



**DAVI FILIPE FONSECA BORGES**

**DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES MORFOLÓGICOS E  
PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO NA SAFRA VERÃO  
(2018/2019) EM LAVRAS-MG**

**LAVRAS-MG**

**2022**

**DAVI FILIPE FONSECA BORGES**

**DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES MORFOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE DE  
HÍBRIDOS DE MILHO NA SAFRA VERÃO (2018/2019) EM LAVRAS-MG**

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

Prof. Dr. Márcio André Stefanelli Lara  
Orientador

Prof. Dr. Sérgio Domingos Simão  
Coorientador

**LAVRAS-MG**

**2022**

**DAVI FILIPE FONSECA BORGES**

**DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES MORFOLÓGICOS E  
PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO NA SAFRA VERÃO  
(2018/2019) EM LAVRAS-MG**

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

APROVADA em 20 de abril de 2022.

Dr. Márcio André Stefanelli Lara, UFLA

Dr. Daniel da Cunha, UFLA

Bel. Josias Reis Flausino Gaudencio, UFLA

Prof. Dr. Márcio André Stefanelli Lara

Orientador

Prof. Dr. Sérgio Domingos Simão

Coorientador

**LAVRAS-MG**

**2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Fonseca Borges, Davi Filipe.

Descrição dos componentes morfológicos e produtividade de híbridos de milho na safra verão (2018/2019) em Lavras-MG / Davi Filipe Fonseca Borges. - 2022.

63 p. : il.

Orientador(a): Márcio André Stefanelli Lara.

Coorientador(a): Sérgio Domingos Simão.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Crescimento e desenvolvimento do milho. 2. Caracterização.  
3. Produtividade. I. Stefanelli Lara, Márcio André. II. Simão, Sérgio Domingos. III. Título.

*Aos meus familiares e amigos que fizeram valer toda jornada até aqui.*

*Aos meus pais por serem meu maior exemplo de amor e fé.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

“Se cheguei até aqui, foi por estar sobre ombros de gigantes” – Isaac Newton. Esta frase guia todos os meus sinceros agradecimentos às pessoas e entidades que estiveram comigo durante estes anos.

Primeiramente, à Deus por haver me proporcionado capacidade e discernimento aos estudos e trabalhos por todos estes momentos.

À minha família, por todo o apoio e carinho. Em especial, aos meus pais José Osvander e Edna que não mediram esforços em fazer o melhor possível por mim, às minhas irmãs Josiane e Lidiane, meus sobrinhos Willian e Júlia, e à minha afilhada Alice.

Aos meus avós Maria Elídia (Vovó Preta; *in memoriam*) e Vitor (Vovô Vitor), e, Maria Vitória (Vovó Vitória) e Francisco de Assis (Vovô Assis) que sempre me incentivaram e fizeram eu persistir nos estudos. A todos os meus tios, primos, padrinhos, madrinhas, demais familiares e amigos, cujos os quais trago tamanho apreço e esmero.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Agricultura (DAG), ao Departamento de Zootecnia (DZO), em especial ao Setor de Forragicultura por possibilitar meu crescimento.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica em dois projetos, e à CAPES por me possibilitar um intercâmbio em um país vizinho.

Ao meu orientador professor Márcio Lara e coorientador Sérgio Simão por me conduzirem neste trabalho e demais atividades, as quais foram fundamentais em minha formação acadêmica.

Aos demais membros da banca de defesa, Daniel Cunha e Josias Reis, por terem aceitado o convite de prontidão e estarem dispostos a participar de um momento tão importante.

A todos os inúmeros amigos que fiz no decorrer da graduação. Cada detalhe, cada dia vivido, cada palavra ou gesto de amizade estará para sempre eternizado na memória e no coração. Em especial a todos os moradores da República Copo Sujo e República Área 51, Luis Fernando, Cláudio, Davi, Bruno, Wellington, Gustavo, Alexsander, João Otávio, Josias, Alexandre, Túlio e Wigor, todos os membros do Arreda pra lá e todos os colegas da Agronomia do período 2017/1.

Aos amigos que fiz no período em que estive na Argentina, em especial àqueles que conviveram comigo diariamente e contribuíram para meu evoluir durante este trecho de minha caminhada.

Ao Grupo de Estudo em Herbicidas, Plantas Daninhas e Alelopatia (GHPD) e a cada amigo feito por lá, por haverem me propiciado um ambiente de aprendizado fora do comum.

A empresa Terra Júnior Consultoria Agropecuária e companheiros por me abrir novos horizontes, trazer grandes conhecimentos, experiência prática inigualável e amigos que os levo no peito onde quer que eu vá.

**MUITO OBRIGADO!!!**

*“Ninguém é suficientemente perfeito, que não possa aprender com o outro  
E ninguém é destruído de valores que não possa ensinar algo ao seu irmão.  
Fazei-me instrumento de vossa paz.”  
(São Francisco de Assis)*

## RESUMO

Conhecer a características agronômicas de diferentes híbridos de milho é de suma importância à cadeia de produção de milho, pois auxilia na diferenciação de híbridos a campo, na compreensão da produtividade, na distribuição dos componentes morfológicos no tempo. Nesse contexto, objetivou-se avaliar as características agronômicas de híbridos de milho utilizados para a produção de silagem e de grãos. O experimento foi conduzido no Setor de Forragicultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA no município de Lavras, Minas Gerais, por meio de um delineamento em blocos casualizados. Os tratamentos variaram conforme o cultivar – híbrido de milho, com 12 híbridos dispostos em três repetições, totalizando 36 parcelas nas dimensões de 6 × 5 metros. Foi utilizado o esquema de parcela subdividida no tempo, por meio de medidas repetidas na parcela experimental. As adubações de macro e micronutrientes foram as mesmas para todas as parcelas. A população cultivada foi de 70 mil plantas por hectare, a um espaçamento entre linha de 50 centímetros. As parcelas foram semeadas em 23 de outubro de 2018. Ao longo do desenvolvimento da lavoura foram feitas coletas e avaliações de plantas de milho para os atributos morfológicos, altura de plantas, índice de área foliar (IAF) e produtividade de silagens e grãos. Utilizando-se a média das repetições, foi possível fazer pontuações importantes quanto ao crescimento, desenvolvimento e produtividade dos híbridos de milho avaliados. O milho cresce em altura de forma praticamente constante até o pendoamento-florescimento, momento em que há maior IAF. A produtividade de folhas (kg de MS/ha) e o índice de área foliar (IAF) tende a ser maior naqueles híbridos mais tardios. Com a maturação da planta, há um decréscimo de matéria seca (MS) na folha. A MS do colmo se mantém por um período mais prolongado. O máximo acúmulo de MS no pendão e nos estilos-estigmas, foi entre o estágio fenológico de VT (pendoamento) e R1 (florescimento). A produtividade de grãos é máxima no ponto de maturidade fisiológica (PMF). O acúmulo de material morto cresce próximo ao PMF. O acúmulo de MS nos diferentes componentes morfológicos da planta de milho, pode ser diferente a depender do estágio fenológico, da cultivar e do ambiente de cultivo. Com o uso de atuais híbridos de milho modernos, é possível alcançar altas produtividades.

**Palavras-chave:** caracterização; fenologia; altura; IAF.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – A área experimental .....	29
FIGURA 2 – Pluviosidade no período de condução do experimento.....	35
FIGURA 3 – Plantas de milho em R2-R3 recém coletadas a campo .....	35
FIGURA 4 – Componentes morfológicos separados na planta de milho .....	35
FIGURA 5 – Avaliação da altura de plantas de milho .....	36
FIGURA 6 – Integrador de área foliar - LI-3100 <i>leaf area meter</i> .....	37
FIGURA 7 – Produtividade de folha para os híbridos de milho .....	41
FIGURA 8 – Produtividade de colmo para os híbridos de milho .....	42
FIGURA 9 – Produtividade de pendão para os híbridos de milho .....	42
FIGURA 10 – Produtividade de sabugo para os híbridos de milho .....	43
FIGURA 11 – Produtividade de grão para os híbridos de milho .....	43
FIGURA 12 – Produtividade de palha para os híbridos de milho .....	44
FIGURA 13 – Produtividade de cabelo para os híbridos de milho .....	44
FIGURA 14 – Produtividade de material morto para os híbridos de milho .....	45
FIGURA 15 – Produtividade de toda a espiga para os híbridos de milho .....	45
FIGURA 16 – Evolução do índice de área foliar (IAF) dos híbridos de milho cultivados .....	48
FIGURA 17 – Evolução da altura dos híbridos de milho cultivados .....	49
FIGURA 18 – Produtividades de silagem e grãos - (toneladas de MS/ha) .....	50
FIGURA 19 – Produtividades de silagem (35% de MS) e grãos (13% de Umidade - U) - (toneladas/ha) .....	51

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Características dos híbridos de milho cultivados .....	30
TABELA 2 – Temperatura média diária, umidade relativa média diária, velocidade do vento média diária, insolação, temperatura máxima diária, temperatura mínima diária e chuva .....	31
TABELA 3 – Dia de avaliação após semeadura (DAS) dos híbridos de milho .....	36
TABELA 4 – DAS para colheita de silagem planta inteira, DAS para colheita de grãos, MS de planta inteira na colheita para silagem e Umidade (U) de grãos na colheita para grãos .....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>A planta de milho: origem .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Cultivares de milho .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>As variáveis climáticas e a produção de milho .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4</b>	<b>Fisiologia do milho: o metabolismo C4 .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Soma térmica e o ciclo da cultura do milho .....</b>	<b>17</b>
<b>2.6</b>	<b>Zoneamento agrícola de risco climático para cultura do milho .....</b>	<b>19</b>
<b>2.7</b>	<b>Nutrição e fertilidade de solo para <i>Zea mays</i> L. ....</b>	<b>19</b>
<b>2.8</b>	<b>Manejo fitossanitário da cultura do milho .....</b>	<b>21</b>
<b>2.9</b>	<b>Morfologia da cultura do milho .....</b>	<b>22</b>
<b>2.10</b>	<b>Fenologia da cultura do milho .....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Área e delineamento experimental .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Implantação, condução e coleta dos dados experimentais .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise dos dados obtidos .....</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O milho representa uma das culturas mais importantes do mundo nos aspectos econômico e social (SOLOGUREN, 2015). Na safra de 2021/22, é prevista uma produção mundial de milho da ordem de 1,197 bilhão de toneladas, caracterizando assim, o cereal mais produzido no planeta. As nações que mais produzem este alimento base são: Estados Unidos – 380 mil toneladas, China – 273 mil toneladas e o Brasil – 118 mil toneladas (USDA, 2021).

No Brasil, segundo a Conab (2022), de acordo com o boletim do mês de março de 2022, foi produzido na safra de 2020/21, 87 milhões de toneladas do grão, e, para a safra 2021/22 é prevista uma produção de 112,3 milhões de toneladas. Aumento esperado de 29% da produção das lavouras de milho. Os estados que lideram a produção de milho são Mato Grosso, Paraná e Goiás, produzindo respectivamente, 31.307, 16.667 e 11.492 mil toneladas. A área total destinada ao cultivo de milho no país, é de 19,9 milhões de hectares, sendo 75% cultivado em segunda safra. Do total produzido na safra 2020/21, cerca de 70% é advindo do cultivo em segunda safra (CONAB, 2022). No que tange a exportação, em 2019 o Brasil ocupava a segunda posição a nível mundial, exportando cerca de 30% do total de milho exportado no planeta, ficando atrás somente dos EUA (DOS SANTOS *et al.*, 2022).

O milho é utilizado na alimentação humana e animal, sendo o principal componente na alimentação de aves, suínos e bovinos e recentemente vem sendo utilizado na fabricação de biocombustíveis, produção de álcool para bebidas e outros fins industriais (SALLA, *et al.*, 2010). Além disso, os derivados do milho são obtidos por meio da produção de alimentos básicos, tais como: fubás, farinhas, canjicas e óleos. O milho também está presente em balas, doces em pasta, aromas e essências, refrigerantes, cervejas, molhos, papelão ondulado, adesivos e fitas gomadas (SOLOGUREN, 2015).

Haja visto a importância do milho para a população mundial, é interessante entender como a planta cresce, se desenvolve e produz, vislumbrando sempre o melhor manejo da cultura para obtenção da maior taxa de retorno em três aspectos: social, econômico e ambiental. Ritchie *et al.* (1993) descreveu a fenologia da espécie *Zea mays* L. e para o quesito produtividade, têm-se buscado e encontrado cada vez mais ganhos ou incrementos à cultura, de maneira a formar uma agricultura cada vez mais competitiva, com resultados de rendimento acima de 12 toneladas de grãos por hectare na região do Cerrado (PADILHA *et al.*, 2015).

Devido a diversidade de cultivares no mercado (EMBRAPA, 2020), a grande base genética e variabilidade da performance de genótipos em função do ambiente (OLIVEIRA *et*

*al.*, 2017; FERRARI *et al.*, 2018; MIJONE *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2019), sobretudo para híbridos simples (FRITSCH NETO, 2015) é necessário avaliar como ocorrem nas diferentes fases do crescimento, desenvolvimento e produtividade dos cultivares híbridos mais usados em cada região, conforme relatou Pacheco *et al.* (2017) ter dificuldade na recomendação segura de genótipos em função da presença da interação entre genótipos  $\times$  ambientes. Além disso, novos estudos quanto a ocorrência de eventos fisiológicos na planta necessitam ser feitos com os novos genótipos, haja visto que o melhoramento genético está disponibilizando cultivares cada vez mais produtivos e precoces (VON PINHO *et al.*, 2009).

Objetivou-se avaliar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de híbridos de milho, por meio dos parâmetros da composição morfológica da parte aérea (folha, colmo, material morto, pendão e espiga – grãos, sabugo, estilo-estigma e palha), da altura de plantas, índice de área foliar (IAF) e da produtividade de silagem planta inteira e de grãos na safra verão (2018/2019) em Lavras – MG.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A planta de milho: origem

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família *Poaceae*, é uma espécie originária da América do Norte (SILVEIRA *et al.*, 2015). Os primeiros registros do cultivo do milho datam de 7.300 anos atrás, encontrados em pequenas ilhas próximas ao litoral do México. O ancestral da planta de milho é o teosinto, gramínea robusta originária da América Central (BOGDAN, 1977). Segundo Lerayer (2006), seu nome é de origem indígena caribenha, e significa "sustento da vida". Foi a base alimentar de várias civilizações importantes ao longo dos séculos, sendo que os Olmecas, Maias, Astecas e Incas reverenciavam o cereal na arte e religião.

A cultura passou por um longo processo de adaptação à diversas regiões e seleção pelo homem segundo as características produtivas de interesse da planta (LERAYER, 2006). Hoje, se trata de uma das plantas conhecidas pelo homem mais eficientes fotossinteticamente, sendo sua grande capacidade de produção, relacionada a sua eficiência em conversão da energia radiante e, conseqüentemente, grande produção de biomassa (FANCELLI, 2003; MAGALHÃES *et al.*, 2011).

### 2.2 Cultivares de milho

Na escolha dos cultivares de milho e posicionamento em um talhão de produção de uma fazenda, tem-se que: o cultivar é responsável por, pelo menos, 50% da produtividade de uma lavoura (FRITSCHÉ NETO, 2015), uma vez que quando observado os fatores que compõem a produtividade do material instalado a campo e o cultivar escolhido, são definidas estratégias para manter um alto teto produtivo, manejando as condições adversas (ARGENTA *et al.*, 2003).

As características genéticas dos cultivares podem interferir na eficiência de utilização dos recursos do meio (BORÉM, 1999). Adequar o tipo de cultivar ao nível tecnológico empregado nas propriedades e às características edafoclimáticas do ambiente de cultivo contribui significativamente com a melhoria na eficiência de produção das culturas (SANGOI *et al.*, 2006), haja visto que vários são os relatos que destacam a importância da interação genótipos por ambientes em trabalhos realizados com a cultura do milho no Brasil (SOUZA, 1989; CARVALHO *et al.*, 1992; ARIAS, 1995; GONÇALVES, 1997).

Ainda de acordo com Sangoi *et al.* (2006), o incremento em produtividade, rendimento de grãos e margem de lucro na cultura do milho é potencializado quando as boas práticas de

manejo se dão sobre cultivares híbridos (híbridos duplos, triplos e simples), quando comparadas as variedades cultivadas de polinização aberta. O uso de híbridos simples com alto potencial produtivo mostrou-se economicamente mais vantajoso em sistemas de produção com alto investimento em manejo (PADILHA *et al.*, 2015). Por esse motivo, a obtenção de cultivares híbridos foi o principal causador do notável aumento da produtividade de grãos da cultura, possibilitando atender à demanda crescente por esse cereal observada no último século (BISON, 2003).

Segundo Fritsche Neto (2015), o híbrido simples é originado do cruzamento entre duas linhagens puras, apresentando como resultado alto vigor híbrido, maior uniformidade de plantas e espiga, porém, com baixa estabilidade em seu comportamento produtivo. Híbrido triplo é o resultado do cruzamento entre um híbrido simples e uma linhagem pura, o qual possui características intermediárias entre o híbrido simples e o híbrido duplo. O híbrido duplo é originado do cruzamento de dois híbridos simples, de forma a possuir menor grau de heterose, maior heterogeneidade da lavoura (variabilidade genética) e maior estabilidade de comportamento.

Os cultivares chamados de variedades são aquelas de polinização aberta, em que a população de plantas se encontra em equilíbrio gênico ou equilíbrio de Hardy-Weinberg, o qual diz que "na ausência de migração, mutação e seleção, as frequências gênicas e genotípicas permanecem constantes dentro de limites estreitos, geração após geração, em uma população grande com cruzamentos ao acaso" (BURNS; BOTTINO, 1991). Por essa razão possui base genética mais ampla quando comparadas aos híbridos, e, em decorrência disso, maior heterogeneidade morfológica e fenológica (EMYGDIO *et al.*, 2011).

De acordo com o levantamento de 2020 da Embrapa, a safra 2019/20 contou com as seguintes razões dos tipos de materiais genéticos de milho: 86,4% híbridos simples, 5,8% híbridos triplos, 3,9% híbridos duplos, e 2,6% híbridos intervartais. No levantamento foram listadas também 11 variedades, 2 (*tops cross*) e 28 cultivares não tiveram a genética empregada informada pelas empresas (PEREIRA FILHO, 2020). Informações estas obtidas nos portfólios das empresas produtoras de sementes de milho.

Há uma evolução exponencial no percentual de materiais ou cultivares de milho com alguma transgenia perante o total de cultivares no mercado. Na safra de 2008/09, este grupo representava cerca de 6% do total, em 2014/15 este percentual chegou a 61%, e mais recentemente, na safra de 2019/20, 67% do total de cultivares no mercado apresenta algum evento transgênico (PEREIRA FILHO, 2020).

O grande salto desse percentual em seis safras agrícolas mostra a adesão dos produtores à tecnologia de gene a partir do primeiro evento aprovado para a cultura do milho, no ano de 2007 (MORAIS, 2015). Tal ferramenta agrega positivamente a agricultura, traz produtividade, rentabilidade e segurança ao produtor rural e a população, todavia, é preciso que haja um uso racional destas tecnologias, no intuito de resguardá-las como eficazes por vários anos sem que ocorra a resistência de organismos anteriormente susceptíveis (RESENDE *et al.*, 2014).

### **2.3 As variáveis climáticas e a produção de milho**

O crescimento e desenvolvimento da cultura do milho também se dá em função de fatores climáticos, como: disponibilidade hídrica, temperatura e radiação solar ou luminosidade. É necessário que os valores de precipitação, radiação e, especialmente temperatura, atinjam níveis considerados ótimos, para que seja expresso o máximo potencial de produção, atentadas as fases de desenvolvimento da planta, já que cada estágio possui níveis toleráveis diferentes (ALVES *et al.*, 2010; CRUZ *et al.*, 2011).

O milho apresenta resposta ao fotoperíodo para latitudes superiores a 33° (FANCELLI; DOURADO NETO, 2003). Por esta razão, no Brasil o milho é considerado fotoneutro ou insensível ao fotoperíodo, visto que o alongamento ou o encurtamento da fase vegetativa é resultante da disponibilidade de calor (soma térmica) e não do número de horas de luz (ou de escuro) a que a planta estiver submetida (ALMEIDA, 2007).

A não influência do fotoperíodo na cultura do milho não deve ser confundida com sua responsividade a energia luminosa. A alta intensidade de radiação solar é requerida pela cultura. De acordo com Bevilacqua (2012), a radiação solar é essencial para o desenvolvimento do milho, pois sem este o processo fotossintético é inibido e conseqüentemente ocorre redução na produção, isto porque a fixação de CO<sub>2</sub> fornece cerca de 90% da matéria seca. Uma redução de 30 a 40% da radiação por um logo período pode acarretar na redução da produção e no atraso na maturação fisiológica. O máximo aproveitamento da radiação ocorre no pré-florescimento e no enchimento de grãos, sendo está fase o período mais crítico (RODRIGUES *et al.*, 2011).

Temperaturas máximas diurnas entre 25 a 30°C – faixa térmica que otimiza a atividade fotossintética da planta – e, temperaturas mínimas noturnas entre 15 e 18°C – faixa ideal para minimizar a atividade respiratória, sem comprometer outros processos fisiológicos importantes da planta –, trazem benefícios ao cultivo de milho. As temperaturas limites, máxima e mínima, para o cultivo de *Zea mays* L., são 42°C e 10°C, respectivamente. Uma amplitude térmica de



12 a 15°C e distribuição pluviométrica regular, principalmente nos períodos de maior demanda hídrica da cultura, são ideais para a planta de milho (SANGOI *et al.*, 2010).

Conforme Silva *et al.* (2004), o clima é o fator que mais oferece risco a atividade de produção agrícola, sendo assim, a água, seja por precipitação natural (chuva) ou irrigação é o elemento fundamental que contribui para o sucesso da cultura do milho. A cultura do milho exige um mínimo de 350 a 500 mm de água, atingindo sua máxima produtividade com um consumo de 500 e 800 mm de água durante o seu ciclo (ANDRADE, 2000). As maiores exigências de água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação do grão. Todavia, entre 15 dias antes (emborrachamento) e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina (grãos leitosos), o requerimento de suprimento hídrico satisfatório, aliado a temperaturas adequadas, tornam tal período extremamente crítico (FANCELLI, 2015).

#### **2.4 Fisiologia do milho: o metabolismo C4**

O milho possui metabolismo C4, o que lhe confere uma taxa fotossintética líquida maior ao ser comparado a C3 (MAJEROWICZ, 2004). O milho apresenta baixa perda de água podendo ser cultivado em ambientes quentes com alta intensidade luminosa, se adaptando bem ao clima tropical pela sua baixa fotorrespiração (LACERDA, 2007). Este fator fisiológico – milho: uma planta C4 – faz com que apresente alta produtividade biológica (FANCELLI, 2015).

Segundo Taiz *et al.* (2009), como a planta de milho possui metabolismo C4, ela possui a enzima *PEPCase* (fosfoenolpiruvatocaborxilase) que apresenta afinidade apenas com o CO<sub>2</sub>, assim não perde energia com a fotorrespiração. A *PEPCase* e PEP (fosfoenolpiruvato) são as principais responsáveis por manter a concentração elevada de CO<sub>2</sub> no sítio ativo da RUBISCO (ribose-1,5-bifosfato *carboxilase/oxidase*), com isso o ciclo de Calvin-Benson sempre possuirá CO<sub>2</sub>, assim poderá manter seus estômatos fechados por um período maior e suportar temperaturas mais altas e níveis elevados de radiação. Isso garante que o milho sintetize fotoassimilados com baixa quantidade de água e sob temperaturas mais elevadas (MALDANER *et al.*, 2014). A denominação do metabolismo de plantas C4 se deve ao fato de o primeiro composto estável produzido no processo fotossintético, ser um composto com quatro átomos de carbono, o oxalacetato (VALENTE, 2011).

#### **2.5 Soma térmica e o ciclo da cultura do milho**

O milho necessita acumular determinadas quantidades de unidades calóricas ou unidade térmica em cada estágio, contabilizadas em graus dias (GD). Segundo Villa Nova *et al.* (1972),

graus-dia é obtido pela diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura basal exigida por uma espécie. Para a planta de milho, a temperatura de base ou basal, é de 10 °C durante todo seu ciclo, conforme recomendado por Berlato e Matzenauer (1986). Para cálculo, o método de Arnold (1959) é o mais usado por ser um método simples, de forma que os graus-dia são calculados como a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura basal inferior.

$$GD = (TM - Tm) / 2 - Tb$$

em que: GD = graus-dia, °C; TM = temperatura máxima do dia, °C; Tm = temperatura mínima do dia, °C; Tb = temperatura basal inferior, °C.

Os graus-dia acumulados (GDA) é a soma do GD calculado para cada dia do ciclo.

$$GDA = \sum_n GD$$

em que: n = dia do ciclo da cultura.

Segundo Schons *et al.* (2009), o milho possui uma constante térmica de aproximadamente 900°C durante o ciclo, de acordo com a temperatura acumulada necessária para atingir a polinização. As cultivares de ciclo normal apresentam exigências térmicas correspondentes a 890-1200 graus dias acumulados (GDA), as precoces, de 831 a 890, as superprecoces, de 790 a 830 GDA, e hiperprecoces, abaixo de 790 GDA (CRUZ, 2006).

A exigência ou acúmulo de graus-dia é intrínseco ao híbrido cultivado, isto é, cada um possui um valor de unidade térmica a ser cumprido para se desenvolver. Este é o motivo de haver cultivares de milho que maturam mais rapidamente ou mais lentamente em um mesmo ambiente, sob normalidade de outros fatores ambientais. Assim, é expresso a quantidade de dias que um híbrido ficará a campo até o ponto de maturação fisiológica (PMF), na prática, indicada pela camada preta na base do grão ou local inserção do grão no sabugo (DE SOUZA, 2021).

No que se refere aos dias de ciclo, os cultivares são classificadas em normais, semiprecoces, precoces e superprecoces. Alguns cultivares são classificadas para a região Sul como hiperprecoces, segundo classificação de algumas empresas de sementes. Considerando o total de cultivares disponíveis para a safra 2019/2020, 129 são precoces, o que representa 65,8% do total, 48 superprecoces, 9 semiprecoces, 6 hiperprecoces e 2 cultivares são de ciclo médio (PEREIRA FILHO, 2020). Isso mostra claramente o desejo de precocidade e o manutenção de alta produtividade nos programas de melhoramento genético. Busca-se cultivares de milho para atender a demanda de uma janela curta de seu cultivo, aliado à viabilidade de duas safras agrícolas em uma mesma gleba na maioria das regiões produtoras do país.

## **2.6 Zoneamento agrícola de risco climático para cultura do milho**

Em função da grande influência das intemperes climáticas à cultura do milho e às culturas agrícolas de modo geral, se faz necessário entender o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Dados os avanços nos trabalhos na área de climatologia, o Brasil possui um Zoneamento Agrícola, elaborado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que fornece informações sobre as épocas de plantio de milho tanto na safra como na safrinha, com menores riscos, para quase todo o país (CRUZ, 2006).

Iniciado em 1996, o ZARC tem o objetivo de delimitar municípios e épocas de plantio com base no risco agroclimático. Possui uma rede de pesquisadores e técnicos da Embrapa e várias outras instituições estaduais e uma elaborada construção de sistemas de análise de dados agrometeorológicos e simulação matemática, que quantificam o risco de produção nas condições climáticas normais de cada região, a fim de permitir a adequada avaliação da variabilidade de cada local, época e suas consequências para as culturas agrícolas (MONTEIRO *et al.*, 2021).

Para criar o zoneamento de uma cultura, o MAPA avalia os seguintes parâmetros: coeficiente de cultura, evapotranspiração potencial, precipitação e temperatura, ciclo e fase fenológica da cultura, e a disponibilidade máxima de água no solo. E, como resultante, classifica regiões e determina épocas de semeadura (BRASIL, 2013).

O sistema é utilizado de forma aplicada no Proagro – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária, Pronaf – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, PSR – Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, e também, como meio de aprovação de crédito agrícola para linhas de financiamento independentes (MONTEIRO *et al.*, 2021).

## **2.7 Nutrição e fertilidade de solo para *Zea mays* L.**

Fornecer nutrientes de maneira adequada para a cultura do milho, considerando aspectos do solo, da planta, e da interação solo-planta no ambiente de cultivo, é essencial para o crescimento, desenvolvimento, e por consequência, o alcance de altas produtividades (SOARES, 2003).

Os solos predominantes no Brasil são os Latossolos, fortemente ácidos, com baixos valores de CTC efetiva, alta saturação em alumínio e reduzida disponibilidade de fósforo (LOPES; COX, 1977). De tal modo, há alguns grandes problemas fundamentais a serem corrigidos: a adequação do pH a faixa ótima para o desenvolvimento das culturas agrícolas, a

neutralização do alumínio tóxico, e a adequação de nutrientes a teores para um bom desenvolvimento da planta.

Segundo Malavolta (1985) a água lava as bases do complexo de troca deixando íons  $H^+$  em seu lugar. O autor destaca a faixa ideal de pH de 6,0 a 6,5 na solução do solo a ser trabalhada para a maioria das culturas agrícolas, uma vez que para valores acima destes há redução na disponibilidade de micronutrientes catiônicos (ferro, cobre, manganês, zinco), e também redução na disponibilidade de boro, fósforo, nitrogênio e enxofre em pH ainda mais básico (MALAVOLTA, 1981).

Cabe salientar o efeito negativo do alumínio às culturas agrícolas de forma geral, e seu potencial em limitar o crescimento e desenvolvimento do milho, já que se trata de uma cultura com grande potencial de aprofundar seu sistema radicular, fator limitado quando há presença de alumínio tóxico, sendo necessário a publicação de estudos feitos com cultivares híbridas modernas. O efeito do alumínio sobre a planta resulta em um sistema radicular pouco desenvolvido, limitando a exploração das camadas mais profundas de solo, restringindo a absorção de água e de nutrientes (ALVES *et al.*, 2004).

Para a adequação do pH do solo e a neutralização do alumínio, usa-se corretivos de acidez, os quais contêm como "constituintes neutralizantes" óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e ou de magnésio, tais como: calcário dolomítico, calcário calcinado, óxido de cálcio ou de magnésio, hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e escórias (VELOSO *et al.*, 1992).

Quanto a adubação, com a análise de solo da área em mãos, verifica-se a disponibilidade de nutrientes em solução, a partir da interpretação utilizando os manuais técnicos aplicáveis a região de cultivo, sendo eles, manuais gerais de adubação, como: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO, 1999), Cerrado: correção do solo e adubação (DE SOUZA, 2004), Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (VAN RAIJ, 1996).

Coelho (2008) mostra a extração de nutrientes pelo milho e comenta que o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aumentam linearmente com o aumento na produtividade, e que as maiores exigências da cultura se referem ao N e K, seguido de Ca, Mg e P. Segundo Silva *et al.* (2005), o nitrogênio é o nutriente que mais exerce influência sobre o rendimento de grãos, sendo que a sua dinâmica no sistema solo-planta é alterada pelo manejo do solo empregado.

Conforme relata Ritchie *et al.* (2003) em média, para cada tonelada de grãos produzida, a planta de milho extrai do solo 24,9 kg de N, 5,9 kg de P, 26,7 kg de K, 6,6 kg de Ca, 7,9 kg

de Mg, 2,5 kg de enxofre (S), 66,6 g de zinco (Zn), 21 g de boro (B) e 21,2 g de cobre (Cu). Considerando uma tonelada de grãos produzida, do total extraído do solo pela planta de milho, são exportados para os grãos 15,6 kg de N, 4,8 kg de P, 5,1 kg de K, 0,4 kg de Ca, 2,2 kg de Mg, 1,2 kg de S, 24,4 g de Zn, 3,8 g de B e 2,1 g de Cu.

## **2.8 Manejo fitossanitário da cultura do milho**

Objetivando altas produtividades, os fatores bióticos que influenciam o crescimento e desenvolvimento da cultura também devem ser observados e manejados de forma integrada, com as ferramentas disponíveis para cada cenário. A ocorrência de doenças, plantas daninhas e insetos pragas, podem afetar de maneira total ou parcial esse potencial produtivo (CRUZ *et al.*, 2009).

As doenças destacam-se pela frequência de ocorrência e pelos danos causados no estabelecimento de plântulas, podridões da base do colmo, da espiga e doenças foliares causadas por fungos (DURÃES, 2007). Historicamente, o uso de fungicidas na cultura do milho é recente. Ele se dá de forma crescente a partir dos anos 2000 e está relacionado à modificação e evolução do sistema de produção da cultura, em que se passou a selecionar híbridos para o aspecto produtivo, porém menos estáveis a doenças. Além disso, houve redução do espaçamento ou adensamento da lavoura para ganhos em produtividade, afetando o microclima e favorecendo a ocorrência de patógenos (COTA *et al.*, 2013).

Quanto às pragas, o manejo também deve se dar de forma integrada, por meio do uso de vários métodos de controle, observando sempre o nível de dano econômico aplicado a realidade de cultivo atual, isto é, preços das formas de intervenção, potencial de dano do inseto-praga e potencial produtivo da lavoura. Os danos causados pelas pragas na fase vegetativa e reprodutiva do milho variam de acordo com o estágio fenológico da planta, condições edafoclimáticas, sistemas de cultivo e fatores bióticos localizados (CRUZ *et al.*, 2002).

No que tange a plantas invasoras, há relatos de que a redução da produtividade devido a competição com a cultura de interesse pode chegar a até 70% de acordo com a espécie e grau de infestação das invasoras, a depender do tipo de solo, condições climáticas, além do espaçamento, variedade e estágio fenológico da cultura no período de convivência das invasoras (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). O controle de invasoras no milho pode ser realizado em dois momentos durante o ciclo da cultura, antes e depois da semeadura, de acordo com os herbicidas escolhidos e a seletividade a cultura (NICOLAI, 2004). Para o posicionamento dos métodos de controle de plantas invasoras, o período anterior à interferência (PAI), o período

total de prevenção da interferência (PTPI) e o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) para a cultura do milho também devem ser levados em consideração.

Nesse viés, a rotação de culturas é uma prática altamente recomendável, visto que seus benefícios para as culturas não se limitam somente ao aumento da produtividade, mas envolvem a melhoria do solo em termos físicos, químicos e biológicos, bem como a redução na ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas, aumentando assim a estabilidade da produção (FRANCHINI *et al.*, 2011).

## 2.9 Morfologia da cultura do milho

A morfologia da planta de milho é dividida em sistema radicular e parte aérea, sendo a parte aérea subdividida em colmo, folhas, espiga e pendão (WILSON, 1993). Se faz necessário conhecer tais componentes, estudá-los, entendê-los, e aplicar manejos que garantem seu melhor aproveitamento nos ambientes agrícolas.

O colmo é o órgão da planta com a função de dar estrutura de crescimento a planta e servir como sustentação às outras partes (MAGALHÃES *et al.*, 1995). Esta fração da planta também possui função de reserva de nutrientes e fonte de fotoassimilados para o desenvolvimento dos grãos após a polinização (JONES E SIMMONS, 1983; MAGALHÃES *et al.*, 1998). O colmo é dividido em nós e entrenós e o seu diâmetro pode variar de acordo com o genótipo das plantas e com as condições ambientais, a competição entre plantas na lavoura, a adubação, e o manejo de modo geral.

Histologicamente, o colmo é formado por células epidérmicas que envolvem algumas camadas de células esclerenquimáticas, e essas por sua vez envolvem um conjunto denso de células parenquimáticas. Posicionados de forma dispersa dentro dessa massa de células parenquimáticas, ficam os feixes vasculares, formados pelo floema, xilema e células fibrosas de esclerênquima (WILSON, 1993).

As folhas são grandes responsáveis pela produção de fotoassimilados que serão utilizados durante crescimento e no desenvolvimento da planta (LIMA *et al.*, 2010). A produtividade de matéria seca (MS) dos grãos e das plantas dependem diretamente da atividade metabólica das folhas (BELOW *et al.*, 1981; SWANK *et al.*, 1982). O número de folhas, a arquitetura e o tamanho destas são influenciados pelas condições do ambiente e pelo material genético (WESTGATE *et al.*, 2004; GRALAK *et al.*, 2014). Como característica da espécie, as folhas são alternas e lanceoladas, podendo ser lisas ou cerosas. A folha do milho é composta morfológicamente por duas partes: a lâmina foliar (ou limbo foliar) e a bainha. A bainha é a

parte que une a folha ao colmo e tem função importante na condução de produtos entre estas partes, além de contribuir na proteção física da parte onde está unida ao colmo (ESAU, 1977).

Quanto à histologia do limbo foliar, na parte mais externa, a folha é revestida pela epiderme, que tem função de proteção (RAVEN *et al.*, 1996) e também é onde são encontrados os estômatos, responsáveis pelas trocas gasosas da planta com o meio (ESAU, 1977). O interior da folha é constituído pelo mesófilo e os feixes vasculares. As folhas possuem anatomia do tipo “Kranz” – característica de planta C4 –, onde os feixes vasculares, compostos pelo xilema e pelo floema, são dispostos paralelamente e sustentados por células de esclerênquima ligadas à epiderme, e ao redor deste, se encontram as células da bainha do feixe e o mesófilo, compostos por células parenquimáticas, responsáveis pela fotossíntese e pelo tipo de rota metabólica da planta (DENGLER; NELSON, 1999).

A espiga, é a inflorescência feminina da planta de milho. Cada espiga possui de 500 a 1000 óvulos passíveis de polinização (GARCÍA-LARA; SERNA-SALDIVAR, 2019). É composta pelo sabugo, grãos, palha, estilos-estigmas. As palhas possuem células com as paredes celulares compostas em sua grande parte por celulose e lignina (HUDA; YANG, 2008) que possuem a função de proteção dos grãos. O sabugo é composto por tecidos de células parenquimáticas e é envolto por uma camada, fibrosa e resistente, formada por feixes vasculares. Segundo García-Lara *et al.* (2019), o sabugo é capaz de armazenar nutrientes e também é responsável pelo transporte destes nutrientes para o desenvolvimento e enchimento dos grãos.

Os grãos do milho são do tipo cariopses, formados por três estruturas básicas: o pericarpo, o endosperma e o embrião (WATSON, 2003). Além destas estruturas, cada fruto se liga ao sabugo por uma estrutura chamada pedicelo (WATSON, 2003; GARCÍA-LARA *et al.*, 2019). Conforme Watson (2003), o pericarpo é uma estrutura de proteção contra fatores biótico e abióticos, o qual é originado da parede do ovário e representa aproximadamente 7% do peso do grão. O embrião corresponde a aproximadamente 10 a 12% do grão e é formado pela radícula, hipocótilo, plúmula e coleóptilo, que são órgãos capazes de formar uma nova planta (PAES, 2006).

O endosperma é a fração de maior representatividade no grão. Ele é composto por quatro estruturas: a camada de aleurona, a subaleurona (ou endosperma periférico), o endosperma vítreo e o endosperma farináceo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A proporção entre as quantidades de cada tipo de endosperma (vítreo ou farináceo) é o que definirá a textura dos grãos (WATSON, 1988). Existem dois grupos genéticos predominantes de cultivares de milho: macio e duro (ou *flint*), que se diferenciam pela proporção e arranjo de cada tipo de endosperma

em sua composição (NUSSIO *et al.*, 2001). No Brasil, é predominante o cultivo de milho duro, o que pode resultar em menor aproveitamento da porção amido por ruminantes, caso não adequadas técnicas que amenizem a menor digestibilidade ruminal e dificuldade de quebra do grão na colheita para ensilagem (PHILIPPEAU; MICHALET-DOREAU, 1998).

O pendão é a inflorescência masculina do milho em que são produzidos os grãos de pólen (BORÉM, 2015). Se localiza na porção superior da planta e é constituído pela haste principal (pedúnculo) e pelas ramificações. Botanicamente, o pendão é formado por espiguetas, uma séssil e outra pedicelada. Em cada espiguetas encontram-se duas flores com três anteras por flor, que posteriormente irão liberar os grãos de pólen (BORÉM, 2015). Os programas de melhoramento genético de milho buscam o desenvolvimento de linhagens e híbridos produtivos que apresentem pendão com tamanho reduzido e menor número de ramificações, mas que mantenha produção de pólen suficiente, para favorecer a fecundação (DUVICK, 2005; FISCHER; EDMEADES, 2010). Para Brewbaker (2015), os pendões grandes afetam a atividade fotossintética da planta, pois atuam no sombreamento e, com isso, podem reduzir a produtividade de grãos.

## 2.10 Fenologia da cultura do milho

Fenologia é o ramo da ecologia que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos, bem como suas relações com as condições ambientais - luz, temperatura e umidade (DE FINA; RAVELO, 1973). Segundo Romano (2005), estádios anteriores ao aparecimento da espiga recebem nomenclatura de acordo com o número de folhas totalmente expandidas, e em estádios posteriores à emissão da espiga, a identificação é feita de acordo com o desenvolvimento e consistência dos grãos.

De acordo com Ritchie *et al.* (1993), a escala fenológica utilizada para definir o padrão de desenvolvimento da planta em estádios é dividida em: vegetativo (V) e reprodutivo (R). Assim, estádios vegetativos conferem a seguinte nomenclatura ou denominação: (VE) – emergência, (V1) – uma folha desenvolvida, (V2) – duas folhas desenvolvidas, (V3) – três folhas desenvolvidas, (V4) – quatro folhas desenvolvidas, (Vn) – sendo n o número de folhas desenvolvidas, (VT) – pendoamento. Concomitantemente, os estádios reprodutivos se dão da seguinte maneira: (R1) – florescimento (embonecamento e polinização), (R2) – grão leitoso (grão bolha d'água), (R3) – grão pastoso, (R4) – grão farináceo, R5 – grão farináceo-duro (formação de dente), R6 – maturidade fisiológica.



Por meio da utilização dos estádios fenológicos, consegue-se um maior detalhamento do ciclo de vida da planta, já que muitas vezes o tempo decorrido entre duas fases distintas pode ser bastante variável, além de excessivamente longo (BERGAMASCHI, 2006). Para Matzenauer (1997); Bergamaschi (2006) e Fancelli (2006), são inúmeras as aplicações da fenologia na prática do dia-a-dia nos campos de produção – há a possibilidade de subdivisão do ciclo; determinação de exigências edafoclimáticas e de períodos críticos; classificação de cultivares quanto à precocidade; elaboração de zoneamentos agrícolas; e, o manejo adequado das culturas. Os autores relatam que o emprego de recomendações e ações de intervenção nas lavouras devem ser fundamentadas em estádios fenológicos, sendo uma das estratégias básicas relacionadas à obtenção de rendimentos elevados, contribuindo para a consolidação de uma agricultura produtiva e sustentável, representada por sistemas de produção racionais, eficientes e lucrativos.

Há que destacar a ressalva feita por Von Pinho *et al.* (2009) – entender o ciclo e a produção de milho por intermédio dos dias após a semeadura, é um equívoco, pois os cultivares se expressam de forma diferente em ambientes distintos, e a depender da época de semeadura. Portanto, recomenda-se entender esse parâmetro com embasamento na fenologia da planta.

Para discorrer a respeito de momento cruciais do estágio fenológico da planta de milho, também é muito comum o uso da publicação feita por Ritchie, Hanway e Benson (1993), em “*Iowa State University of Science and Technology*”, posteriormente publicada em língua portuguesa para fins didáticos (RITCHIE *et al.*, 2003). O documento tomado como base científica para toda a descrição a seguir de pontos importantes da fenologia da espécie *Zea mays* L.

Em VE, na emergência da plântula de milho, tem-se uma noção da profundidade de semeadura, em virtude da alongação do mesocótilo, uma vez que se trata de uma planta de germinação do tipo hipógea, a qual se caracteriza pelo crescimento rápido do epicótilo e a plúmula cresce, formando a parte aérea (BEWLEY; BLACK, 1994; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Neste estágio, a plântula possui raízes nodais – aquelas originadas da radícula – e, raízes seminais – raízes da planta de milho propriamente ditas. O crescimento das raízes nodais se torna praticamente nulo ainda em V3, predominando as raízes seminais da planta, que serão grandes responsáveis por nutrir a planta a partir deste momento. Em V3, praticamente já não há reservas na semente de milho (RITCHIE *et al.*, 2003), assim, há a necessidade de teores adequados de nutrientes no solo disponíveis a planta, um dos motivos pelo qual há o posicionamento da adubação de cobertura próxima deste estágio.

O milho, assim como a maioria das gramíneas, tem seu potencial produtivo definido ainda muito cedo. Em torno do estágio V5, a iniciação das folhas e das inflorescências femininas estará completada e um pendão microscópico tem início na ponta da extremidade apical. Até o estágio V5, o ponto de crescimento ou meristema apical da planta de milho, ainda se encontra abaixo da superfície do solo, portanto, os potenciais problemas à lavoura estão relacionados ao solo, como o encharcamento e as pragas de solo. Em V6 o ponto de crescimento já se encontra acima da superfície do solo, logo, os danos potenciais estão relacionados às geadas, ventos, chuva de granizo, amassamento e pragas de superfície. A degeneração e a perda das duas folhas mais baixas podem já ter ocorrido no estágio V6 (RITCHIE *et al.*, 2003).

Em V9 as inflorescências femininas já são facilmente visíveis em uma planta dissecada. Na planta de milho, um primórdio de espiga se desenvolverá em cada um dos nós acima da superfície do solo, com exceção dos últimos seis a oito nós superiores, mais próximos ao pendão (RITCHIE *et al.*, 2003). Todavia, no decorrer do ciclo da cultura, o crescimento e desenvolvimento das inflorescências femininas de inserções mais baixas no colmo, eventualmente fica mais lento e somente uma ou duas inflorescências femininas em posição superior na planta se desenvolverão em espigas produtivas, estando normalmente posicionada em algum nó da 12ª ou 14ª folha (corriqueiramente as folhas que atingem maior IAF – índice de área foliar –, e por consequência, têm maior potencial fotossintético).

Os híbridos de milho que produzem mais de uma espiga produtiva no colmo principal são denominados prolíficos. A tendência de uma planta apresentar prolificidade aumenta em baixas densidades de plantio. Os híbridos não-prolíficos (fortemente caracterizados pela produção de uma única espiga) terão produtividades gradualmente mais baixas com o aumento da exposição ao estresse, mas podem tender a ter produtividade mais alta do que os híbridos prolíficos sob condições sem estresse. Híbridos prolíficos tem produção mais estável ao ambiente quando submetidos a estresses (SANGOI *et al.*, 2010).

Até em torno de V10, a planta de milho leva 3 a 5 dias para emitir uma nova folha. A partir disso até V15, o tempo para expansão de uma nova folha encurta para 2 a 3 dias, e, de V15 ao pendoamento, uma nova folha se expande a cada 1 ou 2 dias. Em V12, já ocorreu a duplicação das fileiras de óvulos, fazendo com que a espiga tenha número par de fileiras de grãos. A partir deste momento até V17, a planta determinará o número de grãos por fileira, ou seja, ela cresce longitudinalmente. É comum que híbridos mais precoces tenham este período mais curto, e por isso, apresentem menor produtividade de grãos (RITCHIE *et al.*, 2003). Na prática, isto pode ser corrigido por meio da densidade de semeadura.

O período crítico em termo de déficit hídrico para a planta de milho está entre duas semanas antes e duas semanas depois do pendoamento, ou seja, de V15 a R2 aproximadamente. O estresse hídrico pode causar um retardamento no desenvolvimento dos óvulos (espiga), enquanto que o pendão é menos afetado. Como efeito, causa uma falta de sincronismo entre o momento de antese (abertura floral), polinização e fecundação, havendo bruscas quedas de produtividade de grãos.

No estágio de VT (pendoamento), a planta já atingiu quase sua altura total. Também nesse estágio, fica visível a característica marcante quanto a polinização da cultura do milho – a protândria – que é justamente a maturação da inflorescência masculina primeiro. A natureza protândrica do milho favorece a polinização cruzada; contudo, há alguma autofecundação. Cerca de 97% dos óvulos são polinizados por outras plantas (fecundação cruzada) e em apenas 3% ocorre a autofecundação (RITCHIE *et al.*, 2003).

O grão de pólen é viável por até 24 horas a partir da sua liberação, quando as condições de temperatura e umidade relativa do ar são favoráveis. A antese ocorre de 2 a 3 dias após o surgimento do pendão. Normalmente, a liberação de pólen acontece por 5 a 8 dias, com o pico máximo no terceiro dia. O grão de pólen pode ser levado pelo vento até uma distância de 500 metros sem perder a viabilidade. Uma planta libera, em média, de 2 a 5 milhões de grãos de pólen para fertilizar aproximadamente 1.000 óvulos por planta (RITCHIE *et al.*, 2003). Os estilos-estigmas, popularmente chamados de “cabelos”, aparecem de 2 a 5 dias após a antese – neste momento a planta entra em R1 –, de modo que primeiro aparecem os da base da espiga e por fim os da ponta, sendo que desde o surgimento do primeiro ao último levam de 2 a 3 dias. A influência das variáveis meteorológicas (água – a falta ou o excesso são prejudiciais –, e temperatura, principalmente) é importante para o sucesso da polinização da espiga por completa, visto que estão sendo definidos o número de óvulos que serão fecundados.

Nos estádios reprodutivos da cultura do milho e para o caso de uma planta prolífica, a espiga de inserção deve ser usada para julgar o estágio. As descrições dos estádios reprodutivos se referem a todos os grãos, no entanto, para fins de obter um valor médio quanto a fenologia aplicada a maturação dos grãos, os grãos do meio da espiga devem ser observados. Em R2, o sabugo da espiga já atingiu ou está muito próximo de seu tamanho total. Os cabelos ou estilos-estigmas já cumpriram seu papel, e por isso ficam inviáveis, perdem água ou secam, e escurecem. Em R2 começa um rápido acúmulo de matéria seca nos grãos, ou seja, a planta direciona sua maquinaria, ao transporte de fotoassimilados acumulados durante o ciclo. Ao avançar de cada estágio reprodutivo, aumenta-se o peso da matéria seca de grãos e diminui

umidade. À medida que os grãos amadurecem, a porcentagem de redução da produção potencial devida a estresse torna-se menor (RITCHIE *et al.*, 2003).

Em R3, o grão se encontra em consistência pastosa e tem cerca de 80% de umidade. Este é o tempo para que seja comercializado o milho verde. Em R4, há um rápido aumento no tamanho dos grãos, os quais possuem em torno de 70% de umidade. Em R5, os grãos já começam a secar, de forma que ficam farináceos-duros e a linha de leite é vista com facilidade, sobretudo quando observado o lado oposto do embrião. O amido “duro” que forma o endosperma vítreo começa a ser depositado na parte superior do grão ou “de fora para dentro” (RITCHIE *et al.*, 2003). Este estágio se faz fundamental para a colheita de milho cuja a finalidade é a ensilagem de toda a planta. No início do estágio R5, os grãos têm cerca de 55% de teor de água, ao final, em torno de 30 a 35%. Em R6 ou maturação fisiológica, indicado pela camada preta na base do grão ou local inserção do grão no sabugo (DE SOUZA, 2021). a colheita pode ser realizada a uma umidade um pouco abaixo desta, desde que o impacto do corte, trilha e debulha não prejudique as estruturas dos grãos, contudo ainda não está pronto para um armazenamento seguro, o grau de umidade de referência do milho é de 13% (MAPA, 2011).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área e delineamento experimental

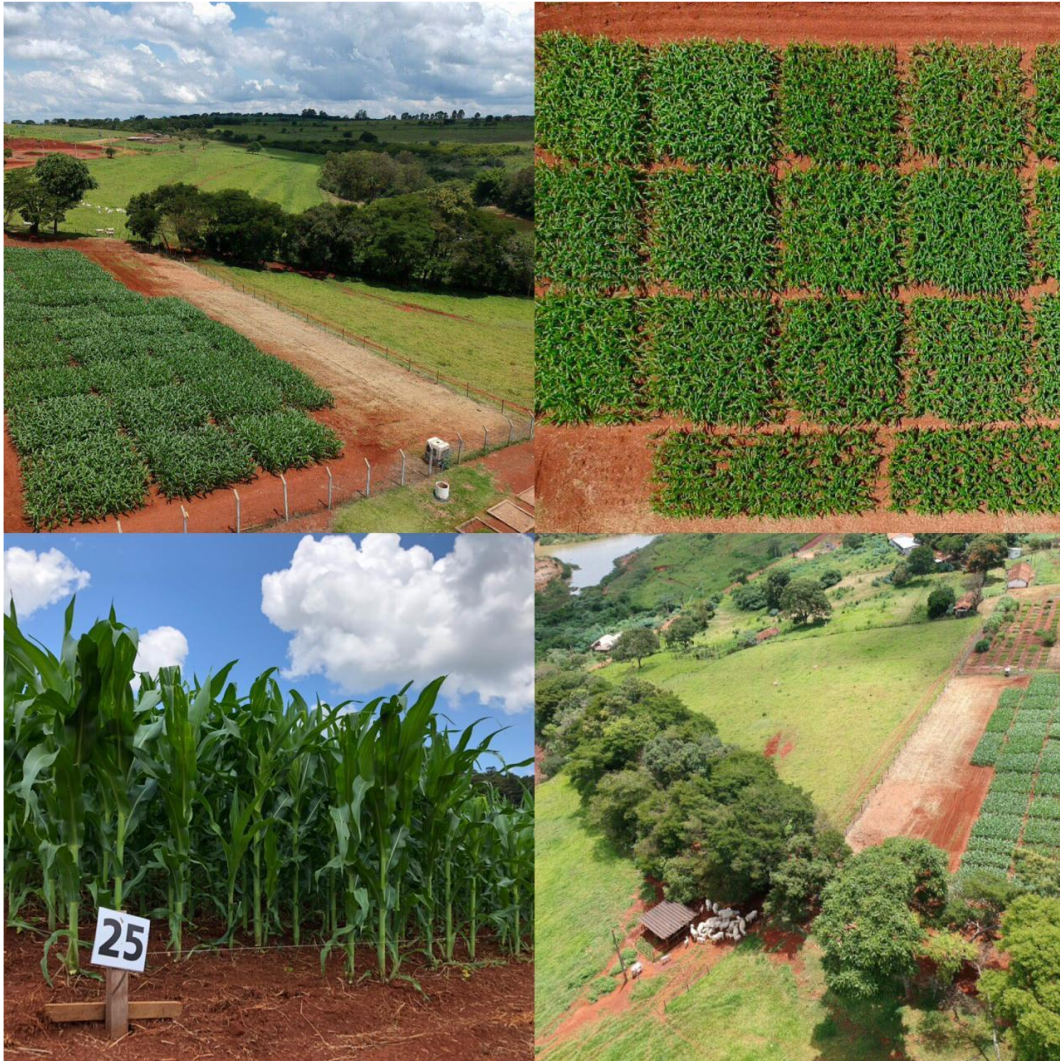
O experimento foi instalado no Setor de Forragicultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) no município de Lavras-MG, a 21°13'52'' de latitude Sul e 44°58'10'' de longitude Oeste, e a uma altitude 911 metros acima do nível do mar.

O clima da região é do tipo Cwa de acordo com o sistema de classificação de Köppen mesotérmico, com verões brandos e suaves e estiagens de inverno (MACHADO *et al.*, 2004). A temperatura média anual é de 19°C, sendo fevereiro o mês em que ocorre a temperatura média mais alta – 22,1 °C (DANTAS *et al.*, 2007), e as chuvas ocorrem concentradas nos meses de novembro a fevereiro, com uma precipitação média anual de 1.200 a 1.500 mm (SÁ JUNIOR, *et al.*, 2012). O solo da área de instalação da pesquisa é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, de modo a considerar três princípios básicos da experimentação que são: repetição, casualização e o controle local (PIMENTEL-GOMES, 2009). Esse tipo de delineamento é o mais usado para experimentos implantados a campo, tendo em vista que o conjunto de fatores em uma determinada localidade não são análogas e isso pode ter impacto significativo no experimento (COSTA, 2003). Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas no tempo, caracterizada por tratamentos principais ou primários atribuídos as parcelas, as quais são divididas em subparcelas que recebem os tratamentos secundários por meio de medidas repetidas na parcela experimental (GOMES, 1990). Neste caso, o tratamento principal são os híbridos de milho, e o tratamento secundário são os dias após a semeadura (DAS).

Os tratamentos variaram conforme os híbridos comerciais de milho, de modo a conter 12 híbridos, com 3 repetições, por conseguinte 3 blocos – o número de unidade experimental por bloco é igual ao número de tratamentos (KRONKA, 2018) –, totalizando 36 parcelas nas dimensões de 6 × 5 metros, com área total de 1300 metros quadrados, inclusos os corredores entre parcelas. Cada parcela foi identificada por meio de placas com seu número próprio e delimitada com linhas de *Nylon*, a fim de facilitar e evitar erros de coletas dos dados a campo.

FIGURA 1 – A área experimental.



Fonte: Bernardes (2018).

### 3.2 Implantação, condução e coleta dos dados experimentais

A semeadura foi realizada em 23 de outubro de 2018, na janela de plantio recomendada pelo Zoneamento de Risco Climático (ZARC), quando consultado aplicativo disponível para sistema operacional Android, ZARC – Plantio Certo, desenvolvido pela Embrapa em conjunto com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021), e ademais, tal como orienta o documento publicado por Paixão *et al.* (EMBRAPA, 2016).

As características quanto ao tipo (origem de cruzamento), ciclo e tecnologia de gene dos híbridos cultivados foram conforme a tabela a seguir.

TABELA 1 – Características dos híbridos de milho cultivados.

Híbridos	Tipo de Híbrido	Ciclo	Tecnologia de gene
Híbrido 1	HT <sup>3</sup>	Precoce	VtPro3
Híbrido 2	HT <sup>3</sup>	Precoce	PowerCore
Híbrido 3	HS <sup>2</sup>	Precoce	VtPro2
Híbrido 4	HS <sup>2</sup>	Precoce	VtPro2
Híbrido 5	HS <sup>2</sup>	Precoce	VtPro3
Híbrido 6	HT <sup>3</sup>	Precoce	PowerCore
Híbrido 7	HS <sup>2</sup>	Precoce	VtPro3
Híbrido 8	HS <sup>2</sup>	Super-Precoce	VtPro3
Híbrido 9	HS <sup>2</sup>	Precoce	VtPro2
Híbrido 10	HS <sup>2</sup>	Precoce	VtPro3
Híbrido 11	SI <sup>1</sup>	SI <sup>1</sup>	VtPro2
Híbrido 12	HS <sup>2</sup>	Precoce	VtPro2

1 = Sem Informação; 2 = Híbrido Simples; 3 = Híbrido Triplo

Fonte: Fundação MS (2018); Embrapa Milho e Sorgo (2019); APTA (2017); Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural-RS (2021); Fundação MS (2012); Embrapa Milho e Sorgo (2020).

O espaçamento utilizado entre linhas de semeadura foi de 50 cm, a uma densidade de semeadura de 70 mil plantas por hectare. A adubação de plantio foi na ordem 500 kg/ha do fertilizante 08:28:16 (NPK) em mistura de grânulos. A adubação de cobertura foi de 500 kg 30:00:20 (NPK) por aplicação, sendo ela parcelada em dois momentos: em estágio V2, na segunda/terceira semana após a semeadura, e, em estágio V5, ou seja, por volta da quarta semana após a semeadura.

Foram aplicados também 50 kg do adubo BR12 como fonte de micronutrientes, o qual se trata de FTE (*fritted trace elements*). Embora os micronutrientes em FTE apresentem uma baixa solubilidade, são as fontes mais recomendadas e citadas em textos técnico-científicos como fonte de adubação de micronutrientes (CANTARUTTI *et al.* 1999). Esse fertilizante é composto de: 9% de Zn; 1,8% de B; 0,8% de Cu; 3,0% de Fe; 2,0% de Mn e 0,1% de Mo.

Há uma estação meteorológica convencional ou não automática em Lavras-MG. Está localizada no campus da Universidade Federal de Lavras – UFLA, a cerca de 500 metros do local onde foi conduzido a experimentação agrícola. A precipitação acumulada durante o período de condução (23/10/2018 a 04/03/2019) no local do experimento foi de 1047,5 mm. Portanto, seguem as condições meteorológicas dadas (tabela 2):

TABELA 2 – Temperatura média diária, umidade relativa média diária, velocidade do vento média diária, insolação, temperatura máxima diária, temperatura mínima diária e chuva.

Data	Temp. média [diária] (°C)	Umidade relativa média [diária] (%)	Velocidade do vento média [diária] (m/s)	Insolação (h)	Temp. máxima [diária] (°C)	Temp. mínima [diária] (°C)	Chuva [diária] (mm)
23/10/2018	24,4	60	0	11,5	29,6	15,7	0,0
24/10/2018	22,7	73	1	0,5	24,6	19,2	0,0
25/10/2018	20,8	91	1	0,4	23,4	18,0	18,1
26/10/2018	23,6	84	0	5,2	28,8	19,2	45,0
27/10/2018	23,1	83	2	2,8	25,4	19,8	4,1
28/10/2018	24,0	70	2	9,7	28,6	18,7	6,0
29/10/2018	21,5	71	3	2,4	24,8	16,0	0,0
30/10/2018	22,9	72	2	8,2	29,6	17,5	0,0
31/10/2018	24,3	70	2	5,6	29,0	18,1	0,0
01/11/2018	25,9	68	0	5,5	30,0	19,7	0,0
02/11/2018	25,1	63	2	6,3	30,8	19,0	0,0
03/11/2018	25,7	66	2	6,9	29,7	19,0	0,0
04/11/2018	23,3	80	1	4,3	28,0	18,5	5,9
05/11/2018	20,4	86	2	0,0	22,4	17,4	5,2
06/11/2018	20,3	81	3	0,5	23,0	17,2	2,5
07/11/2018	22,9	75	1	0,9	27,0	18,3	0,0
08/11/2018	19,5	82	2	0,0	21,9	15,8	6,2
09/11/2018	17,1	94	1	0,0	19,2	14,6	18,7
10/11/2018	20,3	84	2	1,5	23,8	16,6	5,8
11/11/2018	22,0	78	1	4,3	27,2	17,7	3,6
12/11/2018	24,6	68	1	9,8	29,8	18,6	0,0
13/11/2018	25,7	64	2	10,6	30,6	19,4	0,2
14/11/2018	26,4	63	1	10,4	31,4	19,8	0,0
15/11/2018	26,4	67	2	7,8	31,0	20,2	0,0
16/11/2018	25,2	72	3	7,8	30,6	19,5	1,0
17/11/2018	22,6	77	2	0,2	24,6	18,2	0,0
18/11/2018	24,5	70	2	9,3	29,6	17,9	0,0
19/11/2018	21,8	91	2	0,0	22,8	17,5	15,4
20/11/2018	17,8	95	1	0,0	18,8	15,9	90,0
21/11/2018	17,7	94	2	0,0	19,2	16,0	24,4
22/11/2018	21,3	77	1	6,8	27,0	16,1	14,0
23/11/2018	23,2	75	2	9,3	28,2	17,6	0,0
24/11/2018	19,5	87	1	0,0	20,8	17,9	5,0
25/11/2018	19,9	88	1	0,0	22,7	18,2	5,0
26/11/2018	23,0	73	1	8,0	28,6	17,7	20,4
27/11/2018	23,0	67	2	11,0	28,4	16,9	0,2
28/11/2018	23,9	59	2	10,6	28,8	16,8	0,0
29/11/2018	24,4	60	2	10,8	30,0	16,9	0,0



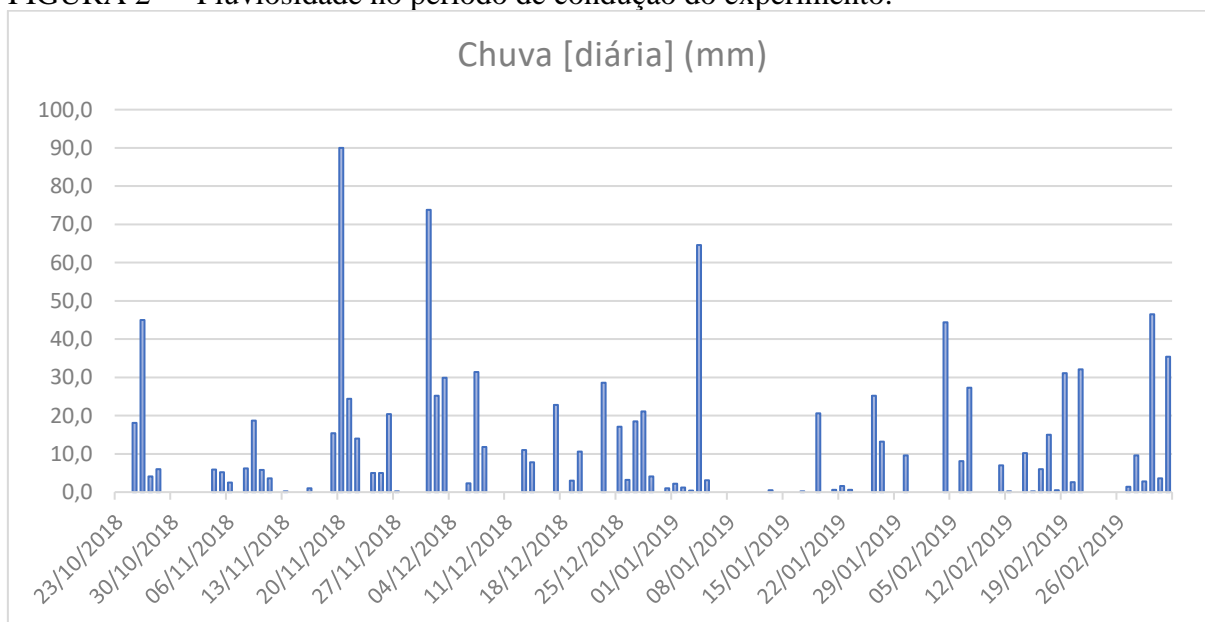
30/11/2018	26,2	57	1	11,2	31,2	17,7	0,0
01/12/2018	21,9	84	0	0,0	25,3	18,2	73,8
02/12/2018	22,7	84	0	14,4	27,0	18,9	25,2
03/12/2018	21,9	77	2	3,1	26,4	18,1	29,9
04/12/2018	23,9	66	1	9,3	29,2	18,2	0,0
05/12/2018	24,9	72	0	6,3	30,6	18,1	0,0
06/12/2018	25,2	71	0	11,5	32,0	18,5	2,3
07/12/2018	25,6	69	2	6,1	28,8	17,6	31,4
08/12/2018	22,0	69	1	10,2	25,0	16,3	11,8
09/12/2018	20,1	60	3	9,1	26,4	13,5	0,0
10/12/2018	22,0	65	2	7,6	28,0	15,2	0,0
11/12/2018	24,7	60	1	11,8	30,6	15,9	0,0
12/12/2018	26,2	57	0	11,7	32,4	18,1	0,0
13/12/2018	25,7	62	1	9,4	31,6	16,9	11,0
14/12/2018	23,9	72	1	10,7	31,0	17,4	7,8
15/12/2018	27,7	58	1	10,0	33,6	19,2	0,0
16/12/2018	27,6	60	1	10,6	32,4	21,3	0,0
17/12/2018	27,3	61	1	12,1	31,6	18,6	22,8
18/12/2018	27,9	58	1	11,1	32,4	20,1	0,0
19/12/2018	27,9	64	0	8,9	32,6	20,6	3,0
20/12/2018	26,1	72	3	9,5	33,0	19,6	10,6
21/12/2018	27,2	64	0	7,9	33,0	19,3	0,0
22/12/2018	27,2	64	1	8,2	34,2	19,0	0,0
23/12/2018	23,9	77	1	9,5	30,6	18,0	28,6
24/12/2018	25,4	70	1	7,6	30,8	19,6	0,0
25/12/2018	23,1	76	1	2,5	29,2	17,6	17,1
26/12/2018	22,9	79	2	0,4	25,2	18,8	3,2
27/12/2018	20,9	90	2	0,9	23,8	19,4	18,5
28/12/2018	23,3	79	2	6,4	28,6	18,9	21,1
29/12/2018	23,3	76	1	9,2	29,8	18,1	4,1
30/12/2018	25,1	71	2	7,7	30,5	19,4	0,0
31/12/2018	26,5	70	1	8,9	30,6	19,7	1,0
01/01/2019	23,1	78	2	5,6	28,4	19,6	2,2
02/01/2019	23,2	85	2	9,0	31,6	18,7	1,2
03/01/2019	24,4	81	0	4,6	30,7	20,2	0,4
04/01/2019	21,3	94	0	0,0	24,0	19,8	64,6
05/01/2019	20,4	95	0	0,0	24,6	19,4	3,1
06/01/2019	21,2	86	0	0,0	28,3	18,9	0,0
07/01/2019	24,8	73	1	0,0	31,9	18,4	0,0
08/01/2019	25,3	70	0	8,8	33,2	19,1	0,0
09/01/2019	24,4	71	2	11,0	31,4	19,4	0,0
10/01/2019	24,1	62	1	10,3	31,0	17,0	0,0
11/01/2019	24,3	69	0	9,2	31,4	20,0	0,0
12/01/2019	25,7	67	2	9,6	31,6	20,8	0,0
13/01/2019	21,2	79	1	0,0	31,6	20,3	0,5

14/01/2019	24,8	69	0	0,0	31,6	19,7	0,0
15/01/2019	24,4	73	0	7,5	31,9	20,3	0,0
16/01/2019	25,7	74	0	8,0	33,4	20,3	0,0
17/01/2019	25,2	70	2	12,0	32,9	18,4	0,2
18/01/2019	25,8	66	2	9,6	32,8	19,6	0,0
19/01/2019	24,5	74	1	7,0	31,2	20,0	20,6
20/01/2019	24,2	77	3	0,0	32,1	20,0	0,0
21/01/2019	25,6	77	0	0,0	33,0	20,1	0,6
22/01/2019	22,2	84	1	8,2	33,1	19,1	1,6
23/01/2019	23,6	85	1	10,1	32,0	20,8	0,6
24/01/2019	25,3	71	2	9,8	32,6	18,8	0,0
25/01/2019	25,6	60	1	8,1	32,1	18,4	0,0
26/01/2019	18,7	88	1	0,0	20,8	17,4	25,2
27/01/2019	21,9	81	1	7,6	29,1	16,6	13,2
28/01/2019	26,3	59	1	11,8	31,6	18,8	0,0
29/01/2019	27,7	58	2	10,8	33,0	20,2	0,0
30/01/2019	25,7	66	0	10,0	32,6	18,8	9,6
31/01/2019	26,7	59	0	9,8	32,6	17,9	0,0
01/02/2019	27,7	54	1	11,2	33,6	19,2	0,0
02/02/2019	28,1	56	1	10,6	33,8	19,8	0,0
03/02/2019	28,9	55	1	11,5	34,8	20,9	0,0
04/02/2019	23,7	75	1	1,2	27,0	18,7	44,4
05/02/2019	24,5	70	1	10,9	30,6	18,5	0,0
06/02/2019	22,0	85	1	0,0	23,6	19,1	8,1
07/02/2019	21,9	83	0	4,5	26,6	17,1	27,3
08/02/2019	24,1	72	0	9,5	30,7	19,1	0,0
09/02/2019	25,9	65	2	11,0	31,8	18,6	0,0
10/02/2019	24,7	68	1	8,4	30,2	19,7	0,0
11/02/2019	24,4	77	1	6,1	29,8	19,7	7,0
12/02/2019	25,0	77	2	5,1	30,2	19,7	0,2
13/02/2019	23,5	84	1	1,5	26,9	19,0	0,0
14/02/2019	20,7	81	2	4,2	25,8	16,9	10,2
15/02/2019	22,4	76	2	4,9	27,2	18,2	0,2
16/02/2019	21,5	91	1	0,0	22,6	19,7	6,0
17/02/2019	22,1	88	3	0,8	26,0	19,2	15,0
18/02/2019	24,4	78	0	3,7	29,2	19,7	0,5
19/02/2019	24,0	82	1	6,5	30,2	19,7	31,1
20/02/2019	24,9	73	0	5,5	31,0	17,5	2,6
21/02/2019	22,1	85	0	1,3	24,0	18,8	32,1
22/02/2019	24,4	77	1	9,1	31,6	19,2	0,0
23/02/2019	26,7	67	1	10,7	32,8	19,6	0,0
24/02/2019	27,7	60	1	10,9	33,4	19,1	0,0
25/02/2019	26,6	65	1	5,8	32,8	19,9	0,0
26/02/2019	23,1	76	1	4,6	32,0	20,0	0,0
27/02/2019	24,1	77	2	7,5	30,8	19,1	1,4

28/02/2019	24,3	77	1	2,7	27,8	19,6	9,6
01/03/2019	23,7	77	1	2,5	28,2	18,9	2,8
02/03/2019	21,1	89	1	0,2	23,4	18,9	46,5
03/03/2019	23,2	83	1	0,4	27,0	19,2	3,6
04/03/2019	21,2	88	1	0,8	25,0	17,9	35,4

Fonte: INMET (2022); acesso em: [tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001](http://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001)

FIGURA 2 – Pluviosidade no período de condução do experimento.



Fonte: INMET (2022); acesso em: [tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001](http://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001)

As plantas foram coletadas ao longo da linha de semeadura e os componentes morfológicos separados em seus órgãos ou estruturas (folha, colmo, material morto, pendão e espiga – grãos, sabugo, estilo-estigma e palha) no Setor de Forragicultura da UFLA. Houve divergência nos dias de coleta, secagem de plantas e pesagem dos componentes morfológicos para os diferentes híbridos ou tratamentos, conforme mostra a tabela 1. As repetições dos híbridos localizados em diferentes parcelas foram coletados e avaliados no mesmo dia. Os dados foram obtidos em 13 momentos, ao longo de 13 semanas, desde a terceira à décima quinta semana. Ao longo de todos os ciclos de coletas, os componentes das plantas de forma separada, foram pesados ainda frescos no intuito de obter o peso verde. Posteriormente, foram levados a estufa a 72 °C até peso estável, a fim de verificar o peso seco, e por consequência, o teor de MS.

FIGURA 3 – Plantas de milho em R2-R3 recém coletadas a campo.



Fonte: Simão (2018).

FIGURA 4 – Componentes morfológicos separados na planta de milho.



Fonte: Simão (2018).

TABELA 3 – Dia de avaliação após semeadura (DAS) dos híbridos de milho.

Híbridos	Semana												
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DAS													
Híbrido 1	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	120	132
Híbrido 2	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	115	132
Híbrido 3	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	126	132
Híbrido 4	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	112	120
Híbrido 5	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	126	132
Híbrido 6	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	115	132
Híbrido 7	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	126	132
Híbrido 8	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	112	120
Híbrido 9	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	126	132
Híbrido 10	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	115	132
Híbrido 11	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	120	132
Híbrido 12	17	22	31	38	46	52	58	66	74	80	87	120	132

Fonte: “Do autor” (2022).

A altura de plantas na parcela foi medida ao longo de 9 semanas, da segunda semana até a décima semana, iniciando ao sétimo dia após a semeadura e terminando aos 66 dias após a semeadura. DAS de avaliação da altura: 7, 17, 22, 31, 38, 46, 52, 58, 66. Para este atributo, todos os tratamentos foram avaliados no mesmo dia. Foram medidas 10 plantas em cada dia avaliados, sendo a média, a altura de plantas da parcela no DAS avaliado. Para a avaliação de altura não é necessária amostragem destrutiva da planta, uma vez que se utiliza apenas uma fita métrica ou um bastão graduado e é realizada a leitura a campo.

FIGURA 5 – Avaliação da altura de plantas de milho.



Fonte: Simão (2018).



O índice de área foliar (IAF), se refere a uma medida funcional, que na prática quer expressar a relação entre a área de folha ( $m^2$ ) e a área do terreno ocupado pela cultura ( $m^2$ ) (FAVARIN *et al.*, 2002). O índice foi obtido após a pré-secagem das plantas, fazendo-se a leitura de área foliar (AF), expressa em centímetro quadrado ( $cm^2$ ) ou metro quadrado ( $m^2$ ), por meio do integrador de área foliar, pelo equipamento LI-3100 *leaf area meter* (LI-COR, LINCOLN, NEBRASKA, USA). Assim como para os componentes morfológicos, os dados foram obtidos por meio de leituras da terceira à décima quinta semana experimental, nas mesmas datas.

FIGURA 6 – Integrador de área foliar - LI-3100 *leaf area meter*.



Fonte: “Do autor” (2018).

Quanto aos dados de produtividade, uma vez amostradas as plantas, separados e pesados os componentes morfológicos da mesma, a produtividade expressa o que se produziu em uma única planta, extrapolando-se tal valor para o total de plantas em um hectare. A penúltima semana de coleta experimental foi focada em coletar os híbridos ao ponto de silagem planta inteira, estimado por 2/3 da linha de leite do grão, ou 2/3 do endosperma vítreo/farináceo. Bal *et al.* (1997) relatou ser em torno de 2/3 da linha de leite do grão, ou em torno de 30 a 35% de teor de matéria seca (MS), o ponto de colheita para silagem. Nussio (1991) relatou que o ponto ideal de matéria seca para colheita estaria em torno de 33 a 37%, enquanto Cruz (1998) afirmou que seria entre 28 a 33%. Para produção de silagem, os resultados apresentados revela a

produção de toda a parte aérea da planta, a partir da base do colmo. A última coleta do experimento, teve enfoque em colher os híbridos ao ponto de maturação fisiológica (PMF), sendo este, visualmente estabelecido pela camada preta formada na base grão (DE SOUZA, 2021), local em que são recebidos os nutrientes provindos da planta pelo sabugo.

### 3.3 Análise dos dados obtidos

Todos os dados foram tabulados com o uso de Microsoft Excel (2016) a fim de melhor entendimento e visualização de valores obtidos.

O peso dos componentes morfológicos referentes a parte aérea da planta, foram pesados de forma separada ainda frescos ou verdes, e depois, pesados pós a secagem em estufa. Para todos eles, foi descontado a tara do saco de papel utilizado, e então, obteve-se o peso úmido e o peso seco. Para cálculo do percentual de MS, bastou-se utilizar a equação:

$$MS (\%) = P.S. * 100 / P.V.$$

em que: P.S. = peso seco (peso obtido depois da secagem em estufa); P.V. = peso verde (peso obtido por meio da amostra úmida, instantes após a coleta a campo).

Foram expostas as curvas de acúmulo de matéria seca nas partes da planta, conforme também documentado por Ritchie *et al.* (2003) e Von Pinho *et al.* (2009). Para encontrar a massa dos componentes morfológicos de parte aérea da planta produzidos em um hectare, seja ele expresso em matéria verde (MV) ou matéria seca (MS), foi extrapolado o valor médio produzido por uma planta para o número de plantas em um hectare, neste caso, 70000 plantas por hectare foi a população de plantas da lavoura usada em todos os tratamentos. Obedecendo assim, as seguintes equações:

$$Prod.MV = P.V. * P$$

em que: Prod.MV = produtividade expressa em M.V.; P.V. = peso verde (peso obtido por meio da amostra úmida, instantes após a coleta a campo); P = população de plantas por hectare.

$$Prod.MS = P.S. * P$$

em que: Prod.MS = produtividade expressa em M.S.; P.S. = peso verde (peso obtido por meio da amostra úmida, instantes após a coleta a campo); P = população de plantas por hectare.

Analisou-se também, a produtividade de silagem de planta inteira e produtividade de grãos corrigidas a teores de água usualmente aplicáveis à realidade agrícola. Para a produção de silagem de planta inteira, busca-se a colheita por volta de 35% de MS ou 65% de umidade da planta forrageira em média, haja visto que baixos teores de MS acarretam na perda de

produto ou nutrientes por efluentes, e, para altos teores de MS é prejudicada a expulsão de ar da massa ou processo de compactação (BAL *et al.*, 1997).

Para a esfera da produção de grãos de milho, é comum avaliar a produtividade a 13% de umidade ou 87% de MS dos grãos, assim como fizeram Bergonci *et al.* (2001) e Von Pinho *et al.* (2009). Este teor de água é tido como o ideal para um armazenamento de grãos seguro à cultura do milho (MAPA, 2011), é a umidade praticada pelos armazéns responsáveis por guardar o produto da safra e distribuí-lo no período de entressafra. De tal modo, para adequar a umidade padrão, foi usada a equação de porcentagem de quebra ou quebra de umidade, deduzida e revisada por Da Silva (2015):

$$PQ = [(U_i - U_f) / 100 - U_f] * 100$$

em que: PQ = porcentagem de quebra;  $U_i$  = umidade inicial;  $U_f$  = umidade final.

Tal equação pode ser usada para adequação a umidades ideais tanto abaixo, como acima da umidade atual.

Para o parâmetro de IAF, em alguns momentos no decorrer do ciclo da cultura, fez-se subamostragens de folhas, encontrando um valor de área foliar específica (AFE), dado pela razão entre área de folhas e massa de folhas, normalmente expresso em centímetro quadrados por gramas ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ) ou metro quadrado por grama ( $\text{m}^2/\text{g}$ ). Sendo assim, seguem os seguintes passos para cálculo do IAF:

$$IAF = AF * P / 10000 \text{ m}^2$$

em que: AF = área foliar média dos tratamentos ( $\text{m}^2$ ); P = população de plantas por hectare;

Ainda, quando é feita a subamostragem e tem-se o valor de AFE, segue-se os seguintes passos para cálculo do IAF:

$$IAF = AFE * MF * P / 10000 \text{ m}^2$$

em que: AFE = área foliar específica média dos tratamentos ( $\text{m}^2/\text{kg}$ ); MF = massa de folhas média dos tratamentos (kg); P = população de plantas da lavoura ou número de plantas por hectare;

Para a geração das curvas de acúmulo de massa dos componentes morfológicos, análise de produtividade, IAF, e altura foram usadas as médias dos dados coletados para cada híbrido ao decorrer de seu ciclo produtivo. Os gráficos foram feitos utilizando-se o *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2021).



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela X revela que os dias tomados para colheita no ponto de silagem planta inteira e colheita de grãos. Os dias tentaram ser ajustados a depender das características do híbrido com relação ao acúmulo de graus dias, fator determinante para seus dias de ciclo, e, as condições do ambiente. Contudo, nota-se ao observar a matéria seca de planta inteira na colheita para silagem e a umidade de grãos na colheita para grãos, que não foram todos os híbridos colhidos no ponto ideal para um bom processo de ensilagem.

TABELA 4 – DAS para colheita de silagem planta inteira, DAS para colheita de grãos, MS de planta inteira na colheita para silagem e Umidade (U) de grãos na colheita para grãos.

Híbridos	DAS – colheita de silagem planta inteira	DAS – colheita de grãos	MS de planta inteira na colheita p/ silagem	U de grãos na colheita p/ grãos
Híbrido 1	120	132	31,08	28,44
Híbrido 2	115	132	27,94	30,69
Híbrido 3	126	132	31,91	32,99
Híbrido 4	112	120	31,67	34,65
Híbrido 5	126	132	33,06	25,75
Híbrido 6	115	132	28,51	28,53
Híbrido 7	126	132	39,90	29,91
Híbrido 8	112	120	39,94	28,30
Híbrido 9	126	132	27,25	30,55
Híbrido 10	115	132	34,13	29,85
Híbrido 11	120	132	27,02	29,70
Híbrido 12	120	132	31,69	38,06

Para o quesito produção de silagem, não foram todos os tratamentos que tiveram a colheita em teor ideal de MS na planta, conforme já destacado por alguns pesquisadores (NUSSIO, 1991; BAL *et al.*, 1997; CRUZ, 1998), estar por volta de 35%. Tal efeito, confirma o que já foi relatado por Factori *et al.* (2012), que a determinação do momento mais indicado para colheita por meio do avanço a linha de leite pode induzir a erros sob diferentes condições ambientais (veranico, déficit hídrico ou chuva demasiada), presença de *Stay Green*, características dos cultivares quanto a textura dos grãos, e ajuste conforme a máquina que fará a colheita. Quanto a umidade de grãos no PMF, os valores estiveram ajustados ao relatado por Ritchie *et al.* (2003), entre 30 e 35% o teor de umidade médio do grão no estágio R6.

Diante do exposto, foram geradas as curvas de acúmulo de MS ou produtividade dos componentes morfológicos ou partes da planta que estão acima da superfície do solo – folha, colmo, pendão, sabugo, grão, palha, cabelo, material morto e de toda a espiga – por componente morfológico e por híbrido, conforme as figuras 7 a 15.

FIGURA 7 – Produtividade de folha (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.

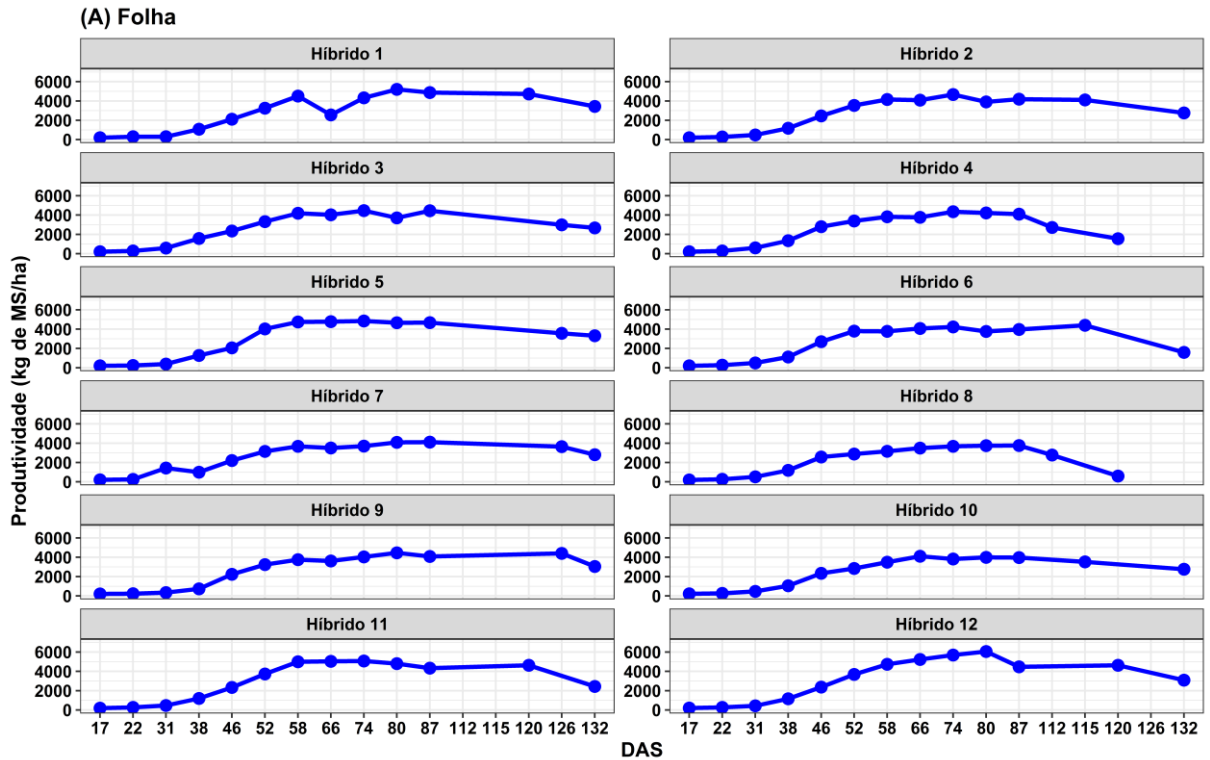


FIGURA 8 – Produtividade de colmo (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.

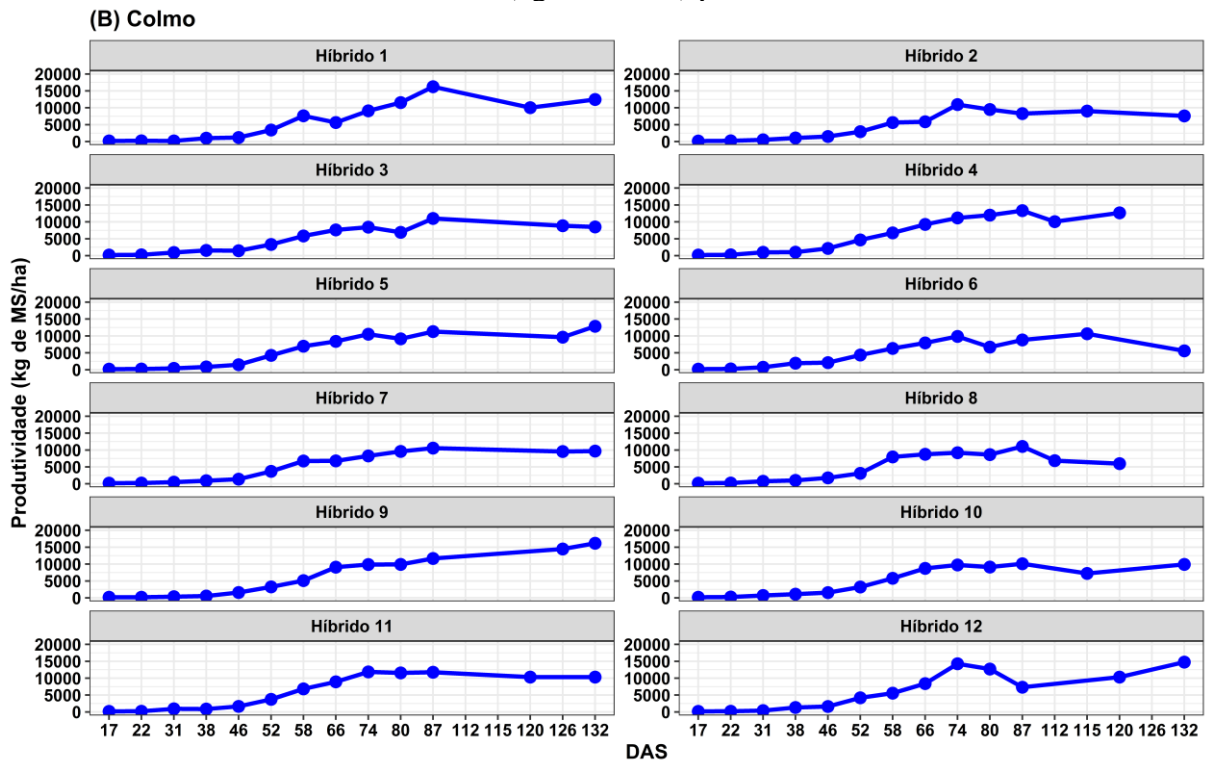


FIGURA 9 – Produtividade de pendão (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.

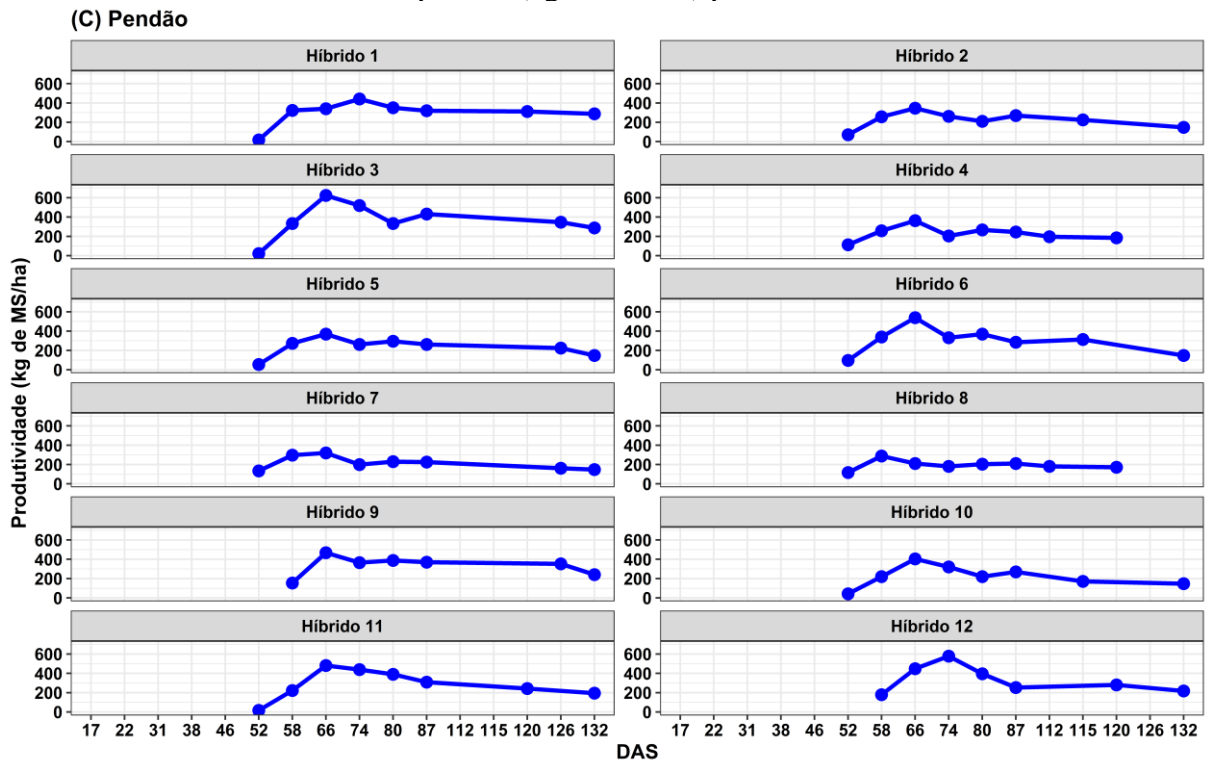


FIGURA 10 – Produtividade de sabugo (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.

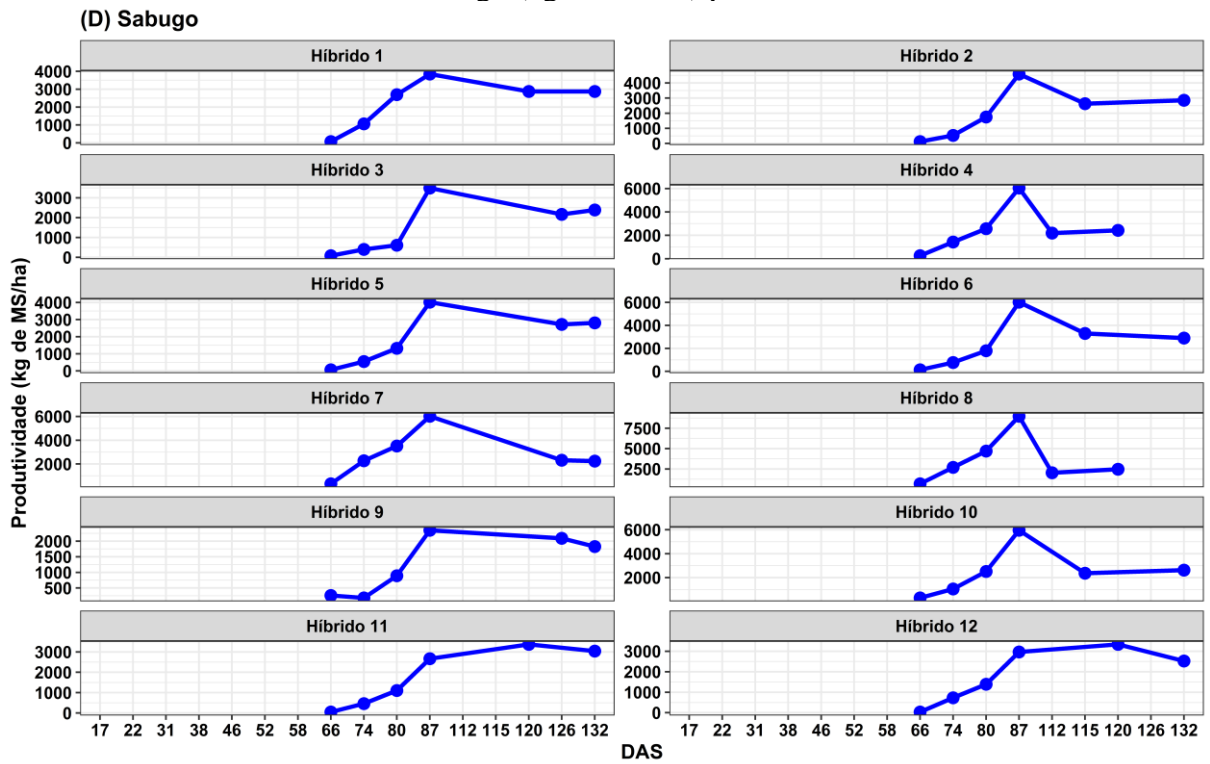


FIGURA 11 – Produtividade de grão (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.

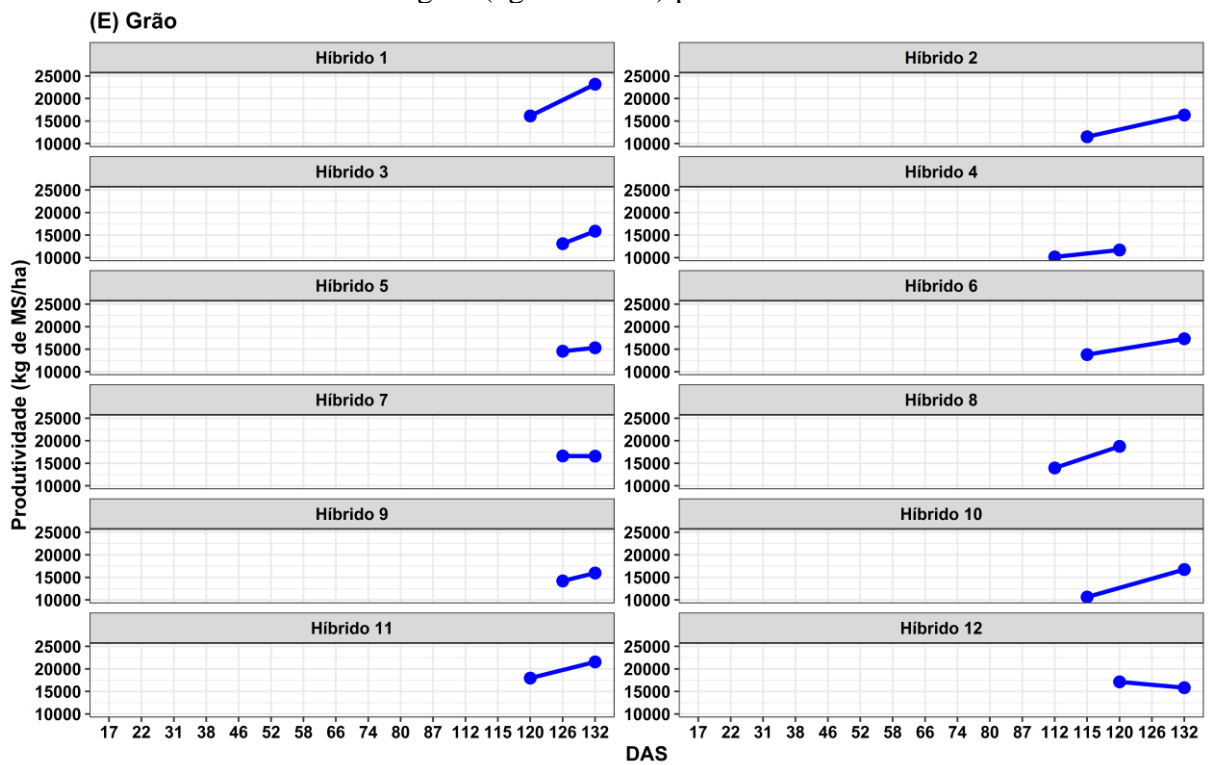


FIGURA 12 – Produtividade de palha (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.

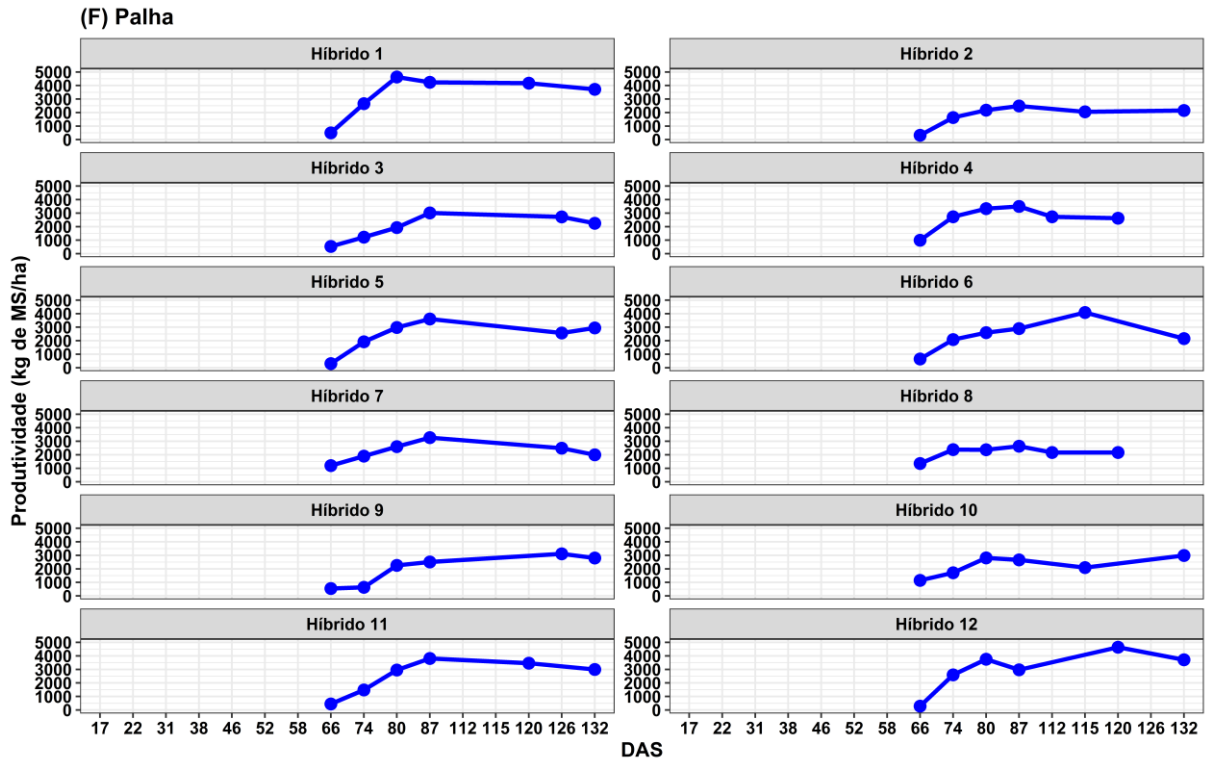


FIGURA 13 – Produtividade de estilo-estigma (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.

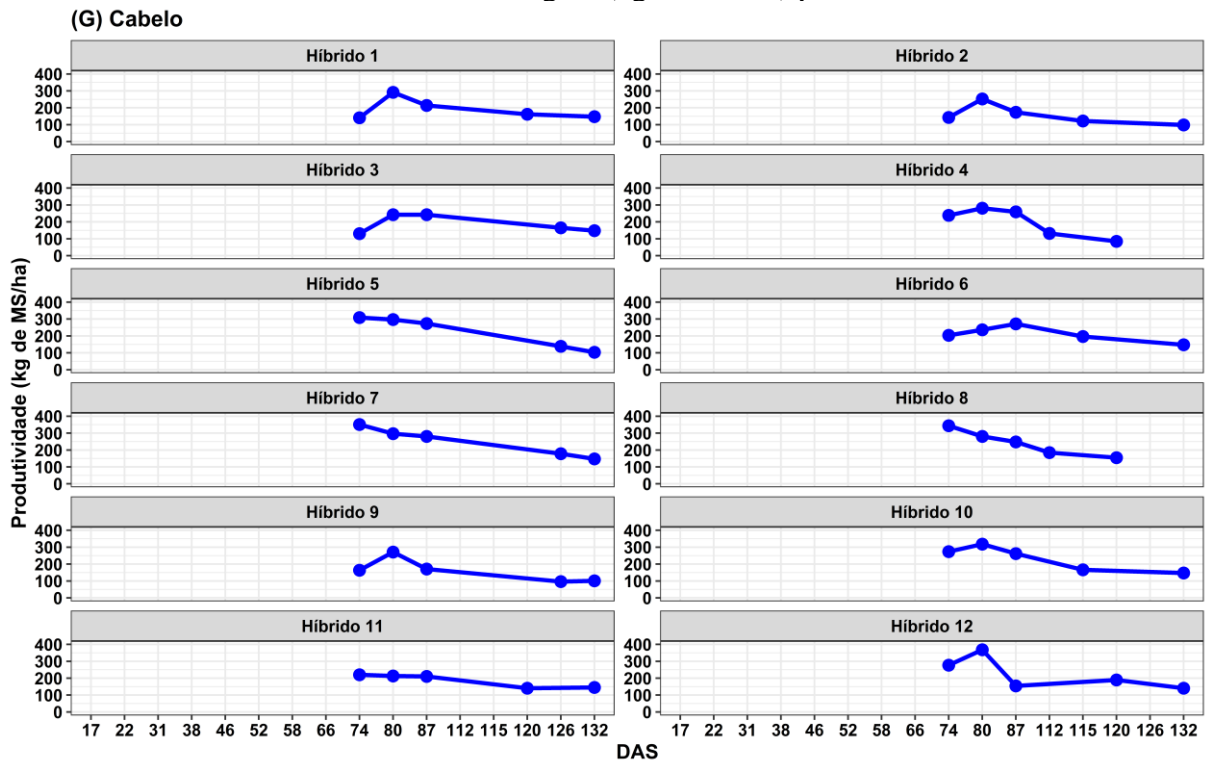


FIGURA 14 – Produtividade de material morto (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.

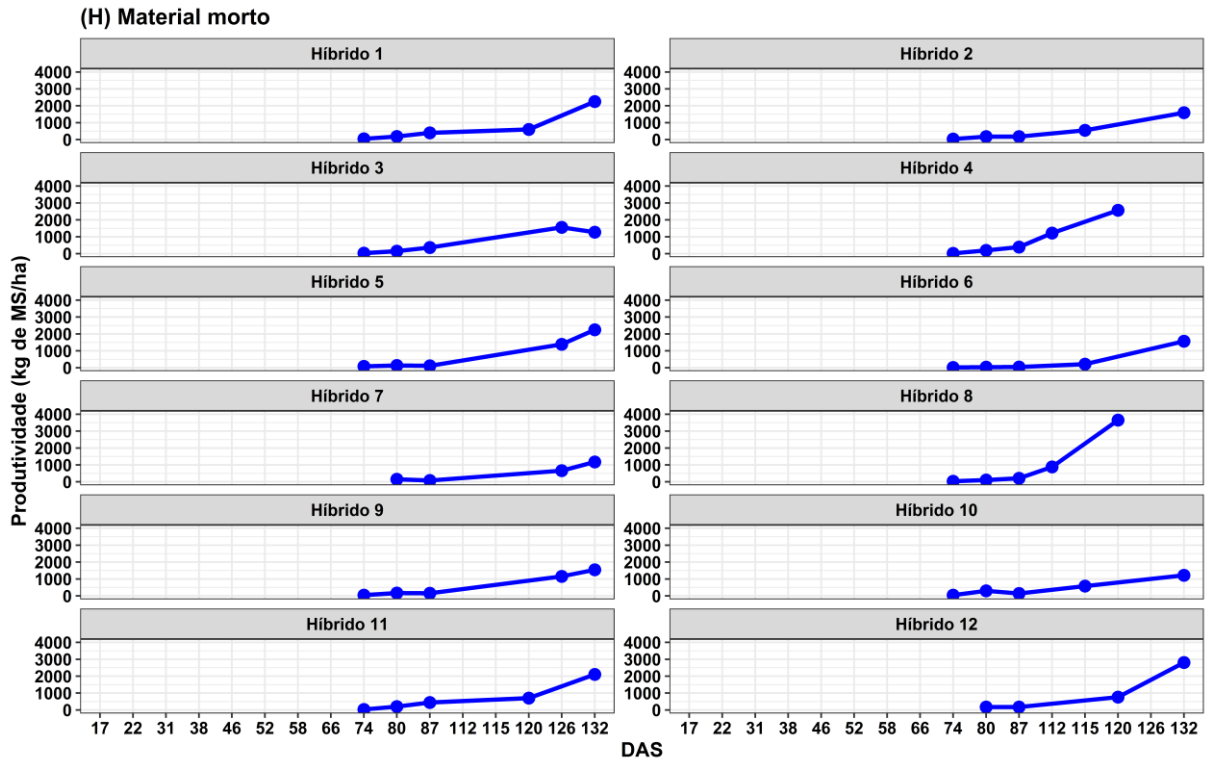
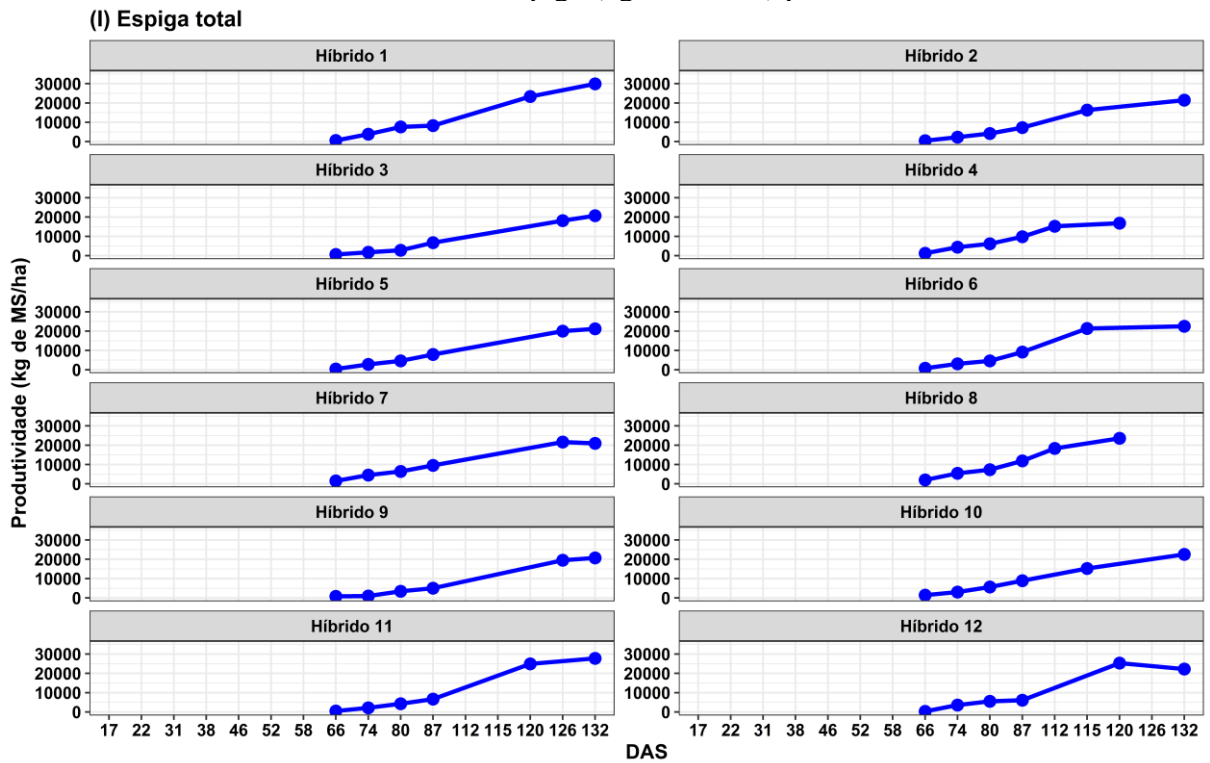


FIGURA 15 – Produtividade de toda a espiga (kg de MS/ha) para os híbridos de milho.



As figuras revelam resultados parecidos a trabalhos já realizados, os quais de maneira semelhante, vislumbraram notar como é o crescimento da planta de *Zea mays* L. Isto é, o crescimento ou o acúmulo de massa seca na planta se dá por meio de uma curva ligeiramente sigmoide, por meio de um desenvolvimento mais lento ao início do ciclo da cultura, passando por um período de crescimento linear, o máximo acúmulo de MS ao PMF, e o decréscimo da massa total da planta devido a senescência de folhas, lixiviação de nutrientes e respiração dos grãos (SAYRE, 1948; ANDRADE *et al.*, 1975; FURLANI *et al.*, 1977; VASCONCELOS *et al.*, 1983).

O acúmulo de MS nas folhas (figura 7) é incipiente perante o total acumulado, até por volta de 30 DAS, ou estágio fenológico de V6, para a maioria dos híbridos. A partir deste momento, se inicia, um crescimento praticamente linear, até se estabilizar por volta de 70-80 DAS para a maioria dos híbridos, momento de início do desenvolvimento de grãos. Posteriormente, há um decréscimo na MS de folhas, fato também observado por Vasconcellos *et al.* (1983) e Karlen *et al.* (1987), o qual pode estar associado à translocação de fotoassimilados presentes na folha, ao enchimento de grãos.

A produtividade de folhas (kg de MS/ha) ou acúmulo de massa de folhas e índice de área foliar (IAF) tende a ser maior naqueles híbridos mais tardios. Isto ocorre por ocasião de terem maior valor de soma térmica a ser acumulado até o florescimento, por consequência, vegetam mais e têm maior potencial produtivo. Sendo assim, é fundamental garantir bom potencial fotossintético à planta de milho, sobretudo àqueles híbridos mais precoces, estabelecendo-se boas práticas de proteção de cultivos, principalmente para as doenças de folha ou manchas foliares.

O menor potencial produtivo de plantas isoladas de híbridos precoces é corrigido por meio do ajuste da população de plantas de uma lavoura, conforme propõe Argenta *et al.* (2001). Híbridos mais precoces requerem maior densidade de plantas em relação aos de ciclo normal para atingir seu potencial de rendimento (MUNDSTOCK, 1977; SILVA, 1992; TOLLENAAR, 1992). Isso se deve ao fato de os híbridos mais precoces (superprecoces e hiperprecoces, acima de tudo) geralmente apresentarem menor estatura, folhas menores, menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura (MUNDSTOCK, 1977; SANGOI, 2000).

O acúmulo de MS no colmo (figura 8) também é lento ao início do desenvolver da planta de milho, e só toma significância por volta dos 45 DAS para maioria dos híbridos cultivados. Depois, há um incremento significativo na quantidade de MS acumulada no colmo, até entorno dos 115-120 DAS. Vasconcellos *et al.* (1983) relatam um máximo acúmulo de MS nos colmos observado em estágio fenológico de R4 (grão farináceo). Quedas na quantidade de MS do

colmo podem estar associados a mobilização dos nutrientes nele contido para a parte reprodutiva, a espiga, muito embora as folhas tenham preferência em ser a fonte de fotoassimilados na hierarquia da relação fonte-dreno (BARROS, 1997). A MS do colmo se mantém por um período mais prolongado, o que mostra que o colmo é um importante carreador de fotoassimilados para os grãos e um fundamental mantenedor da estrutura da planta (LIMA, 1995).

O máximo acúmulo de MS no pendão (figura 9), foi entre o estágio fenológico de VT (pendoamento) e R1 (florescimento), dado por volta dos 70-80 DAS para a maioria dos híbridos. Cerca de 20 dias antes, a inflorescência masculina inicia um rápido acúmulo de MS, como relata Fornasieri Filho (2007), que a partir de V9 o pendão começa a se desenvolver e o colmo continua a apresentar rápida elongação, em função do crescimento dos entrenós.

Quanto ao sabugo (figura 10), a queda no acúmulo de MS a partir dos 90 DAS para a maioria dos híbridos, se deve a erros na separação ou dissecação da planta. Até a antepenúltima coleta, o sabugo não foi separado da espiga, sendo contado junto a ele o peso de grãos recém fecundados e em início de desenvolvimento. Von Pinho *et al.* (2009) descreve que é acumulado MS no sabugo até próximo a maturação fisiológica. A produção de MS nos grãos (figura 11) cresceu até o PMF, no entanto, eles foram separados do sabugo somente nas duas últimas coletas realizadas, não sendo possível a percepção completa, desde a fecundação do óvulo, quanto a evolução do acúmulo de MS neste órgão da planta.

No que se refere a palha da espiga (figura 12), a mesma ganha biomassa até próximo ao estágio de R2, ou cerca de 85-90 DAS, como também descrito por Meneses (2014). Posteriormente, é estabilizado o acúmulo de MS, para a grande parte dos híbridos. Há alguns híbridos que apresentam maior produtividade de palha da espiga. Tal fator pode ser considerado na escolha do híbrido, a depender do destino da produção, uma vez que é sabido o maior risco à infecção por fungos de pós-colheita quando a palha não cobre e protege bem os grãos.

O cabelo ou estilo-estigma da planta de milho (figura 13), têm seu máximo acúmulo de MS, para muitos dos híbridos cultivados, em 80 DAS mais ou menos, no estágio de VT-R1, justamente quando se dá a antese, eles se tornam visíveis, e tem-se a polinização. Depois, há uma redução da MS do cabelo. A redução pode ser explicada pelo fato de o órgão da planta já ter cumprido seu papel, podendo eles serem fonte para o principal dreno da planta, os grãos. A perda de água dos estilos-estigmas também é visível neste estágio.

Quanto ao acúmulo de material morto (figura 14), ao avançar do ciclo da planta, há a senescência natural das folhas mais baixas, ou folhas do terço inferior da planta. Por isso, a

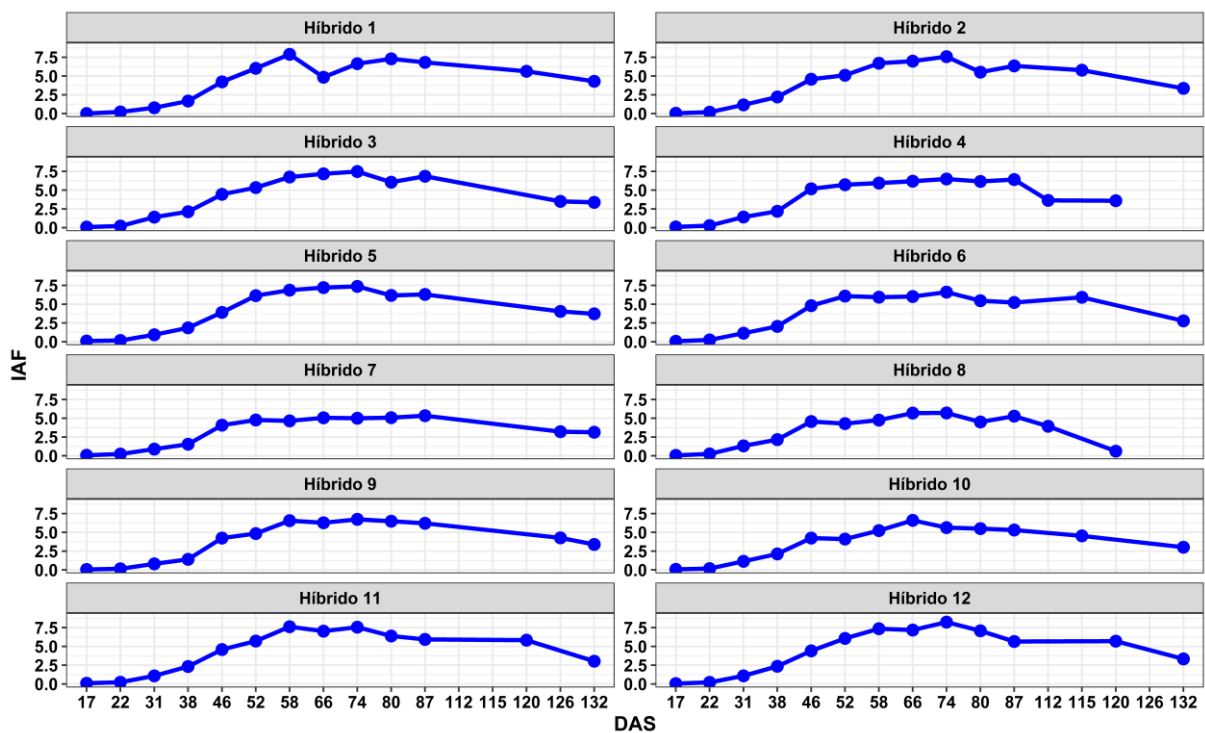


partir de 110 DAS, há um aumento da quantidade de material morto, chegando ao ponto máximo ao PMF para este experimento realizado, uma vez que as coletas se encerraram neste momento. Os híbridos de ciclo curto acumulam material morto antes dos materiais mais tardios, mostrando a translocação precoce de fotoassimilados, rápida maturação da planta e precocidade na produção. Deve ser mencionada a ressalva no que diz respeito a tecnologia *Stay Green*, que é a capacidade da planta de manter o seu vigor vegetativo durante o processo de enchimento dos grãos, mantendo-se verde por um período maior (BEKAVAC *et al.*, 2002).

Quanto a espiga (figura 15), verifica-se um rápido crescimento a partir de sua identificação visual para separação morfológica, dada em torno de 60 DAS, nas condições experimentais narradas. Magalhães e Durães (2003) também verificaram um rápido acúmulo de matéria seca na espiga a partir do florescimento (R1) dado em aproximadamente 80 DAS. O acúmulo de MS na espiga, para materiais mais precoces, arranca, atinge a maturação, e se estabiliza mais cedo (MENESES, 2014).

Na Figura 16, têm-se o índice de área foliar (IAF) para todos os híbridos de milho ao longo do período de coleta.

FIGURA 16 – Evolução do índice de área foliar (IAF) dos híbridos de milho cultivados.

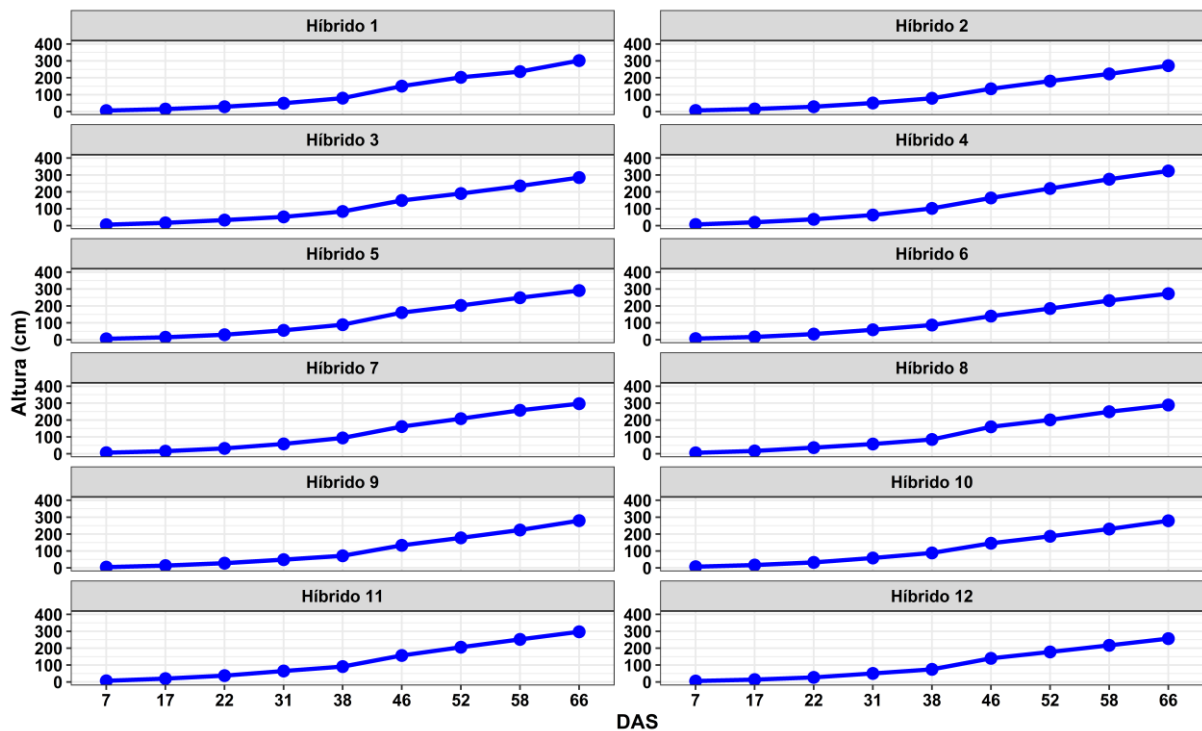


Nota-se um aumento até o florescimento (R1), próximo aos 80 DAS, momento este em que todas já estão completamente expandidas, podendo a planta ter perdido algumas folhas

a depender das condições do ambiente. Assim, como descreveu Barros (1997), verificam-se comportamentos distintos na variação do IAF. Um período inicial de baixo incremento de IAF ou crescimento e expansão de folhas de forma lenta (até 30 DAS), de 30 a 80 DAS, um momento de rápida expansão e crescimento de folhas, e de 80 DAS em diante, a redução do IAF pelo fato de haver mais senescência natural que emissão de folhas. O ponto de IAF máximo atingido em meados do estágio de VT e R1, mostra o final da fase vegetativa e início da reprodutiva (MAGALHÃES; SILVA, 1978).

Na Figura 17, é mostrada a altura para todos os híbridos de milho ao longo do período de coleta.

FIGURA 17 – Evolução da altura dos híbridos de milho cultivados em centímetros.



A altura dos híbridos de milho avaliada no tempo, forma uma curva de crescimento praticamente linear, com um início de desenvolvimento mais lento – até por volta do 30 DAS. Em estágio VT, próximo aos 70 DAS, cessaram as medições de altura de plantas, visto que segundo Ritchie *et al.* (2003), ao atingir este estágio, a planta chegou quase em sua altura total. Houveram híbridos mais baixos e outros mais altos, porém, todos eles com altura máxima de cerca de 3 metros. Segundo Sangoi *et al.* (2002) e Argenta *et al.* (2001), a altura das plantas será tanto maior quanto menor a população de plantas na área, devido ao efeito combinado da

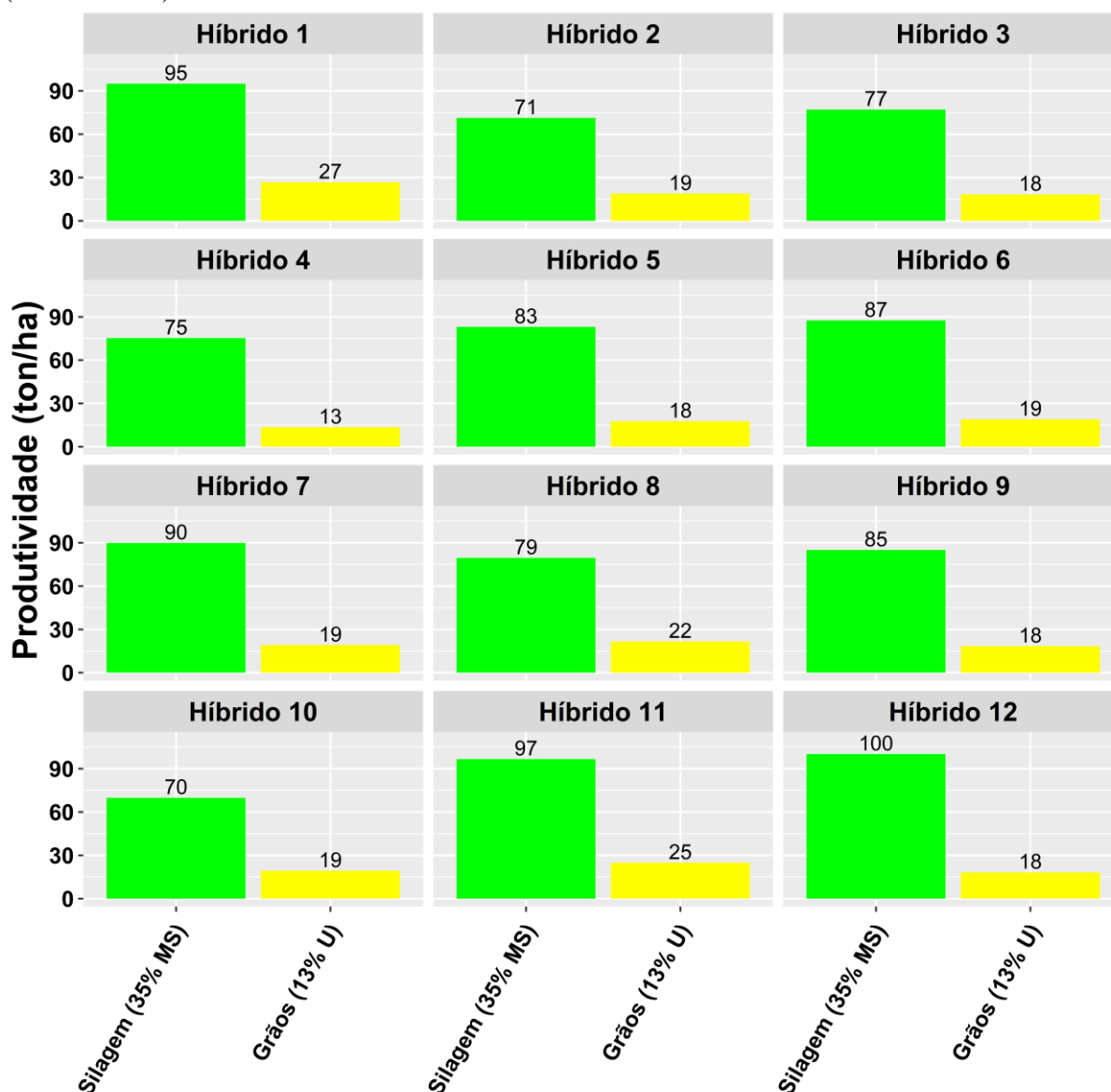
competição intraespecífica por luz, estiolamento, com conseqüente estímulo da dominância apical das plantas.

Nas Figuras 18 e 19, são mostradas as produtividades para silagem e grãos. Para a Figura 18, a produtividade é expressa em matéria seca, e para a Figura 19, com a umidade prática tida como padrão ou ideal a cada processo.

FIGURA 18 – Produtividades de silagem e grãos - (toneladas de MS/ha).



FIGURA 19 – Produtividades de silagem (35% de MS) e grãos (13% de Umidade - U) - (toneladas/ha).



A produtividade ao ponto de silagem planta inteira e de grãos para todos os híbridos é demasiada alta. Alguns híbridos tenderam a produzir mais, dadas as condições experimentais. Os valores de produtividade dos híbridos de milho foram maiores que dados de produtividade mais antigos, observados por: Andrade *et al.* (1975), em Piracicaba-SP; Furlani *et al.* (1977), em Campinas-SP; Vasconcelos *et al.* (1983), em Sete Lagoas-MG; Bull (1993); Duarte *et al.* (2003), em Palmital-SP.

Um fator que pode ter afetado positivamente a produtividade de grãos quando comparada a outros trabalhos, é a colheita ao PMF, em virtude que em outros experimentos,

não se preconiza a colheita no ponto de maturação fisiológica, mas sim, pautada em dias após a emergência ou dias após a semeadura. Isso porque sabe-se que a partir da maturação há perda de MS da planta e do grão por auto consumo ou respiração do embrião, cujo o qual é um ser vivo. Outro ponto é que a condução do experimento se deu por meio de coletas de plantas ao longo da linha de plantio. O ideal seria a coleta destas plantas ao acaso na parcela experimental, uma vez que ao retirar uma planta é excluída a competição interespecífica entre plantas da lavoura, o que faz com que a planta que ficou na parcela seja beneficiada, não devendo esta ser coletada futuramente.

Em trabalho um pouco mais recente, no mesmo município, em Lavras-MG, Von Pinho *et al.* (2009) relataram uma produtividade de 13,5 ton/ha de grãos e 32,9 ton/ha de MS de planta, e, 14,6 ton/ha de grãos e 29,6 ton/ha de MS de planta, para as cultivares GNZ 2004 e P 30F33, respectivamente, a uma população de 60 mil plantas por hectare. Peron *et al.* (2019) mostra uma média de 14,7 ton./ha como a produtividade de grãos para 33 híbridos simples comerciais, avaliados na safra 2015/2016 no período de verão, com plantio em novembro, na cidade de Serra do Salitre-MG.

Bastos (2019), relata uma produção de milho silagem planta inteira, na safra de verão de 2016/2017, de 25,6 ton/ha de MS. Resultado obtido como média de 48 lavouras, distribuídas em 15 cidades diferentes – Carambeí, Castro, Ponta Grossa, Coqueiral, Ibituruna, Ijaci, Itumirim, Itutinga, Lavras, Luminárias, Nazareno, Passos, Perdões, Três pontas e Descalvado, nos estados de Minas Gerais (estado com maior número de lavouras), São Paulo e Paraná. Entretanto, as plantas dessas lavouras avaliadas por Bastos (2019), foram coletadas a 25 centímetros de altura, e para este presente trabalho, as plantas foram inteiramente dissecadas e pesada toda a parte aérea. Este é um fator considerável para a comparação da produtividade de silagem deste trabalho, haja visto que a produtividades de MS é uma variável que é afetada diretamente pela altura na qual se faz o corte das plantas (BASTOS, 2019).

## 5 CONCLUSÕES

Recomenda-se a caracterização da fenologia da planta durante o período de experimentação, tendo em vista que os eventos ocorridos na planta, são muito pautados em seu estágio fenológico e não em dias após a semeadura ou dias após a emergência.

Para uma tentativa de modelar ou estimar o crescimento de híbridos de milho, recomenda-se que haja mais experimentos, de modo a usar um maior espaço amostral (n) e coletas de plantas ao acaso, com o intuito de mitigar erros amostrais e promover eventos já descritos por outros autores na planta de milho.

Até o pendoamento-florescimento, o milho cresce em altura de forma praticamente constante, com uma leve progressão inicial mais retardada. O IAF máximo também se dá por volta desta fase.

Híbridos comerciais de milho diferentes, possuem distintas necessidades de acúmulo de graus-dia ou soma térmica para o florescimento e maturação da planta. Por isso, pode ocorrer eventos distintos em lavouras que foram semeadas no mesmo dia e com cultivares diferentes.

O crescimento, desenvolvimento e a produtividade de milho podem variar conforme o híbrido cultivado, para um mesmo clima, mesma adubação e mesmo manejo de tratos culturais. Isto mostra que os parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produtividade de uma cultivar de milho devem ser testados em diferentes localidades para que haja uma validação de tais aspectos, e possa haver uma recomendação técnica de algum híbrido e seu manejo mediante um cenário.

Atualmente, existem híbridos de milho altamente produtivos, cujo os quais posicionados ou inseridos de maneira correta em um ambiente de cultivo adequado, são capazes de responder ou expressar excelente produtividade quando os fatores que influenciam são bem manejados (água, luz, nutrientes, temperatura, pragas, plantas daninhas, doenças e manejo de tratos culturais – fatores bióticos e abióticos).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. Z. *et al.* **Simulação gráfica do crescimento de plantas de milho.** 2007.

ALVES, F. Q. G.; SILVA, F. C.; COSTA, I. J. S.; DAVID, A. M. S. S.; SIMÕES, D. A. Qualidade fisiológica de híbridos de milho submetidos a diferentes temperaturas. Trabalho apresentado no 28. **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.

ALVES, V. M. C. *et al.* Toxidez por alumínio e hidrogênio no crescimento de raízes de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 02, 2004.

ANDRADE, A. G. de; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays*). Crescimento. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz**, Piracicaba, v. 32, p. 115-149, 1975.

ARGENTA, G.S.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v.31, p.1075-1084, 2001.

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C. STRIEDER, M.L. FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Ciência Agrária**, Curitiba, v. 4, p. 27–34, 2003.

ARIAS, C. A. A. **Componentes de variância e covariância genética relacionados à seleção recorrente intra e interpopulacional no milho (*Zea mays* L.).** Piracicaba: ESALQ, 1995. 139p. Tese de Doutorado.

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, n.1 p. 430-445, 1959.

BAL, M. A.; COORS, J. G.; SHAVER, R. D. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 10, p. 2497-2503, 1997.

BARROS, A. H. C. **Análise do crescimento, do desenvolvimento e da produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.): Experimentos e modelos.** 1997.

BASTOS, M. de S. **Características agrônômicas de híbridos de milho para produção de silagem cultivados em quatro estados brasileiros / Márcio de Souza Bastos.** - 2019. 68 p.

BEKAVAC, G. *et al.* Stay green criterion in maize breeding programs. **Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo**, n. 36, p. 317-326, 2002.

BELOW, F. E. *et al.* Availability of reduced N and carbohydrates for ear development of maize. **Plant Physiology**, v. 68, n. 5, p. 1186-1190, 1981.

BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R. Teste de um modelo de estimativa do espigamento do milho com base na temperatura do ar. **Agronomia Sulriograndense**, 22(2):243-259, 1986.

BERGONCI, J. I. *et al.* Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 949-956, 2001.

BERGAMASCHI, H. Fenologia. In: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia – Disciplinas de Graduação – **Relações Clima-Planta**. Porto Alegre: UFRGS.

BEVILACQUA, L. B. Sazonalidade da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico em uma área agrícola no RS. 52 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, **Programa de Pós-Graduação em Física**, RS, 2012.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. **Plenum Press**, New York/London. 1994.

BISON, O.; RAMALHO, M. A. P.; RAPOSO, F. V. Potencial de híbridos simples de milho para extração de linhagens. **Ciências Agrotécnica**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 348–355, 2003.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. 817 p.

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho do plantio à colheita**. Editora UFV, Viçosa, 2015. 351 p.

BOGDAN, A.V. **Tropical pasture and fodder plants**, Longman Group Limited, ,1977, p.143-147.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretaria de Política Agrícola**. Portaria n. 180, de 12 de novembro de 2013. São Paulo-SP, p. 33.

BURNS, George W.; BOTTINO, P. J. **Genética**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 381p.

CANTARUTTI, R. B. *et al.* Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. [Ed.]. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação**. p. 332 – 341. 1999

CARVALHO, H.W.L. de; MAGNAVACA, R.; LEAL, M.L.S. Estabilidade da produção de cultivares de milho no Estado de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.7, p.1073-1082, jul. 1992.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência tecnologia e produção**. 4. Ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2000. 588 p.

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

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Eds.). Sete Lagoas: Embrapa: Milho e Sorgo; **A Cultura do Milho**, 2008. p. 131–157. 517 p.



CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 9, safra 2021/22, n. 6 sexto levantamento, março 2022.

COSTA, J. R. **Técnicas Experimentais aplicadas às Ciências Agrárias**. EMBRAPA-Agrobiologia, Seropédica – RJ, 2003. p. 1-54.

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. Cultivo do milho: pragas da fase vegetativa e reprodutiva. **Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2002.

CRUZ, J. C. Cultivares de milho para silagem. Encontro Nacional dos Estudantes de Zootecnia. **Anais...** Viçosa, 1998.

CRUZ, J. C. *et al.* Manejo da cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; FILHO, I. A. P.; PINTO, L. B. B.; QUEIROZ, L. R. Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2009. 15 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 124).

DA COSTA, R. V. *et al.* Comportamento de híbridos de milho na safrinha em Tocantins. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2019.

DA SILVA, L. C. **Dedução da equação de quebra de umidade em grãos**. 2015

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1862-1866, 2007.

DE FINA, A. L.; RAVELO, A. C. **Climatologia y fenologia agrícolas**. Buenos Aires: Universitaria, 1973. 281p.

DE SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004., 2004.

DE SOUZA, I. P.; RUFFATO, S. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho secados naturalmente. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e44010817334-e44010817334, 2021.

DENGLER N. G., NELSON, T. Leaf structure and development in C4 plants. In: SAGE, R. F.; MONSON, R. K., (Eds). **C4 plant biology**. Academic press, San Diego, p 133-172, 1999.

DOS SANTOS, H. J. L. *et al.* Exportações no Mercado Rural: Caracterização e Perspectivas Futuras. **Revista Cadernos de Economia**, v. 26, n. 42, p. 01-23, 2022.

DURÃES, F. O. M. Limitações fisiológicas do milho nas condições de plantio nas regiões tropicais baixas. **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 26., 2006, Belo Horizonte.

DUVICK, D. Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v. 50, p. 193-202, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2006. 286 p.

EMYGDIO, B. M.; MACHADO, J. R.; GUADAGNIN, J. P.; MEIRELES, W.; PEREIRA, F.; BACKES, R. L.; OLIVEIRA, A. C. B. de; RODRIGUES, L. R. Recomendação de variedades de milho para o sul do Brasil para a safra 2011/12. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 7-13, 2011.

ESAU, K. **Anatomy of seed plants**. 2 ed. New York: John Wiley, p.550. 1977.

FACTORI, M. A. *et al.* Silagem de planta inteira de milho: pontos importantes a serem considerados. **Pubvet**, v. 6, p. Art. 1363-1368, 2012.

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. **Simpósio sobre rotação soja/milho no plantio direto**, v. 1, 2000.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho estratégias e manejo para alta produtividade**. Piracicaba: Departamento de Produção Vegetal, 2003. p.174-197.

FANCELLI, A. L. Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 9, p. 20-23, 2015.

FARMNEWS. **O Farmnews apresenta os dados dos maiores produtores mundiais de milho esperados para a safra de 2021/22**, 2021. Disponível em: <https://www.farmnews.com.br/mercado/maiores-produtores-mundiais-de-milho-safra-2021-22-dados-de-setembro/#:~:text=Isso%20porque%20os%20dados%20do,2021%2F22%2C%20segundo%20USDA>. Acesso em: 23 de mar. 2022

FAVARIN, J. L. *et al.* Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

FERRARI, M.; CARVALHO, I. R.; PELEGRIN, A. J.; NARDINO, M.; SZARESKI, V. J.; OLIVOTO, T.; ROSA, T. C.; FOLLMANN, D. N.; PEGORARO, C.; MAIA, L. C.; SOUZA, V. Q. Path analysis and phenotypic correlation among yield components of soybean using environmental stratification methods. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 2, p. 192-202, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.18.12.02.pne488>. Acesso em: 5 abr. 2022.

FISCHER, R. A.; EDMÉADES, G. O. Breeding and cereal yield progress. **Crop Science**, v. 50, p. 85-98, 2010.

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: **Funep**, 2007, 576 p.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. **Londrina: Embrapa Soja**, 2011. 28 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

FRITSCHÉ-NETO, R.; MÔRO, G. V. Escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação disponível. **Visão agrícola**, n. 13, p. 12-15, 2015.

FURLANI, P. R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C.; SILVA, W. J. Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 22, p. 223-229, set. 1977.

GARCÍA-LARA, S.; CHUCK-HERNANDEZ, C.; SERNA-SALDIVAR, S. O. Development and Structure of the Corn Kernel. In: **Corn: Chemistry and Technology**. AACC International Press. 3 Ed. p. 147-163. 2019.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S. O. Corn History and Culture. In: **Corn: Chemistry and Technology**. AACC International Press. 3 Ed. p. 1-18. 2019.

GRALAK, E. *et al.* Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agronômicos e bromatológicos da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13<sup>a</sup> ed. Piracicaba, SP: 1990. 468p.

GONÇALVES, F. M. A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em “safrinha” no período de 1993 a 1995. **Lavras: UFLA**, 1997. 86p. Dissertação de Mestrado.

HUDA, S.; YANG, Y. Chemically Extracted Cornhusk Fibers as Reinforcement in Light-Weight Poly (propylene) Composites. **Macromolecular Materials and Engineering**, v. 293, n. 3, p. 235-243, 2008.

JONES, R. J.; SIMMONS, S. R. Effects of altered source sink relation on growth of maize kernels. **Crop Science**, v. 23, n.1, p.129-134, 1983.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, n. 9/16, p. 1409-1417, 1987.

KRONKA, S. N. (2018). **Estatística experimental**. FUNEP, 54 p.

LACERDA, C. F. *et al.* **Fisiologia vegetal**. Fortaleza - CE, 2007. (Apostila).

LERAYER, A. **Guia do milho: tecnologia do campo à mesa**. CIB.

LIMA, M. G. **Calibração e validação do modelo C E R S-Maize em condições tropicais do Brasil**. Piracicaba: USP, 1995. 119p. Tese - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, 1995.

LIMA, T. G. *et al.* Consequências da remoção do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Bragantia**, v. 69, n. 3, 2010.  
LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v.41, p.742-747, 1977.

MACHADO, E. L. M. *et al.* Análise comparativa da estrutura e flora do compartimento arbóreo-arbustivo de um remanescente florestal na fazenda Beira Lago, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 499-516, 2004.

MAGALHÃES P. C., SOUZA, T. C. **Ecofisiologia: sistema de produção do milho**. Embrapa, 2019.

MAGALHÃES, A. C. N., SILVA, W. J. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ. /Mar print, 1978. 650p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 1995. (Circular técnica, n° 20).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C. Efeitos do quebraamento do colmo no rendimento de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, p.279-289, 1998.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. 4p.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 1.ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p. 114-178.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola – Adubos e adubação**. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo/SP. 594. 1981.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. Em: Seminário sobre corretivos agrícolas. Campinas, **Fundação Cargill**, p. 3-64, 1985.

MALDANER, L. J. *et al.* Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Energia Renováveis**, v. 3, p. 13-23, 2014.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 29, de 8 de junho de 2011. **Lei do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/infraestrutura-elogistica/documentos-infraestrutura/29-2011.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

MATZENAUER, R. Caracterização fenológica de cultivares de milho em avaliação no Estado do Rio Grande do Sul. In: **Reunião Técnica Anual do Milho, 42 e Reunião Técnica do Sorgo, 25**, 1997, Erechim. Anais, 1997. p. 334-341.

MENESES, N. B. **Marcha de acúmulo de matéria-seca e de nutrientes pelo milho superdoce**. 2014.

MIJONE, A. P.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, O. T.; MAES, M. L.; PINSETTA JUNIOR, J. S. Adaptability and stability of corn hybrids in the off season across various agricultural regions in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 3, gmr18193, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr18193>. Acesso em: 5 abr. 2022.

MONTEIRO, JEB de A. *et al.* **Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Embrapa Agricultura Digital-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2021.

MORAIS, P. P. P.; BORÉM, A. **Maior interação com ambiente eleva uso de cultivar transgênico no Brasil**. USP ESALQ. a, v. 9, 2015.

MUNDSTOCK, C. M. **Densidade de semeadura no milho para o Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/ASCAR, 1977. 35p.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes, em diferentes situações de manejo**. 2004. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004.

NUSSIO, L. G. **Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. IV Simpósio sobre nutrição de bovinos**. Anais... Piracicaba, 1991.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS F. P.; DIAS, F. N. **Importância da qualidade porção vegetativa no valor alimentício do milho**. In: **Simpósio sobre produção e utilização de silagens conservadas**, 1., 2001, Maringá. Anais... Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p 127-145.

OLIVEIRA, T. R. A.; CARVALHO, H. W. L.; COSTA, E. F. N.; CARVALHO FILHO, J. L. S. **Correlation among adaptability and stability assessment models in maize cultivars**. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 5, p. 516-521, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.17.11.05.p304>. Acesso em: 5 abr. 2022.

OLIVEIRA, T. R. A.; CARVALHO, H. W. L.; OLIVEIRA, G. H. F.; COSTA, E. F. N.; GRANIVA, G. A.; SANTOS, R. D.; CARVALHO FILHO, J. L. S. **Hybrid maize selection through GGE biplot analysis**. **Bragantia**, v. 78, n. 2, p. 166-174, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20170438>. Acesso em: 5 abr. 2022.

PACHECO, R. M.; DUARTE, J. B.; BRANQUINHO, R. G.; SOUZA, P. I. D. M. **Environmental stratifications for soybean cultivar recommendation and its consistency over** **Rev. Sítio Novo Palmas** v. 4 n. 2 p. 92-92 abr./jun. 2020. e-ISSN: 2594-7036 time. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, gmr16039693, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039693>. Acesso em: 5 abr. 2022.

PADILHA, F. A. *et al.* **Produtividade de híbridos de milho sob dois níveis de tecnologia na região Central de Minas Gerais. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA. 6 p. (Circular Técnica, 75). 2006.

PAIXÃO, J. de S. *et al.* **Aptidão e potencial de produção de milho em municípios de Minas Gerais. Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos. Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2020.

PERON, G. de C. *et al.* Influência de formas de adubação de semeadura na produtividade de grãos de híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 1, p. 88-98, 2019.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2178-2184, 1998.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

R CORE TEAM. R. A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: **R Foundation for Statistical Computing**. 2021. Disponível em: <<http://www.Rproject.org/>>.

RESENDE, D. C. *et al.* Adoção da área de refúgio e manejo de resistência de insetos em milho Bt 1, 2. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. **Special Bulletin**, Iowa, n. 48. 1993.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a Planta de Milho se desenvolve. **Potafós**, 2003.

RODRIGUES, L. R.; SILVA, P. R. F.; FERREIRA, P. R. *et al.* Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012 e 2012/2013. 1.ed. Porto Alegre: **Fepagro**, 2011. 140 p.

ROMANO, M. R. **Desempenho fisiológico da cultura de milho com plantas de arquitetura contrastante – Parâmetros para modelos de crescimento**. 2005. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2005.

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, S. S.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.108, p.1-7, 2012.

SALLA, D.A.; FURLANETO, F.P.B.; CABELLO, C.; KANTHACK, R.A.D. Estudo energético da produção de biocombustível a partir do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 2017–2022, 2010.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2000, prelo.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M.A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, v.79, p.39-51, 2002.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SILVA, P. R. F. da; HORN, D.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agrônomico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 218–231, 2006.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2010. 87p.b

SANGOI, LUÍS *et al.* Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho, em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 254-265, 2010.

SAYRE, J. D. Mineral accumulation in corn. **Plant Physiology**, Rockville, v. 23, n. 3, p. 267-281, July 1948.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; STORCK, L. *et al.* Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.155-167, 2009.

SILVA, E. C. *et al.* Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Rev. Bras. De Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005.

SILVA, P. R. F. da. Densidade e arranjo de plantas em milho. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 19, 1992, Porto Alegre, RS. Conferências... Porto Alegre: Secretaria da Agricultura – CIENTEC-ABMS, 1992. p.291- 294.

SILVA, S. C.; SOARES, E. G. S. **Zoneamento agroclimático**, 2004. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01\\_49\\_1311200215103.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_49_1311200215103.html)>. Acessado em: 27 de março de 2022.

SILVEIRA, D. C. *et al.* Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) Na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciências Agrárias**, v. 98005, p. 096, 2015.

SOARES, M. A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.)**. 2003. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão agrícola**, v. 13, n. 1, p. 8-13, 2015.

SOUZA, F. R. S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1989. 80p. Dissertação de Mestrado.

SWANK, J. C. *et al.* Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. **Plant Physiology**, v. 70, n. 4, p. 1185-1190, 1982.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, v.37, n.2, p.305-311, 1992.

VALENTE, T. N. P. *et al.* Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade de nutrientes para ruminantes: revisão. **Veterinária e Zootecnia**, p. 347-358, 2011.

VAN RAIJ, B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996.

VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L. dos; FRANÇA, G. E. de. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 8, p. 887-901, ago. 1983.

VELOSO, C. A. C. *et al.* Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agrícola**, v. 49, p. 123-128, 1992.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, 1972. 8 p.

VON PINHO, R. G. *et al.* Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 02, 2009.

WATSON, S. A. Corn marketing processing and utilization. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (Eds.). **Corn and corn improvement**. ASA, 1988. p.881-940.

WATSON, S. A. Description, development, structure, and composition of the corn kernel. In: WHITE, P.J., JOHNSON, L.A. (Eds.), **Corn Chemistry and Technology**. In: vol. 2. **American Association of Cereal Chemists Inc.**, St. Paul, pp. 69–106. 2003.

WESTGATE, M. E.; OTEGUI, M. E.; ANDRADE, F. H. Physiology of the corn plant. In: SMITH C. W.; BETRAN, J.; RUNGE E. C. A. Corn: Origin, History, **Technology and Production**. **John Wiley and Sons, Inc.** Hoboken, NJ, 2004.

WILSON, J. R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H. G. *et al.* (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. 1993. p. 1–32.