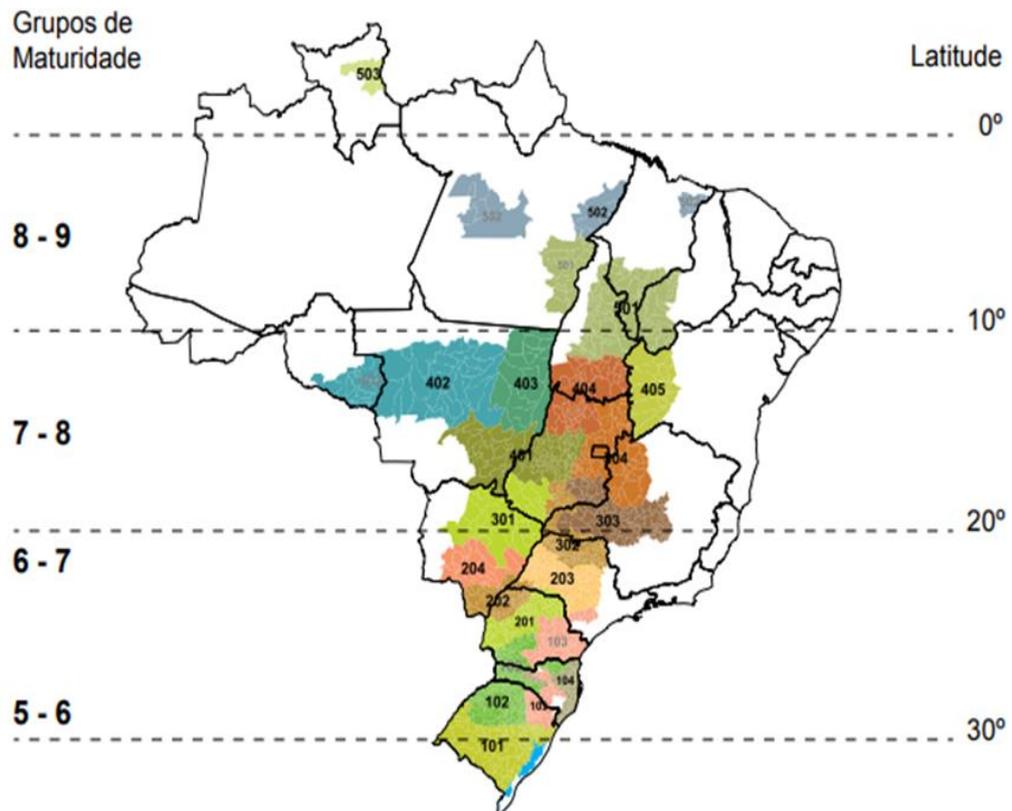


Figura 1. Distribuição dos grupos de maturidade relativa de cultivares de soja no Brasil, em função da latitude. Fonte: Adaptado de Alliprandini et al (2009).

Os estados produtores da região sul recomendam-se o emprego de cultivares dos grupos 5 a 7 (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), já para as regiões de São Paulo, sul de

Minas Gerais e Mato Grosso do Sul recomenda-se as cultivares dos grupos 6 a 7. No centro-oeste norte do Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso, sul de Tocantins, Bahia são cultivares dos grupos 7 a 8. Já para o norte de Tocantins, Piauí e Maranhão, recomenda-se cultivares dos grupos 8 e 9 (EMBRAPA, 2013). Ademais, os grupos de maturação abrangem variações numéricas decimais, sendo que cada decimal correspondente a uma variação entre 2 a 3 dias no ciclo total das cultivares (ALLIPRANDINI et al., 2009).

Em recente trabalho realizado por Carvalho (2017) em que se avaliou a adaptabilidade e estabilidade de acordo com a classificação em grupos de maturidade, constatou-se que foi evidente a alteração na estimativa dos componentes de estabilidade. O autor ainda ressalta que este fato ocorre, pois há muita influência dos fatores ambientais nesse caráter, ou seja, a maturação das cultivares ocorre em épocas distintas o que permite com que os fatores ambientais não ocorram de forma homogênea para todas as cultivares. Em outro estudo realizado por Cavassim (2014) observou-se o efeito dos ambientes juntamente com os métodos de análises de estabilidade para estimar a maturidade relativa de cultivares de soja. O autor elucidou que o caráter maturidade relativa (M.R.) é muito influenciado pelos fatores ambientais e que esta é influenciável pela metodologia a qual se utiliza para se estimar o índice.

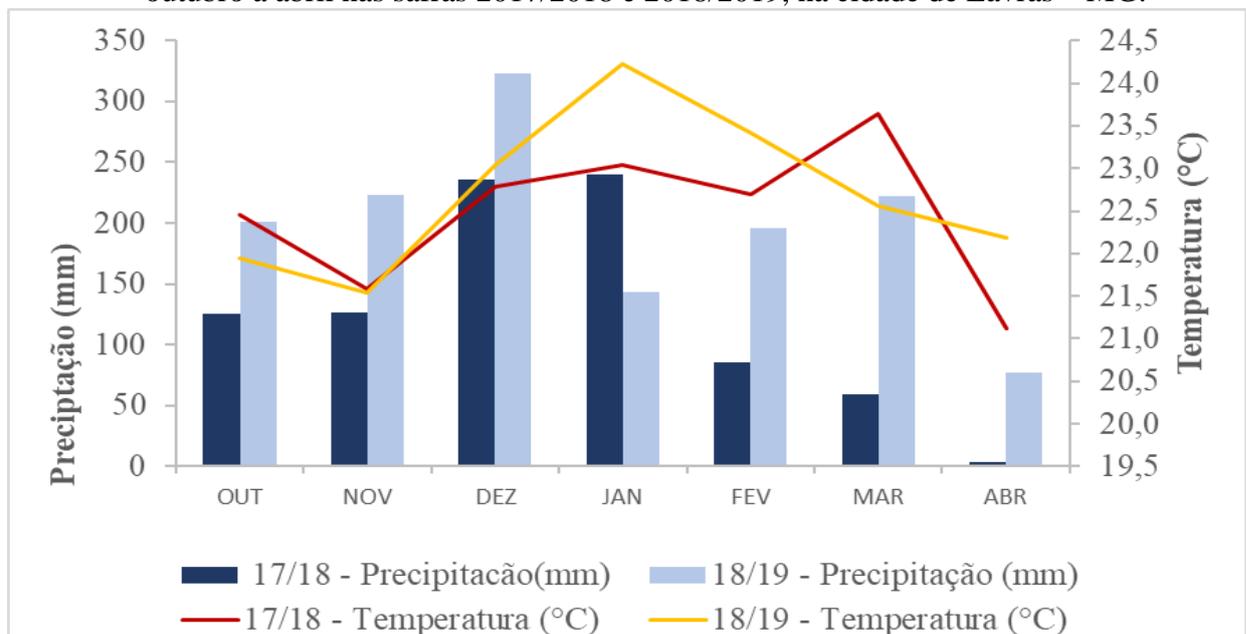
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição, localização e condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas 2017/2018 e 2018/2019, no estado de Minas Gerais, no município Lavras. O experimento foi instalado no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da UFLA - Fazenda Muquém. Lavras é pertencente à região do Campo das Vertentes, localiza-se à latitude 21° 14' 43" Sul e a uma longitude 44° 59' 59 Oeste, altitude de 919 metros. Seu clima, segundo o IBGE (2016), é classificado como tropical de altitude, relevo dominante ondulado e vegetação natural do cerrado. A precipitação média anual é de 1486 mm e temperatura média de 19,9°C segundo o Climate-Data (2016).

Os dados referentes à climatologia e propriedades químicas do solo dos ambientes experimentais encontram-se na Figura 2 e Tabela 1.

Figura 2. Variações mensais de precipitação (mm) e temperatura média (°C) no período de outubro a abril nas safras 2017/2018 e 2018/2019, na cidade de Lavras – MG.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2019)

**Tabela 1.** Composição química do solo no local de condução do experimento.

pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	P	K	MO	V
<b>H<sub>2</sub>O</b>	-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					---mg/dm <sup>3</sup> ---		dag/kg	%	
<b>5.8</b>	3.7	1.0	0.1	2.7	4,4	8,9	24.6	96.0	2.9	64.3

H + Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC (T): capacidade de troca catiônica pH 7,0; MO: matéria orgânica; V: saturação por bases. Fonte do Autor (2019).

Foram avaliadas 13 cultivares de diferentes procedências provenientes do experimento Grupo de Maturidade (Programa de Melhoramento Soja/UFLA) durante os anos agrícolas 2017/2018 e 2018/2019 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Relação dos genótipos de soja e respectivas características de interesse.

CULTIVARES	GM	H.C.	PROCEDÊNCIA
<b>P95R51</b>	5.5	I	PIONNER
<b>M5705IPRO</b>	5.7	I	MONSOY
<b>DM5.8i</b>	5.8	I	GDM
<b>M5947IPRO</b>	6.0	I	MONSOY
<b>6160RSFIPRO</b>	6.0	I	GDM
<b>AS3610IPRO</b>	6.1	I	MONSOY
<b>M6410IPRO</b>	6.4	I	MONSOY
<b>INT7100IPRO</b>	6.4	I	FAC INTEGRADO
<b>BMXPOTÊNCIARR</b>	6.4	I	GDM
<b>AS3680IPRO</b>	6.7	I	MONSOY
<b>TMG2185IPRO</b>	8.1	I	TMG
<b>P98Y30</b>	8.1	D	PIONEER
<b>P98Y70</b>	8.7	I	PIONEER

Grupo de maturação (G.M.) e hábito e crescimento (H.C.). Indeterminado (I), determinado (D), e semideterminado (SD) Fonte do autor (2019).

Na safra 2017/2018 as cultivares foram semeadas no dia 2 de novembro de 2017. Na safra 2018/2019 a semeadura ocorreu no dia 14 de novembro de 2018. Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados completos com duas repetições. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de cinco metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 50 cm. Foi utilizada bordadura externa ao experimento e como área útil as duas linhas centrais da parcela.

Nos dois anos agrícolas avaliados, adotou-se o sistema de plantio direto, com sulcos de semeadura espaçados em 0,50 m. A adubação foi constituída de 350 kg.ha<sup>-1</sup> do formulado de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (02-30-20), aplicado via sulco. A inoculação via sulco, foi realizada com as bactérias *Bradyrhizobium japonicum* imediatamente antes da semeadura na dose de 18 mL p.

c.  $\text{kg}^{-1}$  de semente - estirpes SEMIA 5079 e 5080, contendo  $10.8 \times 10^6$  UFC/sementes do inoculante Nitragin Cell Tech HC<sup>®</sup> ( $3 \times 10^9$  UFC/mL), utilizando-se a própria semeadora para abertura dos sulcos, acoplado com sistema de quatro bicos de pulverização XR 11002, posicionados entre os discos de adubo, aplicando-se volume de calda equivalente a  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ . A semeadura foi realizada manualmente.

O controle de pragas na cultura foi realizado de acordo com a necessidade da mesma, utilizando-se inseticidas com ingrediente ativo Neonicotinóide, Piretróide e Clorpirifós. O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado utilizando-se glifosato na dosagem de  $2 \text{ L.ha}^{-1}$ . O controle de doenças foi realizado a partir do estágio R1 (início do florescimento), utilizando-se fungicidas a base de Azoxistrobina e Pirazol Carboxamida, na dosagem de  $0,3 \text{ L.ha}^{-1}$ , com intervalo de aplicação de 17 dias até o estágio R6 (sementes completamente formadas).

Foram mensurados:

- a) Maturação absoluta, compreendendo o número de dias desde o plantio até o ponto de colheita, representada por 95% de plantas com vagens maduras, no estágio R8.
- b) Os dados meteorológicos de precipitação total (PRECT), insolação total (INST), umidade temperatura média (TEM), temperatura máxima média (TMAX) e temperatura mínima média (TMIN) foram obtidos, diariamente, a partir da Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através da estação climatológica localizada no campus da UFLA, a aproximadamente dois quilômetros da área experimental.
- c) O comprimento astronômico do dia (N), foi obtido a partir das expressões:

$$\delta = 23,45 \text{sen}[(360(NDA - 80))/365]$$

em que:

$\delta$ : Declinação do sol (graus);

NDA: Dia juliano (número de dias transcorridos desde o 1 de janeiro).

$$N = (2/15) \cdot \arccos(-\text{tg} \Phi \cdot \text{tg} \delta)$$

em que:

N: Comprimento astronômico do dia (horas);

$\Phi$ : Latitude do local (graus);

$\delta$ : Declinação do sol (graus).

### 3.2 Análise dos dados

Com o objetivo de estudar quais variáveis climatológicas influenciam a maturação absoluta na cultura da soja procedeu-se análise bivariada adotando o teste de qui-quadrado de Pearson (1900). Posteriormente para quantificar a magnitude das variáveis no desfecho, isto é, maturação absoluta adotou-se o modelo de regressão logística. As análises foram realizadas com o aporte do software R (2016).

Em seguida será procedida a análise de regressão logística considerando o modelo que melhor se ajusta, via *step wise*, abordando o critério de informação de akaike (AIC). Objetivando explicar como as variáveis climatológicas influenciam na maturação absoluta foi estimado o odd's ratio, pelo modelo de regressão logística e seu respectivo intervalo de confiança.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de qui-quadrado de Pearson, isto é, análise bivariada está apresentados na tabela 4. É possível observar que todas as variáveis climatológicas estudadas apresentam associação com a maturação absoluta, ou seja, diferença significativa pelo teste t com alfa de 0,05.

Este fato era esperado pois resultados na literatura mencionam que a maturação absoluta é dependente dos fatores climatológicos (SILVA et al., 2015; SOARES et al., 2016; GESTEIRA et al., 2018).

**Tabela 3.** Teste de qui-quadrado para a associação das variáveis climatológicas e o ciclo e a maturação absoluta.

Variáveis	p-valor
(PRECT) Precipitação Total	0,000*
(INST) Insolação	0,000*
(UR) Umidade Relativa	0,000*
(TEMT) Temperatura Média	0,000*
(TMAX) Temperatura Máxima Média	0,000*
(TMIN) Temperatura Mínima Média	0,000*
(FOT) Fotoperíodo	0,000*

\*Significativo a 95% de probabilidade pelo teste t. Fonte do autor (2019).

Está evidente então que todas as variáveis supracitadas têm relação direta com a maturação absoluta. Diversos relatos na literatura evidenciam que os achados obtidos no presente estudo, são determinantes para o desenvolvimento da cultura da soja, influenciando assim seu ciclo (SEDIYAMA, 2015).

Muito embora todas as variáveis climatológicas tenham associação com a maturação absoluta é necessário identificar se a relação perfaz no intuito de alongar o ciclo da cultura ou reduzir. Com este propósito procedeu-se à análise de regressão logística considerando-se a priori todas as variáveis, isto é, modelo completo, com posterior ajuste do mesmo via *step wise*, adotando o critério de informação de akaique (AIC). Veja que, o melhor ajuste (AIC = 8,066) considerou apenas as variáveis precipitação, insolação total, temperatura máxima e fotoperíodo.

**Tabela 4.** Modelo de regressão logística para as variáveis climatológicas considerando a maturação absoluta.

	MODELO	AIC
MA	PRECT + INST + UR + TMET + TMAX + TMIN + FOT	11,63
	PRECT + INST + UR + TMET + TMAX + FOT	9,68
	PRECT + INST + UR + TMAX + FOT	8,7
	PRECT + INST + TMAX + FOT	8,06

Fonte do autor (2019).

Para entender os efeitos das variáveis explicativas na maturação absoluta estimou-se o odd's ratio, pelo modelo de regressão logística e seu respectivo intervalo de confiança (Tabela 6). Está evidente que as variáveis insolação total e fotoperíodo influenciam na maturação de forma positiva, isto é, no intuito de aumentar o ciclo. Por seu turno, à precipitação e a temperatura máxima, afetou a maturação absoluta de maneira inversa, isto é, reduzindo o ciclo das cultivares.

**Tabela 5.** Estimativas de Odd's ratio para as variáveis climatológicas precipitação total (PRECT), insolação total (INST), temperatura máxima (TMAX) e fotoperíodo (FOT) na maturação absoluta.

VARIÁVEIS	ESTIMATIVAS	LI	LS
PRECT	-0,030*	-0,050	-0,024
INST	0,027**	0,014	0,040
TMAX	-1,8157**	-2,718	-0,914
FOT	0,060**	0,052	0,076

\*\*Significativo a 99% de confiabilidade pelo teste t. \*Significativo a 95% de confiabilidade pelo teste t. Limite inferior (LI) e limite superior (LS). Fonte do autor (2019).

A maior disponibilidade hídrica fez com que a cultura reduzisse a maturação absoluta. Isto é, de acordo com o odd's ratio 33,33% na redução do ciclo do total pode ser atribuída à precipitação.

Como o consumo de água pela cultura da soja depende, além do estágio de desenvolvimento e da demanda evaporativa da atmosfera, o seu valor pode variar, tanto em função das condições climáticas de cada região, como em função do ano e da época de semeadura (FARIAS et al; 2001). A soja tem exigências hídricas progressivas que aumentam de acordo com seu desenvolvimento. Assim a falta de água em qualquer estágio de desenvolvimento altera a produção de matéria seca, afetando o balanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo. No início do ciclo a falta de água, causa redução na emissão de ramos e folhas, porém com a melhor disponibilidade de água após o florescimento a planta pode recuperar-se parcialmente (Mundstok e Thomas, 2005).

Água de forma demasiada pode ter diversas consequências negativas a planta. O excesso de água pode levar a redução da disponibilidade de O<sub>2</sub> para a planta, em solos bem drenados as raízes obtêm O<sub>2</sub> suficiente para respiração aeróbica, diretamente dos espaços porosos do solo. Contudo em condições de excesso de água há o preenchimento dos poros do solo com água, reduzindo assim a disponibilidade de O<sub>2</sub>, suprimindo a respiração nas raízes, e assim a fermentação é aumentada. Essa mudança metabólica pode provocar esgotamento de

energia, acidificação do citosol e toxicidade pela acumulação de etanol. Como consequência do esgotamento de energia, muitos processos, como a síntese de proteínas, são suprimidos (TAIZ E ZEIGER, 2013).

Também pode ter ocorrido uma menor disponibilidade de nitrogênio para a planta, uma vez que, para uma boa nodulação é fundamental considerar que todas as condições do meio físico em que a soja cresce, afetam a fixação simbiótica do nitrogênio, tendo efeitos na formação e desenvolvimento dos nódulos. Para que a simbiose ocorra, o teor ótimo de umidade é de 60% a 70% da capacidade de campo, tanto teores mais baixos como acima, são prejudiciais a formação e longevidade dos nódulos (FUNDAÇÃO MT, 2018). Em condições de elevada umidade do solo, ocorre a decomposição de muitos nódulos, que possivelmente determinam uma redução na fixação de nitrogênio atmosférico (COSTA, 1973).

Outro comentário relevante em relação, se perfaz na maior ocorrência de doenças quando se tem maior precipitação. Com o crescimento da cultura ocorre também maior pressão de doenças. Estas se tornam fator limitante para o crescimento e desenvolvimento da cultura, assim os aspectos ambientais, como a elevada umidade, é fator preponderante para a ocorrência de patógenos foliares na cultura da soja, tais como ferrugem asiática, antracnose e doenças de final de ciclo (SEDIYAMA, 2015). A principal consequência da ocorrência desses patógenos é a desfolha foliar, o que acarreta a redução da maturação absoluta.

Observa-se que 37,04% da variação observada na maturação absoluta pode ser explicada pela insolação total. A relação neste caso é direta, isto é, maior a insolação maior a maturação absoluta (Tabela 5). A insolação (número de horas de brilho solar), teve influência na radiação solar, ou seja, energia emitida pelo sol. Assim com maiores horas de luz solar, maior a energia emitida pelo sol. A radiação solar caracteriza-se como um conjunto de ondas eletromagnéticas que incidem sobre a superfície terrestre, em que apenas 5% da energia total que incide é aproveitada pelas plantas para formação de carboidratos. Sendo assim, verifica-se que 1,3% da radiação incidente ao topo da atmosfera é utilizada pelas plantas para a fotossíntese (TAIZ & ZIEGER, 2013).

A radiação solar é um importante componente ambiental que, além de fornecer energia luminosa para a fotossíntese, também fornece sinais ambientais para uma gama de processos fisiológicos da soja. Por ser uma planta C3, a soja é menos eficiente na utilização de radiação solar, em alguns casos a fotossíntese é limitada por uma menor quantidade de luz (TAIZ e ZIEGER, 2013). Assim pode-se inferir que a maior radiação solar possibilitou que as cultivares de soja otimizassem o balanço fotossintético.

O fotoperíodo é uma das variáveis que climatológicas mais influência na duração do ciclo da cultura da soja. No presente estudo da variação observada na maturação absoluta,

16,67% pode ser atribuída ao fotoperíodo (Tabela 5). O fotoperíodo (número de horas luz) é o fator mais importante para se determinar a proporção relativa entre os estádios vegetativos e reprodutivo da planta de soja, uma vez que influencia diretamente a indução floral (BARROS; SDIYAMA, 2009). O pigmento responsável por desencadear esse processo de indução na soja é chamado de fitocromo. Ele absorve radiação dentro das faixas do vermelho (500 a 600nm de comprimento de onda) e vermelho distante (600 a 700nm de comprimento de onda), adquirindo alternadamente, duas estruturas distintas simbolizadas por P<sub>660</sub> e P<sub>730</sub>. Na presença de luz, o fitocromo se converte de P<sub>660</sub> a P<sub>730</sub>, acumulando-se nessa forma. Na ausência de luz, ele reverte o processo e se acumula na forma P<sub>660</sub>. Assim, na condição de dias curtos, a forma P<sub>660</sub> acumula-se por um longo tempo, induzindo ao florescimento (TAIZ e ZIEGER, 2013).

A sensibilidade ao fotoperíodo é característica variável entre cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o florescimento é atrasado. Por isso, a soja é considerada planta de dia curto. Em função dessa característica, a faixa de adaptabilidade de cada cultivar varia à medida que se desloca em direção ao norte ou ao sul. Entretanto, cultivares que apresentam a característica “período juvenil longo” possuem adaptabilidade mais ampla, possibilitando sua utilização em faixas mais abrangentes de latitudes (locais) e de épocas de semeadura (EMBRAPA, 2014).

Por seu turno, a temperatura máxima também influencia a maturação absoluta, considerando a magnitude do odd's ratio está evidente que 81,5% da variação na maturação pode ser atribuída a temperatura máxima (Tabela 5). A ocorrência de altas temperaturas, afeta as reações bioquímicas da fotossíntese, assim como a integridade das membranas. Também ocorre o aumento na respiração em função da temperatura (KLUGE et al., 2015).

Em condições onde a disponibilidade de CO<sub>2</sub>, luz e umidade do solo são adequadas, as elevadas temperaturas diminuem a atividade da enzima rubisco, que é responsável pela carboxilação do CO<sub>2</sub>. A redução na afinidade por CO<sub>2</sub> causa o aumento da fotorrespiração, assim levando a planta a reduzir seu ciclo (TAIZ e ZIEGER, 2013).

A nodulação da soja também é influenciada pela temperatura. Maior massa de nódulos e fixação de nitrogênio são observadas quando a temperatura do solo está em torno de 27°C (SDIYAMA, 2015). O efeito de temperaturas elevadas, além de resultar na menor atividade simbiótica, ocasiona uma acelerada senescência dos nódulos e conseqüentemente encurtamento do período de fixação de nitrogênio (FUNDAÇÃO MT, 2018).

## 5 CONCLUSÃO

A maturação absoluta na cultura da soja em região de clima tropical de altitude é influenciada por todas as variáveis climatológicas, porém as que mais influenciam são precipitação total, insolação total, temperatura máxima média e fotoperíodo.

A precipitação total e a temperatura máxima média atuaram no intuito de reduzir a maturação absoluta. Existe influência direta e positiva das variáveis climatológicas insolação total e fotoperíodo na maturação absoluta.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.
- ALLIPRANDINI, L.F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P.F.; CAVASSIM, J.E.; GABE, H.L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M.N.; OLIVEIRA, M.A.R.; PITOL, C.; PRADO, L.C.; STECKLING, C. Understanding Soybean Maturity Groups in Brazil: Environment, Cultivar Classification, and Stability. *Crop Science*, v.49, n.3, p.801-807, jun. 2009.
- Almeida, L.A.; Kaster, M. & Kill, R.A.S. 1991. Caracterização das cultivares de soja recomendados no Brasil, para o ano agrícola de 1991/02.1999 Londrina – Embrapa Soja. 5 pp.
- AMARAL, L. O. **Seleção de linhas puras na cultivar de soja BRS Favorita RR**. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.
- APROSOJA BRASIL. **A história da soja**. Disponível em: <<http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>>. Acesso em: 15 de outubro 2019.
- ALVES, A.R.; VIANELLO, R.L.; SEDIYAMA, G.C.; COELHO, D.T. Determinação analítica dos instantes do “nascer” e do “pôr-do-sol” para superfícies inclinadas quaisquer. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.35, n.2, p.194-198,1983.
- BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T. Luz, umidade e temperatura. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina, PR: Mecenias, 2009. p. 17-21.
- BAYER. **Agricultura**. 2016. Disponível em: <<https://www.basf.com/br/pt/products-and-industries/agriculture.html>>. Acesso em: 22 outubro 2019.
- BAYER. **INTACTA 2 XTEND**. 2018. Disponível em: <<https://www.bayer.com.br/midia/sala-de-imprensa/crop-science/releases/intacta-2-xtend-sera-apresentada-em-campo-pela-primeira-vez-durante-o-evento-gigantes-da-soja.php>>. Acesso em: 22 outubro. 2019.
- BORÉM, A. Melhoramento da Soja. In: Sedyama, T.; Teixeira, R. C.; Reis, M. S. Borém, A. (eds.). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. ed. Viçosa: UFV, p.487533, 1999.
- CÂMARA, G.M.S. Fenologia da soja. **Informação Agrônômicas**, v. 82, p. 1-16, 2000.
- CARVALHO, J.P.S. **Classificação de cultivares de soja adotando abordagem univariada e multivariada**. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- CAVASSIM, J. E. **Classificação em grupos de maturidade relative para a soja comparando metodologias de estabilidade**. 111 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada-CEPEA. **Indicador da soja**. Disponível em:< <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/soja.aspx>>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra grãos. Décimo segundo levantamento.** Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 28 setembro 2019.

CORTEVA AGRISCIENCE. **Tecnologias.** 2019. Disponível em: <<https://www.corteva.com.br/produtos-e-servicos/tecnologias/sistema-enlist.html>>. Acesso em: 25 outubro 2019.

CTNBIO. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Processo de OGM.** Brasília, 2017. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/processo-de-ogm>>. Acesso em: 27 outubro. 2019. EMBRAPA, SOJA. "Soja em números." (2019).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil.** 2005. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 28 setembro 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Circular técnica n°48. **Ecofisiologia da soja.** Londrina: Embrapa Soja, Sistemas de produção. Setembro 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014.** Londrina: Embrapa Soja, Sistemas de produção, v. 16 265p., 2014.

FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. 2001. **Efeito da variação diária da umidade do solo sobre a fotossíntese e resistência estomática da soja.** In Sociedade Brasileira Agrometeorologia, 9, ed, Anais. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 9. Campina Grande, PB, pp 68-70.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E **Stages of soybean development.** Ames: Iowa State University of Science and Technology, 11 p. 1977.

Fundação MT. Boletim de Pesquisa 2017/2018. p. 53-98.

GARNER, W. W.; ALLARD, H. A. **Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants.** J Agric Res 18 p.553–606, 1920.

GARNER, W. W.; ALLARD, H.A. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. **Journal of Agriculture Research**, Washington, v. 41, n. 10, p. 719-735, 1930.

GESTEIRA, G. D. S.; BRUZI, A. T.; ZITO, R. K.; FRONZA, V.; ARANTES, N. E. **Data from:** Selection of early soybean inbred lines using multiple indices. Dryad Digital, Repository, 2018.

GESTEIRA, G. D. S.; ZAMBIAZZI, E. V.; BRUZI, A. T.; SOARES, I. O.; REZENDE, P. M. D.; SILVA, K. B. Seleção fenotípica de cultivares de soja precoce para a região Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 3, 2015.

[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/\\$FILE/Como%20a%20Planta%20da%20Soja%20Desenvolve.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/$FILE/Como%20a%20Planta%20da%20Soja%20Desenvolve.pdf)>. Acesso em 25 de outubro 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. 2016. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=313820> >. Acesso em: 15 dez. 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2019. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> >. Acesso em: 09 novembro 2019.

Internenational Plant Brazilian Nutrition-IPNI. Como a soja se desenvolve. Disponível em: < MONSANTO. **História**. Brasil, 2016. Disponível em: < <http://www.monsanto.com/global/br/quem-somos/pages/historia.aspx> >. Acesso em: 12 jun. 2016.

Mundsttok, C.M.; Thomas, A.L. **Soja: fatores que afetam o rendimento de grãos**. 30 p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

NOGGUEIRA, A.P.O.; SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R.C.T.; DESTRO, Estádios de desenvolvimento. **Tecnologias de produção de sementes de soja**. Londrina, PR: Mecenas, 2013. P. 15-44.

Pearson, Karl (1900). «[On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling](#)» (PDF). *Philosophical Magazine Series 5*. **50** (302): 157-175.

PEREIRA, C.R. **Álise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais**. 305 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

R CORE TEAM (2016), R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for statistical Computinh, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. D. F. B.; SANTOS, J. B. D.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. v. 1. p. 522.

RODRIGUES, O.; DIDONTE, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; BERTAGNOLLI, P.F.; LUZ, J.S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 31-437, 2001.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. Exigências edafoclimáticas. In: Silva, A. F.; Sedyama, T.; Borém, A. **Soja: do plantio à colheita**. Ed. Viçosa UFV, p. 54-65, 2015.

SETIYONO, T. D., WEISS, A., SPECHT, J. E., BASTIDAS, A. M., CASSMAN, K. G., & DOBERMANN, A. Understanding and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. *Field Crops Research*, 100, 257-271, 2007.

SILVA, K. B. et al. Adaptability and phenotypic stability of soybean cultivars for grain yield and oil content. *Genetics and Molecular Research*, v.15, n.2, 2015.

SOARES, I. O.; REZENDE, P. M. D.; BRUZI, A. T.; ZAMBIAZZI, E. V.; ZUFFO, A. M.; SILVA, K. B.; GWINNER, R. Adaptability of soybean cultivars in different crop years. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, p. 8995-9003, 2015.

TAIZ, L. e ZIEGER, E. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 5° ed., Porto Alegre: Artemed, 2013. 919 p.

ZHANG, Q.Z.; MA, J.H.; CHEN, X.J.; FU, Y.F. Cloning and analysis of GmCOL4 gene in *Glycine max* L. **Acta Agron Sin** 36(4) p.539–548, 2010. (in Chinese with English abstract).