

# HÍBRIDOS DE SORGO FORRAGEIRO: ONDE ESTAMOS? PARA ONDE VAMOS?

**José Avelino Santos Rodrigues**

*Embrapa Milho e Sorgo, Avelino.rodrigues@embrapa.br*

A cultura do sorgo vem ganhando espaço na utilização para silagem em razão da sua grande versatilidade quando comparada a outras culturas, em especial a do milho, que é a principal cultura utilizada para produção de silagem no Brasil. Assim, o sorgo se destaca por sua ampla adaptação, podendo ser cultivado em todo o território nacional, e por sua alta produtividade de massa seca aliada à alta qualidade nutricional da forragem.

Outro ponto a se destacar da cultura do sorgo é o melhoramento realizado pelas empresas que se dedicam a ela. Antigamente quando se buscava um híbrido para silagem se analisava o material que possuía maior produção de massa seca ou simplesmente o que possuía maior produção de massa verde. Hoje, com o avanço da tecnologia de avaliação e com maior conhecimento da parte nutricional, é sabido que nem sempre o híbrido com maior produção de massa seca é o material que terá maior rendimento animal em carne e leite.

A prática de conservação de forragens sob a forma de silagem é uma das mais difundidas e crescentes no Brasil. À medida que a exploração pecuária se torna mais tecnificada, a procura de melhores índices zootécnicos e rentabilidade econômica tem induzido os produtores de leite e de corte a adotarem sistematicamente essa prática.

Estima-se que o sorgo ocupa aproximadamente 600 a 800.000 hectares da área plantada para ensilagem no Brasil, mas tem crescido muito nos últimos anos, tanto para produção de grãos quanto de silagens, bem como o número de híbridos e variedades adaptados para produção de silagem de qualidade, comercializados no mercado nacional. Estima-se ainda que, o plantio de milho para silagem ocupa 1,2 a 1,4 milhões de hectares e que, 80 a 100.000 hectares sejam ocupados por outras culturas (cana, capim napier, palhada de trigo, etc.). O sorgo é uma cultura que produz silagens com boas características fermentativas, variando em torno de 90 a

95% do valor nutritivo do milho quando fornecido como único volumoso, ou 85 a 90% quando ingrediente de uma dieta.

## TRAJETÓRIA DO SORGO FORRAGEIRO NO BRASIL

A planta de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), moderna, é um produto da intervenção do homem, e, este vem transformando-a para vários objetivos. Sorgo é uma extraordinária fábrica de proteína, energia e de massa, e é muito utilizado em regiões onde não se obtêm boas produtividades de grãos ou de forragem cultivando-se outras espécies, como o milho.

A origem do sorgo está provavelmente na África, embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes, África e Índia. A domesticação do sorgo, deve ter acontecido por volta de 3000 a.C., ao mesmo tempo em que a prática de domesticação e cultivo de outros cereais era introduzida no Egito antigo a partir da Etiópia.

Quando e como o sorgo se dispersou para fora da África é muito estudado. O Sorgo Durra, nome de um dos tipos raciais da espécie, é encontrado extensivamente desde a Etiópia, passando pelo Vale do Nilo até o Oriente próximo, atingindo a Índia e a Tailândia. Os Durras provavelmente foram introduzidos no mundo árabe por volta de 1000 a 800 a.C. O sorgo chegou à Europa através da Itália, provavelmente com sementes trazidas da Índia por volta de 60 a 70 anos d.C. Partindo também da Índia, o sorgo chegou à China no século III d.C. Os mesmos sorgos do tipo Durra já eram observados, nesta época, na Coreia e nas Províncias Chinesas próximas, provavelmente introduzidos através das chamadas "rotas da seda" que partiam da Ásia Menor em direção ao extremo Oriente.

A partir de 1874, numerosos materiais genéticos foram introduzidos nos EUA pelo Departamento de Agricultura e outras instituições, provenientes de diversas partes do mundo. Os Durras chegaram do Egito, os Shallu, da Índia, os Kafirs, da África do Sul, e os Milo, os Feterita e os Hegari, do Sudão.

Na primeira década do século XX, o sorgo foi extensivamente cultivado nos Estados Unidos da América para produção de xarope ou melaço. As cultivares eram de porte muito alto e tardias, com alguma semelhança fenotípica com os atuais sorgos forrageiros para

silagem. O porte avantajado dessas cultivares não permitia sua utilização como plantas graníferas porque a colheita, mesmo que fosse por processo manual, era muito difícil.

A partir da década de 40, com o surgimento dos "combine types" ou sorgos graníferos, a cultura tomou um significativo incremento em várias regiões do Oeste dos EUA. Os maiores progressos, por causa do trabalho de um grupo de pesquisadores liderados por J.R.Quinby e J.C. Stephens, viabilizaram os híbridos a partir de 1960. O sorgo híbrido tornou-se um sucesso nos EUA e a nova tecnologia rompeu suas fronteiras, tornando-se rapidamente uma cultura muito popular em vários países.

O sorgo deve ter chegado ao Brasil da mesma forma como chegou às Américas do Norte e Central: através dos escravos africanos. Nomes como "Milho d' Angola" ou "Milho da Guiné", encontrados na literatura e no vocabulário do nordestino brasileiro até hoje, indicam que possivelmente as primeiras sementes de sorgo trazidas ao Brasil entraram pelo Nordeste.

A partir da segunda década do século XX até fins dos anos 60, a cultura foi reintroduzida de forma ordenada no país através dos institutos de pesquisa públicos e universidades. Deste período vamos encontrar registros de pesquisas com sorgo no Instituto Agrônomo de Campinas, no Instituto Pernambucano de Pesquisas Agropecuárias, no Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Sul e em algumas Escolas de Agronomia, como a Esalq de Piracicaba, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Escola Superior de Agronomia de Viçosa, Escola de Agronomia de Pernambuco, Universidade Federal do Ceará, principalmente.

Coleções foram introduzidas da África e dos Estados Unidos e deram origem a cultivares forrageiras comerciais cujos nomes até hoje são lembrados pelos produtores, como as variedades Santa Eliza, Lavrense, Atlas e Sart, principalmente.

No Estado de São Paulo, a cultura do sorgo para alimentação animal recebeu grande impulso a partir da década de 40 no Instituto Agrônomo de Campinas, com a execução do "Plano de Fazendas Piloto para melhoria da produção leiteira", pelo Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura, quando lançou e foram distribuídas gratuitamente sementes da variedade Santa Eliza,

cultivar de ciclo longo (160 a 170 dias), grande produtividade, colmo suculento e baixa produção de grãos. É provável que a maior semelhança desta variedade com as diferentes cultivares de capim elefante do que com o próprio milho, além da presença da durrina na fase inicial de crescimento, tenha provocado muitas reações negativas em termos de difusão e popularidade entre os pecuaristas, mantendo por muito tempo o sorgo à margem dos sistemas produtivos.

As pesquisas com sorgo no Nordeste começaram em 1957, comparando-o com milho em quatro locais em Pernambuco. Na Bahia começaram em 1963: no Ceará, em 1964: em 1966 em Alagoas, e em 1968, no Rio Grande do Norte, conforme relatos de LIRA e FARIS(1977)

O sistema de produção e distribuição de sementes melhoradas, no entanto, só viria a se desenvolver mais tarde, no começo dos anos 70 quando foi criado a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), especificamente o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG (atual Embrapa Milho e Sorgo) e quando o setor privado entrou no agronegócio do sorgo. E foi nesse momento que os híbridos de sorgo granífero, de porte baixo, e de sorgo forrageiros, adaptados para produzir silagem de alta qualidade chegaram ao Brasil através da fronteira gaúcha com os países platinos, e as empresas disponibilizaram híbridos adaptados às condições brasileiras.

A cultura do sorgo estabeleceu-se no Brasil, inicialmente, com base em informações provenientes de resultados obtidos de programas de pesquisa desenvolvidos externamente ao país e, posteriormente, adaptados às nossas condições. A introdução de híbridos contribuiu de maneira significativa para sua expansão, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, porém sem perspectivas de elevação do potencial de produção.

A oferta de sementes de sorgo no Brasil era incipiente antes da década de 1980. As ações de pesquisa com a cultura, principalmente para o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições do Brasil, se iniciaram em 1972 no extinto IPEACO/DNPEA. Essas ações procuraram, também, identificar as limitações à produção, à utilização e à comercialização de grãos de sorgo, com a colaboração estreita

entre os setores público e privado, especialmente a indústria de sementes. Na década de 80 houve um redirecionamento das estratégias de pesquisa com a cultura, tendo em vista a mudança da fronteira agrícola. Essa fase contou com importantes parcerias, principalmente o INTSORMIL (USA), com o envolvimento de Universidades Americanas e Institutos Internacionais, que possibilitaram grande avanço no programa nacional juntamente com o programa de desenvolvimento de cultivares da Embrapa e empresas privadas produtoras de sementes que no Brasil se estabeleceram.

A criação do Grupo Pro-Sorgo na década de 90 permitiu o estabelecimento de parcerias, possibilitou maior abrangência das ações e da transferência dos resultados obtidos nas diversas instituições envolvidas, com reflexos diretos no mercado brasileiro de sementes, com tendência por demanda de cultivares específicas ou direcionadas para condições agroecológicas específicas. Essa interação contribuiu significativamente para o incremento na produção de grãos e forragem e conseqüentemente na competitividade e geração de renda do agronegócio brasileiro.

As contribuições dos setores público e privado, no oferecimento de cultivares adaptadas às condições de plantio e de alto potencial de produção possibilitou incrementos significativos na produtividade média nacional, com reflexos no aumento da oferta de alimento (grãos e forragem), na competitividade e na geração de renda. A interação pesquisa e empresas privadas tem contribuído significativamente para o incremento da produção de grãos e forragem e conseqüentemente na competitividade e geração de renda do setor, sendo um exemplo de sucesso de parceria público x privada

A área cultivada com sorgo deu um salto extraordinário a partir do início dos anos 90. Atualmente, o Centro Oeste é a principal região de cultivo de sorgo granífero, enquanto Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Goiás são os estados que lideram a área de sorgos forrageiros para produção de silagem. O sorgo granífero é cultivado basicamente sob 3 sistemas de produção no Brasil: no Rio Grande do Sul planta-se sorgo na primavera e colhe-se no outono. No Brasil central a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. E no Nordeste,

é plantado na estação das chuvas ou de "inverno". No segmento de sorgo forrageiro o sistema é de cultivo exclusivo de verão- outono e a maior área plantada ainda é para confecção de silagem. O sorgo de pastejo tem o seu principal mercado no Sul do País, principalmente no Estado do Rio Grande do Sul. Nos últimos anos cresceu significativamente a área de sorgos para pastejo e/ou corte verde no Sudeste e Centro-Oeste, para formação de palha para plantio direto. As modernas cultivares graníferas, forrageiras e de pastejo têm se adaptado muito bem a sistemas integrados de agricultura e pecuária. O sorgo passa a assumir cada vez mais um papel estratégico para a consolidação de uma política de exportação de milho, quer sob a forma direta ou agregada em ovos, carnes e leite.

A potencialidade forrageira é ainda ponto forte desta cultura para a pecuária bovina. O segmento da bovinocultura pode se tornar em curto prazo um dos mais importantes clientes para forragem e grãos de sorgo, e se transformar no elo que falta para a consolidação da cultura do sorgo no País. O sistema de confinamento de bovinos de corte implantado no Brasil nas últimas décadas e a tecnificação e expansão da exploração leiteira mostram que a demanda por alimentos volumosos é muito grande e deveria ser suprida na maior parte do ano por alimentos conservados. A cultura de sorgo pode oferecer grande contribuição para minimizar os problemas decorrentes da estacionalidade da produção de forragem, além disso, atualmente tem-se procurado desenvolver híbridos que tenham bom equilíbrio entre colmo, folhas e panículas para que se possa aliar uma boa produtividade de matéria seca e um bom valor nutritivo. Os grãos de sorgo são largamente consumidos em rações balanceadas para pequenos e grandes animais. A planta inteira é utilizada sob forma de silagem, principalmente.

O avanço da moderna agricultura no Cerrado e seus diversos sistemas de produção continuam ampliando as possibilidades para os diferentes tipos de sorgo. A soja, principal parceira no sistema de sucessão de culturas, avança para os estados do Norte e Nordeste, com o sorgo acompanhando tal avanço. O sistema de plantio direto e a integração agricultura-pecuária ajustam-se especialmente à cultura do sorgo, por causa da sua excelente produção de massa e de

grãos. A expansão da agroindústria de carnes aumenta também a busca por matérias primas de menor custo para alimentação de aves, suínos e bovinos. A pecuária de leite e de corte se profissionaliza cada vez mais, à medida que os mercados consumidores exigem mais qualidade e preço competitivo. O milho, principal componente na alimentação animal no país, tem alto peso nas nossas exportações principalmente “embalado” sob a forma de carnes (aves, suínos e bovinos). O sorgo surge então como o principal alternativa ao milho na chamada “cesta básica” de ingredientes forrageiros.

## **SILAGEM DE SORGO NO BRASIL- DESDOBRAMENTOS TECNOLÓGICOS.**

### **Escolha da cultivar**

No Brasil, as cultivares de sorgo denominadas forrageiras, com ciclos mais longos e alturas superiores a 2m, vigorosas e com grande capacidade de produção de matéria verde, subdividem-se em: a)- Forrageiras com alta produtividade de massa porém baixa produção de grãos e baixo teor de açúcares solúveis, utilizados para conservação na forma de silagem. Possuem altura próxima ou geralmente, superior a 3 metros e sua silagem, na maioria das vezes é de baixa qualidade nutritiva, baixo teor de grãos e baixa digestibilidade; b)- Forrageiras com baixa produção de grãos, alta porcentagem de açúcares solúveis e altura próxima a 3 metros, denominadas sacarinas, as quais apresentam colmos com níveis de sacarose entre 10 e 14% e açúcares redutores, o que possibilita a sua industrialização para a produção de álcool etílico. Os colmos fornecem um caldo rico em açúcares fermentescíveis e os grãos, pelo processo de sacarificação, podem transformar seu alto teor de amido em significativas quantidades de açúcares mais simples e passíveis de fermentação, constituindo-se interessante matéria-prima de entressafra para as usinas produtoras de álcool. Grande parte das cultivares são sensíveis ao fotoperíodo. Também podem ser utilizados para confecção de silagem; c)- Forrageiras especializados para pastejo, corte ou fenação, denominadas de sorgo ou capim sudão (*Sorghum bicolor* cv. sudanense ) ou seus

híbridos com o *Sorghum bicolor* cv bicolor. Com relação aos outros tipos apresentam um colmo fino, alta taxa de perfilhamento e rebrota. A sua silagem é de baixa qualidade uma vez que, possui muita água no colmo e muito baixa porcentagem de grãos na forragem; d) Forrageiras com boa produção de grãos e altura variando entre 2,20 e 3,0 m, denominadas de silageiras de alta qualidade por produzirem silagem de alto valor nutricional, por causa da grande porcentagem de grãos na forragem, alta digestibilidade de fibras, resistência ao acamamento e grande capacidade de rebrota, entre outras características.

O Brasil está se tornando um dos principais fornecedores de carnes para os mercados internacionais, além do mercado interno, e a oferta alternativa de materiais forrageiros e das diferentes formas de forragem, de custo compatível com as demandas desses mercados, é um fator imprescindível para o desenvolvimento do agronegócio do País. Desta forma, o desenvolvimento de cultivares é de capital importância estratégica para o atendimento dessas demandas.

No mercado brasileiro, existem diversas cultivares forrageiras adaptadas para produção de silagem de alta qualidade, desenvolvidas e comercializadas pelas várias instituições públicas e privadas existentes no País, que se destacam por:

- A) Alta produtividade de forragem
- B) Precocidade de florescimento
- C) Alto desempenho animal
- D) Resistência ao acamamento
- E) Alta capacidade de rebrota
- F) Alta proporção de grãos na forragem
- G) Tolerância aos estresses abióticos (AI, seca)
- H) Eficiência nutricional das plantas (N,P)
- I) Tolerância aos estresses bióticos
- J) Alta digestibilidade de fibras
- K) Alto padrão de fermentação da silagem
- L) Porte e arquitetura da planta
- M) Alta produtividade de sementes dos paternais
- N) Paternais com alta capacidade de restauração da fertilidade
- O) Preço de sementes competitivo

## QUALIDADE DA SILAGEM

O sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) destaca-se por ser um alimento de alto valor nutritivo, que apresenta alta concentração de carboidratos solúveis essenciais para adequada fermentação láctica, bem como altos rendimentos de matéria seca por unidade de área

Com valor nutritivo próximo ao do milho (85% a 95%), o uso do sorgo (planta inteira) para ensilagem é favorecido por apresentar altos níveis de carboidratos solúveis, capacidade tamponante relativamente baixa, conteúdo de matéria seca acima de 20% e estrutura física que favorece a compactação durante o enchimento do silo.

Os critérios para seleção de híbridos de sorgo para silagem têm sido principalmente altura da planta, produtividade, produção de grãos, resistência a doenças e pragas e tolerância à seca. Porém, a identificação de características agrônomicas relacionadas ao processo de fermentação adequado, que proporcione baixas perdas de matéria seca e nutrientes durante a ensilagem e altas taxas de digestibilidade e consumo, é de grande importância na seleção de cultivares mais apropriadas para a ensilagem.

Um alimento que qualidade deve oferecer ao animal quantidades adequadas de energia e proteínas, e no caso de ruminantes, ainda deve apresentar fibra de boa qualidade e com capacidade de manter a saúde do rúmen. De acordo com o NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC (1989), a porcentagem ideal de FDN dietética deve estar entre 25 e 35%. Os níveis de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemiceluloses e lignina no sorgo podem limitar a qualidade final das silagens, já que estas não apresentam redução após o processo fermentativo, permanecendo como principais barreiras à atuação dos microrganismos presentes no silo. Para isso é interessante que se busquem valores ótimos de FDN e FDA para maximizar a produção animal.

A variação no estágio de maturação da planta interfere diretamente na qualidade e no valor nutritivo da planta e da silagem por causa das maiores ou menores participações das frações de colmo, folha e panícula na matéria seca total.

Com o avanço do estágio de maturação, ocorre aumento do teor de amido na planta de sorgo, decorrente da conversão de carboidratos solúveis, armazenados temporariamente no colmo, em amido, depositado no grão. A maior participação da panícula no total de MS da planta está relacionada com valores nutritivos mais elevados e melhores digestibilidades.

A redução do conteúdo de carboidratos solúveis no colmo também é acompanhada por aumento nos teores de FDN, FDA e lignina. A ensilagem do sorgo deverá ser realizada com os grãos no estágio leitoso a pastoso, para evitar redução na digestibilidade da matéria seca das frações fibrosas, evitar eliminação, pelos animais, de grãos nas fezes, acamamento, ataque de pássaros e favorecer maior rebrota.

Sabe-se que a proporção de grãos na planta de sorgo é determinante da qualidade das silagens porque neles se encontra a maior fração energética disponível da planta. A altura da planta pode estar correlacionada positivamente com a produção de matéria natural e matéria seca. Entretanto, geralmente se correlacionam também positivamente com porcentagem de colmo e com a porcentagem de acamamento, características indesejáveis para a produção eficiente de forragem. Além disso, a maior porcentagem de colmos em relação às folhas e panículas gera o comprometimento do valor nutricional da forragem.

Assim como as gramíneas tropicais, o sorgo está submetido aos efeitos do estágio de maturação na produtividade e valor nutricional. De modo geral, com o avançar da idade da planta ocorre aumento na produção de matéria seca por área, porém observa-se redução no valor nutricional por causa do aumento das frações fibrosas do colmo e folhas. Dessa forma o conhecimento das características agrônômicas da cultivar com que se trabalha e da composição química da planta em diferentes idades é essencial para que se estabeleça o melhor ponto de corte, que proporcione uma boa produtividade por área, sem limitar o consumo e a produção animal.

A determinação dos teores das frações fibrosas é muito importante na caracterização do valor nutritivo das forragens. Tanto o teor de fibra em detergente ácido (FDA) quanto o de fibra em

detergente neutro (FDN) podem ser negativamente correlacionados com a digestibilidade e com o consumo. Valores muito baixos de proteína bruta (PB) comprometem a fermentação ruminal e consequentemente o consumo e o desempenho dos animais.

## **PRODUTIVIDADE DE FORRAGEM**

A altura da planta de sorgo é controlada por quatro pares de gens principais (dw1, dw2, dw3 e dw4), os quais atuam de maneira independente e aditiva sem afetar o número de folhas e a duração do período de crescimento. As plantas com os genes recessivos nos quatro loci resultam em porte mais baixo (60-80 cm), caracterizadas pelo nanismo e são chamadas "anãs-4"; enquanto que as plantas com genes recessivos em três loci e dominante no outro locus são chamadas "anãs-3". Cultivares graníferas normalmente são "anãs-3 e cultivares forrageiras são "anãs-2 ou "anãs-1", com genes recessivos em dois ou um loci respectivamente. A taxa de produção de matéria seca no sorgo é fortemente afetada pela área foliar no primeiro estágio de crescimento (germinação a iniciação da panícula). A área foliar final é determinada pelas taxas de produção e duração da expansão, pelo número de folhas produzidas e a taxa de senescência, os quais são fatores bastante afetados pelo ambiente.

A temperatura, o déficit de água e as deficiências pelos nutrientes, afetam as taxas de expansão das folhas, altura da planta e duração da área foliar, sobretudo nos genótipos sensíveis ao fotoperíodo. Esses efeitos podem ser modificados por mudanças na duração do dia. A insuficiência de água é uma das causas mais comuns de redução de área foliar e está relacionada com a expansão das células. A temperatura noturna do ar baixa, geralmente atrasa o desenvolvimento dos estádios EC 2 e EC 3.

## **RESISTÊNCIA AO ALUMÍNIO E EFICIÊNCIA DE NUTRIENTES**

O crescimento das raízes de sorgo está relacionado com a temperatura do ar e é limitado pela falta de umidade no solo e disponibilidade de fotoassimilados oriundos das folhas. Um dos fatores mais importantes que afetam o uso de água e a tolerância a seca é um sistema radicular eficiente.

Fazendo-se comparação entre raízes primárias de milho e sorgo encontra-se que ambas as culturas apresentam basicamente a mesma quantidade de massa radicular, porém as raízes secundárias do sorgo são no mínimo o dobro daquelas encontradas no milho. Além do mais o sistema radicular do sorgo é mais extenso, fibroso e com maior número de pelos absorventes. A profundidade do sistema radicular chega até 1,5 m (sendo 80% até 30 cm de profundidade no solo), em extensão lateral alcança 2,0 m. O crescimento das raízes em geral termina antes do florescimento, nessa fase a planta passa a priorizar as partes reprodutivas (panículas) as quais apresentam grande demanda por fotoassimilados. Em solos ácidos com alta saturação de Al tóxico a formação do sistema radicular é reduzido. Plantas com genes para tolerância a Al tóxico desenvolvem um sistema radicular mais profundo e mais eficiente na aquisição de água e nutrientes. Geralmente variedades de sorgo resistentes a seca tem mais biomassa radicular e maior volume de raízes e também maior proporção raiz/caule que os materiais susceptíveis a seca.

## PRECOCIDADE

O florescimento corresponde ao estágio EC3 que engloba a polinização, fertilização, desenvolvimento e maturação do grão. A diferenciação floral do sorgo é afetada principalmente pelo fotoperíodo e pela temperatura do ar. O período mais crítico para a planta, onde ela não pode sofrer qualquer tipo de estresse biótico ou abiótico vai da diferenciação da panícula à diferenciação das espiguetas (2 a 3 semanas de duração). Normalmente a diferenciação da gema floral inicia-se 30 a 40 dias após a germinação (pode variar de 19 a mais de 70 dias). Em climas quentes o florescimento em geral ocorre com 55 a 70 dias após a germinação (pode variar de 30 a mais de 100 dias). Normalmente a formação da gema floral ocorre 15 a 30 cm acima do nível do solo, fato esse ocorre quando as plantas têm cerca de 50 a 75 cm de altura.

Em cultivares sensíveis, a gema vegetativa (terminal) permanece vegetativa até que os dias encurtem o bastante para haver a sua diferenciação em gema floral, chamado de fotoperíodo crítico. O fotoperíodo crítico do sorgo é da seguinte maneira: se o

comprimento do dia aumenta, a planta não floresce, ao passo que se o comprimento do dia decresce a planta floresce.

Diferentes materiais genéticos variam quanto ao fotoperíodo crítico. Por exemplo: algumas variedades tropicais têm dificuldade de florescerem em regiões temperadas, onde os dias têm mais de 12 horas. Salienta-se que o fotoperíodo crítico para estas variedades tropicais é em torno de 12 horas. Por outro lado variedades temperadas sensíveis tem um fotoperíodo crítico maior, florescendo com facilidade nos trópicos.

O fotoperíodo crítico das variedades temperadas é em torno de 13,5 horas. Portanto é a duração do período sem luz que é importante para estimular o florescimento. A grande maioria dos materiais comerciais de sorgo forrageiro comercializados no Brasil são sensíveis ao fotoperíodo.

### **RESISTÊNCIA A SECA**

O sorgo requer menos água para se desenvolver quando comparado com outros cereais, sendo que o período mais crítico à falta de água é o florescimento. Quando comparado com o milho, o sorgo produz mais sobre estresse hídrico (raiz explora melhor o perfil do solo), murcha menos e é capaz de se recuperar de estiagens prolongadas.

Em geral, parece haver no sorgo uma correlação grande entre resistência ao calor e a falta de água. Também parece haver correlação entre resistência a seca e a teores de alumínio no solo. O déficit hídrico quando acontece no estágio EC1, provoca menos danos a planta do que em EC2. No estágio EC2 a escassez de água vai resultar na redução das taxas de crescimento da panícula e das folhas e no número de sementes por panícula. Esses efeitos são devidos provavelmente a uma redução na área foliar, resistência estomática aumentada, fotossíntese diminuída e a uma desorganização do estado hormonal da panícula em diferenciação. Quando a falta de água acontece no EC3, o resultado é a senescência rápida das folhas inferiores, com conseqüente redução no rendimento de grãos e massa.

O sorgo, estima-se, para produzir grãos e forragem requer cerca de 25 mm de água após o plantio, 250 mm durante o crescimento e 25 a 50 mm durante a maturidade.

### **SUSCETIBILIDADE A BAIXA TEMPERATURA**

Em razão da sua origem tropical o sorgo é um das culturas tropicais mais sensíveis a baixas temperaturas noturnas. A temperatura ótima para crescimento está por volta de 33 a 34 ° C. Acima de 38 °C e abaixo de 16 °C a produtividade decresce. Baixas temperaturas durante o desenvolvimento vegetativo (< 10 °C ) causam redução na área foliar, perfilhamento, altura, acumulação de matéria seca e um atraso na data de floração. Isto é devido a uma redução da síntese de clorofila, especialmente nas folhas que se formam primeiro na planta jovem com consequente redução da fotossíntese.

Temperaturas mais altas, durante EC2, geralmente tendem a antecipar a antese, assim como pode causar aborto floral. O desenvolvimento floral e a fertilização dos grãos pode ocorrer até com temperaturas de 40 a 43 °C, 15% a 30% de umidade relativa, desde que haja umidade disponível no solo. Altas e baixas temperaturas estimulam perfilhamento basal. Geralmente, temperaturas noturnas baixas propiciam maior incidência de doença açucarada diminuindo a produção de grãos.

### **TANINOS**

Toda planta de sorgo possui aproximadamente os mesmos níveis de proteína, amido, lipídios etc., porém vários compostos fenólicos pode ocorrer ou não, e entre esses compostos destaca-se o tanino condensado que tem ação antinutricional principalmente para os animais monogástricos. Como esses polifenóis são metabólitos secundários, ou seja não participam de vias metabólicas responsáveis por crescimento e reprodução, a presença e a natureza deles variam enormemente.

Os vários compostos fenólicos presentes no grão de sorgo podem afetar a cor, a aparência e a qualidade nutricional . Esses compostos podem ser classificados em três grupos básicos: ácidos

fenólicos, flavonoides e taninos. Os ácidos fenólicos são encontrados em todo tipo de sorgo, ao passo que flavonoides podem ser detectados em muitos porém não em todo sorgo. O fenol conhecido como tanino encontra-se concentrado na testa da semente. A testa é um tecido altamente pigmentado localizado logo abaixo do pericarpo. Existem duas classes de taninos: hidrolizáveis e condensados. Não há evidências da presença de grandes quantidades de tanino hidrolizável no sorgo. Já o tanino condensado é aquele que é encontrado em materiais de sorgo resistentes a pássaros.

A presença do tanino no grão de sorgo depende da constituição genética do material. Caso os genótipos possuam os genes dominantes B 1 e B 2 , este genótipo é considerado com presença de tanino. O tanino está presente ou ausente no grão. Percentuais abaixo de 0,70% no grão, verificado em algumas análises laboratoriais, são devidos a outros fenóis e não ao tanino condensado, e normalmente, não são prejudiciais à dieta alimentar dos animais.

O tanino no sorgo tem causado bastante controvérsia, uma vez que, apesar de algumas vantagens agrônômicas, como a resistência a pássaros e doenças do grão, ele causa problemas na digestão dos animais pelo fato de formarem complexos com proteínas e assim diminuir a sua palatabilidade e digestibilidade, e quando presentes, inibem a produção de gases, principalmente, metano pelos ruminantes

## RESISTÊNCIA A DOENÇAS

A resistência genética para a maioria das doenças de sorgo pode ser encontrada sob a forma de herança simples e dominante, o que facilita consideravelmente a obtenção de cultivares resistentes. A integração da resistência genética associado a adequados sistemas de produção mostram ser a forma mais correta e estável estratégia de controle de doenças para a cultura.

O avanço da cultura do sorgo no país deveu-se também ao desenvolvimento de materiais geneticamente superiores, tanto do ponto de vista de produtividade quanto de outras características, principalmente a resistência a doenças como a antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), a ferrugem (*Puccinia purpurea*), a

Helminthosporiose (*Exserohilum turcicum*) e ao míldio (*Peronosclerospora sorghi*). Apesar deste avanço, problemas relacionados à dinâmica populacional destes patógenos e à própria expansão da cultura têm sido motivo de preocupação por parte da pesquisa na área fitopatológica.

O controle destas doenças é obtido pela utilização de cultivares geneticamente resistentes. A variabilidade genética existente no germoplasma de sorgo tem permitido a obtenção de fontes de resistência, que vêm sendo intensamente utilizadas em programas de melhoramento para a obtenção de híbridos geneticamente resistentes.

A doença açucarada do sorgo conhecida também como "ergot" ou mela da panícula, foi constatada pela primeira vez no Brasil em 1995. Atualmente, essa doença tem ocorrido de maneira severa e generalizada em todas regiões do Brasil, tornando-se um sério problema para as indústrias de sementes e para os produtores de grãos e/ou forragens de sorgo. Como o patógeno infecta, somente, o ovário não fertilizado, durante antese todos os fatores climáticos e biológicos que afetam a produção e vigor do pólen e/ou impedem a abertura normal das anteras vão favorecer o patógeno a induzir e desenvolver a doença açucarada. O agente causal dessa doença é o fungo *Sphacelia sorghi* a forma imperfeita de *Claviceps africana*. Não há registro de resistência genética para o controle de ergot em sorgo.

A utilização de fungicidas para proteção das flores é uma ferramenta importante e imprescindível no controle da doença açucarada, somente em campo de produção de sementes híbridas de sorgo. No caso de campo de produção de silagem sugere-se o uso de cultivares bem adaptadas à região de plantio e mais tolerantes a baixas temperaturas e semeadura em épocas adequadas, de modo a se evitar que o período de florescimento coincida com baixas temperaturas.

## RESISTÊNCIA A INSETOS

A lagarta-do-cartucho tem se tornado uma praga importante para a cultura do sorgo. Embora fosse esperado um fato semelhante ao que aconteceu com o pulgão-verde, ou seja, um aumento da ação

dos inimigos naturais também sobre a população das pragas em geral, incluindo a lagarta-do-cartucho, isto não vem se verificando na prática. Tanto nos plantios de verão, como na safrinha, tanto no milho como no sorgo, tem-se registrado um aumento da incidência da lagarta-do-cartucho. Entretanto, métodos alternativos de controle dessa praga necessitam ser implementados, pois o uso somente do controle químico e/ou resistência genética, podem ser desastrosos, especialmente para o sorgo, devido a eliminação dos inimigos naturais.

Em geral, tem sido observado também um aumento da incidência da broca-da-cana tanto no sorgo como no milho. Isto pode ser consequência do aumento da área com o plantio direto ou plantios de sorgo junto a áreas tradicionais produtoras de cana. A permanência dos colmos de gramíneas, como o milho, sorgo e milheto, permite a sobrevivência de larvas da *Diatraea saccharalis* em diapausa durante o inverno aumentando assim sua população ano após ano. Como o controle químico dessa praga é extremamente difícil, em razão do seu sítio de alimentação, medidas culturais como trituração mecânica dos restos culturais da palhada tornam-se essenciais para a redução da população dessa espécie. O controle biológico também é possível e viável, entretanto, mais estudos são necessários para ajustar os atuais métodos utilizados na cultura da cana-de-açúcar para as culturas anuais.

Sistemas de manejo integrado de pragas para a cultura do sorgo utilizando rotação de culturas, preparo reduzido do solo, uso diferenciado de fertilizantes, variedades resistentes, são utilizados para melhorar o rendimento, reduzir custos de produção e impacto ambiental. Porém, existem interações dessas práticas com a densidade de pragas, necessitando ser estudadas para cada espécie de importância econômica. Em regiões onde o uso do manejo integrado de pragas é frequente, o método cultural é o mais empregado, utilizando técnicas de preparo do solo, rotação de cultura, manejo de fertilizantes e o uso de variedades resistentes.

## FOTOPERÍODO

O fotoperiodismo pode ser definido como a resposta do desenvolvimento de uma planta à duração dos períodos de luz e de escuro. Durante um ano, o comprimento dos dias e

conseqüentemente a quantidade de horas de sol varia de acordo com a latitude e estação do ano. Para o sorgo, existem diferentes respostas à duração do período luminoso diário, sendo que os materiais genéticos podem ser classificados como sensíveis ou insensíveis ao fotoperiodismo.

O controle da sensibilidade ao fotoperiodismo e de maturação (indução de floração) no sorgo está associado ao efeito de dois alelos em seis loci: Ma1, ma1; Ma2, ma2; Ma3, ma3; Ma4, ma4; Ma5, ma5; e Ma6, ma6. Os loci Ma1 a MA4 controlam o ciclo, enquanto os loci Ma5 e Ma6 são responsáveis pela sensibilidade ao fotoperiodismo.

Quando a cultivar de sorgo é sensível, ela responde a dias curtos e floresce em períodos do ano com noites longas. Nessas cultivares, a gema apical permanece vegetativa até que os dias encurtem o bastante para haver a sua diferenciação em gema floral, ou seja, se o comprimento do dia aumenta a planta não floresce, ao passo que se o comprimento do dia decresce, tornando-se menor que 12 horas e 20 minutos, ocorrerá a indução floral.

O atraso no plantio, ou plantio de safrinha também pode ocasionar antecipação dos estádios fisiológicos da planta, e, conseqüentemente produzir plantas menores para um mesmo estágio de colheita baseado no grão. Maiores alturas da planta de sorgo estão associadas aos efeitos do fotoperíodo não indutivo (dias maiores que 12,9 h) durante a fase vegetativa das cultivares. Quando a semeadura é realizada em outubro-novembro, os dias ainda são longos e sem o estímulo ao florescimento a planta tem mais tempo para formação de um maior número de nós, entrenós e primórdios foliares, o que resulta em aumento da produção de matéria verde e de matéria seca. Por outro lado, as plantas semeadas na safrinha, apesar de apresentarem menor estatura e, portanto, menores produções de matéria verde para um mesmo estágio de grão, elas possuem menor porcentagem de colmos na matéria seca, e proporcionalmente, mais folhas e panícula, o que implica uma melhor qualidade da forragem

## GENE BMR

As plantas mutantes *bmr* (portadores de nervura marrom) são fenotipicamente caracterizadas pela presença de pigmentos amarronzados na nervura central das folhas e no colmo. Estes pigmentos estão fortemente associados à lignina, pois persistem na parede celular após a remoção de celulose e hemiceluloses.

As plantas mutantes *bmr* têm atraído a atenção dos pesquisadores por apresentarem maior degradabilidade ruminal em comparação às plantas normais isogênicas. Plantas mutantes *bmr* possuem menor teor de lignina polimerizada e uma quantidade considerável de substâncias polifenólicas solúveis que não interferem na digestibilidade da parede celular como as ligninas normais.

A composição química da parede celular das plantas mutantes pode apresentar redução do teor de lignina e/ou redução da concentração do ácido *p*-cumárico e/ou maior teor de xilose. Além disso, as ligninas dos híbridos mutantes podem ser distinguidas estruturalmente das ligninas das plantas normais por apresentarem menor relação molar entre unidades siringilpropano e guaiacilpropano (S/G) e/ou menor formação dos produtos da oxidação alcalina com nitrobenzeno e/ou a presença de unidades 5-hidroxi-guaiacil. Essas modificações fenotípicas decorrem da alteração da atividade das enzimas ácido caféico 3-O-metiltransferase (COMT) e/ou cinamoil álcool desidrogenase (CAD), envolvidas na biossíntese das ligninas, provocadas pelos genes *bmr*.

A mutação no sorgo foi provocada a partir do tratamento químico das sementes com di-etil sulfeto. A partir desse tratamento foram gerados 19 mutantes *bmr* de ocorrência independente identificados em progênie segregadas. Alguns desses mutantes apresentam redução significativa do conteúdo de lignina e aumento da digestibilidade da parede celular. A partir destes 19 genes foram selecionados três de melhores características agrônômicas (*bmr*-6, *bmr*-12 e *bmr*-18).

Oliver et al. (2005) avaliaram os efeitos da mutação *bmr*-6 e *bmr*-12 sobre a composição química e o produção de quatro cultivares de sorgo forrageiro nas condições dos EUA, colhidos aos 116 dias após o plantio. Observou-se que as plantas mutantes

apresentaram o mesmo teor de FDN em relação às plantas normais. Quanto ao teor de FDA, observou-se uma interação entre o cultivar e o tipo de gene mutante presente e a média entre os quatro cultivares mostrou que as plantas *bmr-6* apresentaram menor teor de FDA em relação às plantas normais e às plantas *bmr-12*. O teor de lignina foi menor nas plantas *bmr-12* às plantas normais e àquelas *bmr-6*. Quanto à digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN), as plantas mutantes (*bmr-6* e *bmr-12*) foram superiores em relação às plantas normais. Segundo os autores, nas plantas *bmr-12*, o aumento da DIVFDN baseia-se na redução do teor de lignina, entretanto nas plantas *bmr-6* este aumento pode ser devido à modificação química da lignina determinada pela redução da atividade da enzima COMT ou à escolha do método analítico para lignina (lignina em detergente ácido), que determina somente a lignina *core*, altamente condensada e muito resistente à degradação.

RIBAS (2010) avaliou vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *bmr*, avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota, nas condições de Minas Gerais, e observou que a altura das plantas nos dois cortes foi superior nos híbridos normais e menor nos mutantes *bmr*. A DIVMS dos mutantes *bmr* foi em média 7% acima dos híbridos normais. A PB foi 10,7% superior nos mutantes *bmr*. O maior teor de PB nos mutantes, não pode ser creditado apenas aos efeitos da mutação e sim à diferença de acúmulo de MS observado entre os híbridos avaliados. Comparado à várias fontes forrageiras, os híbridos de sorgo com capim-sudão podem ser considerados excelentes alimentos volumosos para a suplementação de ruminantes por causa do alto consumo e alta digestibilidade de suas frações fibrosas

Apesar da descoberta dos genes mutantes *bmr* e das vantagens de sua utilização na alimentação animal, principalmente em relação à degradabilidade dos carboidratos constituintes da parede celular, cultivares mutantes adaptadas para produção de silagem de sorgo não foram ainda usadas comercialmente no Brasil.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe grande diversidade de sorgos silageiros no Brasil e grande potencial genético a ser explorado. Fica evidente também, que há necessidade de certos cuidados quando compararmos o sorgo com outras culturas para silagem, principalmente o milho, já que poderemos estar nos referindo a sorgos que apresentam características muito distintas daquelas indicadas para esse fim, sendo que apenas o sorgo forrageiro adaptado para produção de silagem de alta qualidade ou silageiro é o que apresenta características similares. A comparação com outros tipos e diferentes épocas de colheita e manejo devem ser feito com ressalvas.

Para se produzir uma silagem de alta qualidade é muito importante estar atento a algumas regras básicas, que se iniciam antes mesmo do plantio propriamente dito. E muitos desses cuidados não vão custar nada a mais para o produtor e poderão resultar numa silagem de melhor qualidade e menor custo, tais como: a) escolha da área e preparo adequado do solo; b) correção e adubação do solo; c) escolha da cultivar; d) operações de plantio (profundidade da semente, quantidade de adubo, velocidade de plantio, uso adequado do disco da plantadeira, etc); e) condução da lavoura (controle de plantas espontâneas, pragas, doenças); f) estágio de colheita; g) cuidados na ensilagem (compactação, tamanho de partículas, vedação); h) retirada e fornecimento de silagem aos animais.

## REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J.; BRONANI, I. L. Silagem de sorgo ou milho para terminação de novilhos em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Resumos dos trabalhos apresentados**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000.
- ARAÚJO, V. L.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Qualidade das silagens de três híbridos ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 1, p. 168-174, 2007.

- BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Silagem de sorgo de porte alto com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I – Teores de matéria seca, pH e ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 6, p. 719-732, ago. 1997.
- BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; SILVA, L. B.; FRANÇA, A. F. de. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 23, 2011. Artigo 1145.
- BUXTON, D. R.; RUSSEL, J. R. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 3, p. 553-558, 1988.
- CABRAL, L. da S.; VALADARES FILHO, S. de C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J. T.; PEREIRA, G. O.; VELOSO, R. G.; PEREIRA, E. S. Cinética ruminal as frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, p. 2332-2339, 2002.
- CHAVES, A. V. **Avaliação de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem**. 1997. 35 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24 p. il. (Arquivo do Agrônomo, 14). Encarte do Informações Agronômicas, n. 100, dez. 2002.
- COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUZA, M. A. de. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 25-30, 2014.
- CORREA, R. A.; SILVA, L. das D. F. da; BETT, V.; CASTRO, V. de S.; RIBEIRO, E. L. de A.; BERAN, F. H. B.; ROCHA, M. A. da; EZEQUIEL, J. M. B.; MASSARO JUNIOR, F. L. Consumo e digestibilidade aparente de alguns componentes nutritivos da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) com ou sem aditivos, em ovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 151-158, jan./mar., 2007.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001.

- CUMMINS, D. G. Relationship between tannin content and forage digestibility in sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p. 500-502, 1971.
- DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia**, Nova Odessa, v. 33, n.3, p.111-136, 1995.
- DIAS, A. M. A.; BATISTA, A. M. V.; FERREIRA, M. A.; LIRA, M. de A.; SAMPAIO, I. B. M. Efeito do estágio vegetativo do sorgo, sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. p. 2086-2092, 2001. Suplemento.
- DIAWARA, M. M.; HILL, N. S.; WISEMAN, B. R.; ISENHOUR, D. J. Panicle-stage resistance to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in converted Sorghum accessions. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 84, p. 337-344, 1991.
- DIXON, R. A.; CHEN, F.; GUO, D.; PARVATHI, K. The biosynthesis of monolignols: a "metabolic grid", or independent pathways to guaiacyl and syringyl units? **Phytochemistry**, New York, v. 7, n. 57, p. 1069-1084, 2001.
- EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras: UFLA, 2000. 196 p.
- FERNANDES, L. O.; FREITAS FILHO, J. R. de; PAES, J. M. V.; LANDIM, V. J. C.; SILVA JÚNIOR, A. H. da; PEREIRA, F. T. R.; NEPOMUCENO, P. T. O.; COSTA, L. F. Terminação de bovinos 1/2 Nelore 1/2 Limousin em diferentes sistemas durante o período da seca. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 2, p. 103-117, 2005.
- FERNANDES, L. O.; PERAZZOLI, C. H.; PAES, J. M. V.; LANDIM, V. J. C.; SILVA JÚNIOR, A. H. da; SANTOS, A. T.; SANTOS, G. O. Desempenho de bovinos da raça Nelore terminados em diferentes sistemas durante o período da seca. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 2, p. 168-177, 2005.
- FERNANDES, W. **Produtividade do sorgo "Santa Eliza" (*Sorghum vulgare*, Pers) em seis idades e valor nutritivo das silagens**. 1978. 64 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p.
- GONÇALVES, L. C.; PIRES, D. A. A; CASTRO, G. H. F. Algumas considerações sobre silagens de sorgo. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3., 2005, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, [s.n], 2005. p. 5-18.

- KISHIMOTO, T.; CHIBA, W.; SAITO, K. Influence of syringyl to guaiacyl ratio on the structure of natural and synthetic lignins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 2, p. 895-901, 2010.
- LIRA, M. A.; FARIS, M. A. Aspectos gerais da cultura do sorgo no Brasil-Região Nordeste. In: IMPOSIO BRASILEIRO DE SORGO, 1., 1977, Brasília, DF. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1979. p. 31-38.
- MACHADO, F. S. **Avaliação agrônômica e nutricional de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e de suas silagens em três estádios de maturação**. 2009. 107 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 3).
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 86). Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/comunicado/Com\\_86.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/comunicado/Com_86.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2014.
- MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, W. A.; DURÃES, F. O. M. **Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 26 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 27).
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 87-95, jan./mar. 2004.
- MELLO, W. G.; PAULA, S. Avaliação da qualidade das silagens de girassol, milho, sorgo e milheto em diferentes espaçamentos. **Revista Nucleus Animalium**, v. 1, n. 1, p. 129-142, maio 2009.
- MELOTTI, L.; BOIN, C.; LOBÃO, A. O. Determinação do valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum vulgare*, Pers) var. Santa Eliza, em cinco estádios de maturação, através de ensaio de digestibilidade ( aparente) com carneiros. **Boletim Industria Animal**, v. 26, n. 1, p. 321-324, 1969.
- MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, V. C. P. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 4, p. 385-390, 2000.

- MONTAGNER, D.; ROCHA, M.; NÖRNBERG, J.; CHIELLE, Z.; MANDADORI, R. ESTIVALET, R.; CALEGARI, C. Características agrônômicas e bromatológicas de cultivares avaliados no ensaio sul-rio-grandense de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 447-452, out./dez. 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington, National Academic Press, 1989. 90 p.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PELLEGRINI, L. G. de; FREITAS, A. K. de. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n.1, p. 293-301, 2002.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NORNBERG, J.; OLIBONI, R.; PELLEGRINI, L. G. de; FARIA, M. V.; OLIVEIRA, M. R. Efeito associativo do espaçamento entre linhas de plantio, densidade de plantas e idade sobre o desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 2, p. 165-181, 2008.
- PARFITT, J. M. B. (Coord.). **Produção de milho e sorgo em várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 146 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 74).
- PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 19 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).
- PARRELLA, R. A. da C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 28).
- PEDREIRA, M. S.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; MOREIRA, A. L.; COAN, R. M. Características Agrônômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003.
- PENDERSEN, J. F.; VOGEL, K. P.; FUNNELL, D. Impact of reduced lignin on plant fitness. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 3, p. 812-819, mar. 2005.

- PEREIRA, D. H.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C. GARCIA, R.; OLIVEIRA, A. P.; MARTINS, F. H.; VIANA, V. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*(L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 282-291, 2006.
- PESCE, D.M.C.; GONCALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao Ensaio Nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 978-987, 2000.
- PIRES, A. J. V.; REIS R. A.; CARVALHO, G. G. P.; SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F.; RUGGIERI, A. C.; ROTH, M. T. P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 2, p. 391-400, 2010.
- PIRES, D. A. A.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; JAYME, D. G.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; JAYME, C. G.; BOTELHO, P. R. F.; LIMA, L. O. B. Degradabilidade in situ das frações fibrosas da silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.8, n.2, p.175-185, 2009.
- PIRES, D. A. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, D. G.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; JAYME, C. G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 241-256, 2006.
- RESENDE, J. A. **Características agrônômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de sorgo**. 2001. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- RIBAS, M. N. **Avaliação agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom**. 2010. 140 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- RIBAS, P. M. **Cultivo do sorgo**. 2013. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_8\\_ed/plantio-plantio.html](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/plantio-plantio.html)>. Acesso em: 10 ago. 2014.
- RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, B.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. Produção e composição de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*L. Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 1, p. 37-48, 2006.

- RODRIGUES, L. R.; SILVA, P. R. F. (Org.). **Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2011/2012 e 2012/2013**. Porto Alegre: Fepagro, 2011 (Indicações técnicas). Disponível em: <[http://issuu.com/fepagro/docs/litms\\_2011](http://issuu.com/fepagro/docs/litms_2011)>. Acesso em: 08 out. 2014.
- RODRIGUES, W. A.; MAGALHÃES, P. C.; SANTOS, F. G.; BETERCHINE, A. G.; TOSELLO, G. A. Métodos para determinar tanino em sorgo, avaliando-se o desempenho de aves e a digestibilidade in vitro da matéria seca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 4, p. 540-550, out/dez. 1998.
- ROONEY, W. L.; AYDIN, S. Genetic control of a photoperiod-sensitive response in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 397-400, 1999.
- SILVA, A. G. da; BARROS, A. S.; TEIXEIRA, I. R. Avaliação agronômica de cultivares de sorgo forrageiro no sudoeste do Estado de Goiás em 2005. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 116-127, 2007.
- SILVA, A. G.; ROCHA, V. S.; CECON, P. R.; PORTUGAL, A. F.; PINA FILHO, O. C. Avaliação dos caracteres agronômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 28-44, 2005.
- SILVA, F. F. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghumbicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panícula**. 1997. 94 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.
- SILVA, L. C. R.; RESTLE, J. Avaliação do milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p. 467.
- TONANI, F. L. **Valor nutritivo das silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação dos grãos**. 1995. 56 p. Dissertação - (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.
- VALADARES, R. F. D. Degradabilidade "in situ" da proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990. p. 60.
- VALENTE, J. O. **Produtividade de duas variedades de milho (*Zea mays*, L.) e de quatro variedades de sorgo (*Sorghum vulgare* (L.) Moench) e valor nutritivo de suas silagens**. 1977. 52 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1977.

- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VIANA, A. C.; RIBAS, P. M.; MIRANDA, J. E. C. Manejo cultural do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 263-287.
- VIÉGAS, G. P.; BANRATTO, N. V. **Sorgos graníferos e forrageiros de São Paulo**. Campinas: IAC, 1983.
- VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.
- WARRICK B. E. **How a sorghum plant develops**. College Station: Texas AgriLife Research & Extension Center, 2000.
- ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991.