



Milheto

Cultivo do Milheto

Sumário

Ecofisiologia

Dados Sistema de Produção

Embrapa Milho e Sorgo

Sistema de Produção, 3

ISSN 1679-012X 3

Versão Eletrônica
5ª edição | Apr/2016



Cultivo do Milheto

Ecofisiologia

1 . Introdução

O milheto, *Pennisetum glaucum* ssp. *glaucum* (L.) R. Br., é uma gramínea C4 originária de regiões semidesérticas da África e da Índia, caracterizadas por baixa disponibilidade hídrica, elevadas temperaturas e baixa fertilidade do solo. Visando primariamente a sua sobrevivência e perpetuação nessas condições, o milheto balanceou a granação da panícula, a manutenção e o crescimento da planta em um curto ciclo fenológico.

Em primeira instância, poderia-se pensar que esse mecanismo adaptativo de escape à seca herdado de seus progenitores selvagens resultaria em um cereal com rendimento em grãos inferior ao de outros que tenham ciclo fenológico mais longo, especialmente em condições ótimas de cultivo. No entanto, o escape à seca foi obtido a expensas de uma antecipação do florescimento e encurtamento do período de enchimento de grãos, o que permitiu aumentar o tempo para granação da panícula. Em adição, o milheto possui traços estruturais e morfofisiológicos evolutivos de plantas C4 que permitem não apenas acelerar o crescimento, como também maximizar o acesso à água e nutrientes no solo e minimizar a perda destes para a atmosfera, além de um porte ereto que permite aumentar a eficiência de uso da luz (Vadez et al., 2012).

Com a domesticação da espécie visando uso dos grãos do milheto na alimentação humana, ao longo de milhares de anos de seleção genética, alguns traços de seus progenitores selvagens também foram modificados. Dentre esses, a remoção de taninos e do envoltório das sementes, bem como diminuição no número de perfilhos basais (Poncet et al., 2000; 2002). Indiretamente, tais modificações favoreceram a granação da panícula, uma vez a energia que seria gasta na formação dessas estruturas foi desviada para a semente, aumentando, assim, o seu número e/ou tamanho. Ressalta-se, entretanto, que o milheto é considerado um cereal de duplo propósito, sendo os grãos utilizados na alimentação humana, e a planta inteira como forragem para pastejo, silagem ou palhada no sistema de plantio direto.

Devido à natureza sedentária das plantas, muitos dos seus aspectos ecofisiológicos são fortemente influenciados pela variação espacial e/ou temporal na disponibilidade de recursos acima (luz, temperatura e CO₂) e abaixo (água e nutrientes) do solo. Aqui, serão abordados o ciclo fenológico, os efeitos de fatores climáticos na cultura do milheto e parâmetros agrônômicos associados com o rendimento. Tais informações são de grande valia à medida que auxiliam na elaboração de estratégias de manejo da cultura nos diferentes sistemas de produção.

2 . Fenologia do milheto

Basicamente, o ciclo fenológico do milheto pode ser dividido em três fases de crescimento (FC): vegetativo (FC 1), de formação da panícula (FC 2), e de enchimento de grãos (FC 3). A Figura 1 mostra esquema para acompanhamento do ciclo fenológico do milheto com base nos estádios de desenvolvimento (ED) característicos de cada FC. Como o aparecimento de cada estágio de desenvolvimento (ED) pode ser antecipado ou atrasado a depender da região, do genótipo, da data de semeadura, e das condições ambientais do ano agrícola, o correto é planejar qualquer medida de manejo pela identificação do ED, e não apenas pelo número de dias após a emergência (DAE).

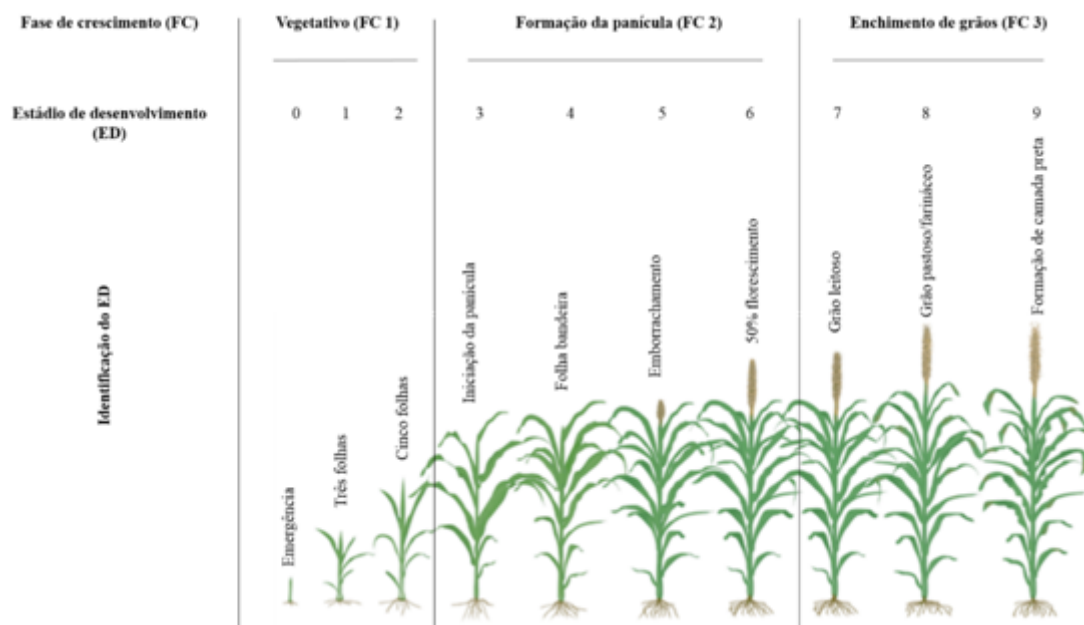


Figura 1. Esquema para acompanhamento do ciclo fenológico do milheto. Barras verticais delimitam as três fases de crescimento da cultura (FC 1 – vegetativo; FC 2 – formação da panícula; e FC 3 – enchimento de grãos). Barras horizontais delimitam os estádios de desenvolvimento morfológicamente distintos dentro de cada FC (FC 1: ED 0 - emergência, ED 1 – três folhas, ED 2 – cinco folhas; FC 2: ED 3 – iniciação da panícula, ED 4 – folha bandeira, ED 5 – emborrachamento, e ED 6 – 50% florescimento; FC 3: ED 7 – grão leitoso, ED 8 – grão pastoso/farináceo e ED 9 – formação de camada preta).

A primeira fase de crescimento (FC 1) é o vegetativo, e engloba os estádios de desenvolvimento 0, 1 e 2 (ED 0, ED 1 e ED 2). De acordo com Geraldo et al. (2002), a duração do FC 1 na variedade produtora de biomassa verde BRS 1501 gira em torno de 36 dias, enquanto em genótipos africanos selecionados para produção de grãos (HKP, Guerguera e Souma III), a duração da FC 1 varia entre 40 e 51 dias. Ao que tudo indica, a duração da FC 1 é menor em genótipos de milheto produtores de biomassa verde do que em produtores de grãos. A duração da FC 1 em outros genótipos de milheto produtores de biomassa verde (Comum e IPA-BULK 1), por exemplo, gira em torno de 31 dias (Costa e Priesnitz, 2014).

Na FC 1, também é iniciado o perfilhamento. Basicamente, existem dois tipos de perfilhos: basais e secundários. Genótipos selecionados para produção de biomassa vegetativa iniciam o perfilhamento basal aos 21 DAE, dois dias antes quando comparados aos genótipos selecionados para produzir mais grãos (Geraldo et al., 2000). Assim temos:

ED 0 é caracterizado pela emergência do coleóptilo na superfície do solo, que em condições favoráveis, ocorre entre 2 a 3 DAE. Fisiologicamente, entretanto, uma série de eventos ocorre na semente antes da emergência do coleóptilo: primeiramente, a semente precisará absorver água para iniciar a protusão da radícula. Peske e Novembre (2010) verificaram que a protusão da radícula é iniciada quando a semente atinge um teor de água superior a 33%; para tanto, um mínimo de dez horas de hidratação é requerido para completa protusão da radícula. Maciel e Tabosa (1982) verificaram que, nas condições do Agreste Pernambucano, é necessária uma chuva de, no mínimo, 75 mm para germinação do milheto. Nas duas horas que seguem a protusão da radícula, inicia-se o desenvolvimento da plúmula e da bainha do coleóptilo; enquanto a radícula produz finas raízes capilares rapidamente, o coleóptilo cresce vagarosamente até emergir na superfície do solo. A profundidade de plantio e as características físicas do solo podem afetar o tempo para ocorrência desse ED.

O **ED 1** é caracterizado pela visualização da terceira folha. Costa e Priesnitz (2014) verificaram que o ED 1 ocorre, aproximadamente, 6,31 DAE nas cultivares Comum e IPA-BULK 1. Por sua vez, Geraldo et al. (2002) verificaram ED 1 ocorre aos 7 DAE em BRS 1501, HPK e Souna III, e aos 8 DAE em Guerguera. Segundo Maiti e Bidinger (1981), o ED 1 ocorre entre 3 e 7 DAE.

O **ED 2** é caracterizado pela visualização da quinta folha, e ocorre aproximadamente entre 13 e 15 DAE (Maiti e Bidinger, 1981). Nas variedades Comum e IPA-BULK 1 ocorre aos 17,75 DAE. Em BRS 1055 e HPK gira em torno de 14 DAE, Souna III aos 15 DAE, e em Guerguera aos 18 DAE (Geraldo et al., 2002).

A segunda fase de crescimento (FC 2) é a de formação da panícula. Compreende os estádios de desenvolvimento 3, 4, 5 e 6 (ED 3, ED 4, ED 5 e ED 6). Geraldo et al., (2002) verificaram a duração do FC 1 em BRS 1501 é de 26 dias; em Comum e IPA-BULK 1 é de 35 dias (Costa e Priesnitz, 2014). Por sua vez, em genótipos africanos selecionados para produção de grãos HKP, Guerguera e Souna III, a duração da FC 2 varia entre 28 e 31 dias.

Na **FC 2** o perfilhamento iniciado na **FC 1** persiste independentemente do genótipo, até aos 45 DAE (Geraldo et al., 2000). Na ocorrência de falhas na granação no colmo principal e dos perfilhos basais por fatores diversos (quebra do colmo, estresses), o milheto investe na formação de perfilhos secundários; esses têm um ciclo de desenvolvimento mais curto em relação aos basais, produzindo apenas poucas folhas e panícula de tamanho reduzido, servindo assim como fonte de carboidratos para enchimento de grão em FC 3.

No **ED 3**, o meristema apical do colmo é consumido para formação da panícula. Nas variedades Comum e IPA-BULK 1, o ED 3 ocorre aproximadamente 31 DAE (Costa e Priesnit, 2014), em BRS 1501 aos 36 DAE, ocorrendo mais tardiamente em materiais africanos selecionados para produção de grãos, com valores variando entre 40 e 51 DAE (Geraldo et al., 2000). Nessa ED a panícula cresce e se desenvolve dentro do colmo, que tem seus internódios alongados paulatinamente - primeiro com curtos internódios basais, seguidos pelos mais longos internódios superiores e finalmente o pedúnculo; também ocorre a determinação do número de espiguetas.

O **ED 4** é caracterizado pela visibilidade da folha-bandeira, em média, 12 dias após o ED 3 nas variedades Comum e IPA-BULK 1 (Costa e Priesnit, 2014). Nesse ED, verifica-se o máximo de expansão do colmo, em função do crescimento da panícula em seu interior. De acordo com Geraldo et al. (2002), ocorre em BRS 1501 aos 48 DAE, ocorrendo mais tardiamente em materiais africanos selecionados para produção de grãos, com valores variando entre 54 e 62 DAE.

O **ED 5** é caracterizado pela visualização da panícula, que ocorre, aproximadamente, aos 53,5 DAE nas cultivares de milheto voltadas para produção de biomassa vegetativa (Geraldo et al., 2002; Costa e Priesnit, 2014), ocorrendo mais tardiamente em genótipos de milheto selecionados para produzir mais grãos, com valores chegando a 74 DAE (Geraldo et al., 2002). Na maioria das variedades, há dois floretes por espiguetas – uma perfeita (contendo anteras e estigmas) e um masculino (contendo apenas anteras).

O **ED 6** é caracterizado pela emergência de 50% dos estigmas na panícula do colmo e/ou perfilhos basais (Figura 2). Ocorre antes de 67 DAE em materiais selecionados para produção de biomassa vegetativa, chegando a 82 DAE em genótipos voltados para produção de grãos (Geraldo et al., 2002; Costa e Priesnit, 2014). Em milheto, a maturação dos estigmas ocorre entre dois e três dias antes da liberação do pólen (protoginia). Os estigmas de flores dos perfilhos secundários (se houverem) emergem simultaneamente ou depois aos dos perfilhos basais.

Foto: Frederico Durães.



Figura 2. Panícula com estigmas emergidos.

A terceira fase de crescimento (FC3) é a de enchimento de grãos, e a sua duração gira em torno de 22 e 33 dias em genótipos voltados para produção de grãos e de biomassa vegetativa, respectivamente. Compreende os estádios de desenvolvimento 7, 8 e 9 (ED 7, ED 8, e ED 9). ED 7 é caracterizado pelo início do enchimento de grãos, e ocorre, aproximadamente, entre 6 e 7 dias após a fertilização. O grão inicialmente é preenchido por um fluido aquoso, e posteriormente, por um fluido leitoso.

A ED 7 ocorre aos 71 e 91 DAE, respectivamente, em BRS 1501 e Souna III (Geraldo et al., 2002). Nesse ED, há pouco aumento no peso seco do grão.

O ED 8 ocorre quando o fluido leitoso dos grãos, gradualmente, muda da forma semissólida para a sólida. Com o enchimento de grão aproximando-se da fase final, há uma gradual mudança da consistência do grão, que passa de macio para pastoso/farináceo. Ocorre aos 77 e 99 DAE, respectivamente, em BRS 1501 e Souna III (Geraldo et al., 2002). Nessa ED, ocorre uma rápida taxa de aumento de peso seco no grão.

O ED 9 é caracterizado pela maturidade fisiológica da semente. Quando a semente atinge o máximo de biomassa, o seu hilo é oxidado formando uma camada preta. Nesse momento, a semente não precisa mais importar fotoassimilados da planta-mãe. A Figura 3 mostra uma panícula granada.

Há algumas variações no tamanho do grão e no tempo para maturidade fisiológica entre grãos em diferentes localizações na panícula. Via de regra, os grãos em um panícula seguem a seguinte ordem de tamanho: base > centro > ápice. Há também considerável variação em tamanho de grão entre as variedades: o peso de 1000 sementes em algumas variedades com grãos pequenos varia entre 3 e 4g, enquanto outras com grãos maiores chegam entre 10 e 12g. Grãos maduros variam em forma, sendo, geralmente, arredondados no ápice e estreitos na região do hilo. Carvalho et al. (2013) verificaram que a maturidade fisiológica das cultivares de milheto BRS1501 e BRS1502 ocorre aos 104 DAE, e, nesse momento, as sementes estão com 15% de umidade. Já a maturação fisiológica da cultivar BRS1503 ocorre antes, aos 97 DAE, e a semente estará com 20% de umidade. Para as variedades comum, ED9 ocorre aos 90 DAE (Costa e Priesnit, 2014). A maturidade fisiológica de sementes no genótipo Souna III ocorre aos 120 DAE (Geraldo et al., 2002).

Foto: Frederico Durães



Figura 3. Grana da panícula, em estádios finais do ciclo fenológico do milheto.

Em lavouras irrigadas, a irrigação deve ser suspensa quando a semente atinge a maturidade fisiológica. Caso ocorra chuva fora de época nesse ED, recomenda-se antecipar a colheita entre 2 e 3 dias se o produtor dispuser de condições para a secagem artificial.

3 . Fatores climáticos e seus efeitos nos aspectos ecofisiológicos do milheto

No Brasil, o milheto, considerado uma planta de dias curtos (Norman et al., 1995), tem sido plantado em duas épocas: no final do inverno/início da primavera e após a cultura de verão (safrinha) (Netto, 1998; Geraldo et al., 2002). Entretanto, deve-se ressaltar que o plantio tardio do milheto na safrinha pode ser desaconselhável, pois a produção de forragem, por exemplo, coincide no outono/inverno, épocas em que a velocidade de crescimento dos genótipos de milheto é menor devido às baixas condições de luminosidade e de temperatura (Guideli et al., 2000). Por sua vez, no verão, o principal

fator limitante para o crescimento e produção do milheto é a disponibilidade de água. Dado as previsões futuras de aumento na concentração atmosférica de dióxido de carbono ($\uparrow[\text{CO}_2]$), esse fator climático também foi incluso.

Temperatura do ar e luminosidade

A cultura do milheto possui um porte ereto, o que aumenta tanto o índice de área foliar (IAF) como a eficiência no uso da irradiância (EUI) (Vadez et al., 2012). A maioria dos valores documentados para a EUI na cultura do milheto variam entre 2,0 e 2,5 g MJ⁻¹ (Vadez et al., 2012) com máximo em 4 g MJ⁻¹ (Ram et al., 1999). Limitações em EUI ocorrem nos estádios iniciais do ciclo, quando o IAF é baixo. Registra-se ainda, que o baixo IAF do milheto nos estádios iniciais do ciclo estão associados a menores unidades térmicas.

Segundo Ong & Monteith (1985), durante o rápido aumento no índice de área foliar (IAF) na FC 1, a taxa de expansão foliar em cereais aumenta linearmente com a temperatura. Esses autores avaliaram três estandes de milheto (cv. BK 560) cultivados nas temperaturas médias do ar de 31, 25 e 19 °C; para cada regime de temperatura, o IAF máximo foi obtido ao final da FC 1, quando o tempo termal, em °C dia (processo frequentemente expressado como uma "temperatura acumulada" com unidades de graus dias) foi aproximadamente de 450 °C dia, correspondendo desde a uma duração de 52 dias a 19 °C até 25 dias a 31 °C (Tabela 1). Essas copas interceptaram 70% da radiação incidente quando o IAF aproximou-se de 3 para 3,5. Redução no comprimento do ED2 a mais altas temperaturas compensam o aparente benefício do calor em encurtar o tempo para obter a máxima interceptação de luz.

Tabela 1. Duração da fase de crescimento 1 (FC 1) e a radiação interceptada acumulada em função de cinco diferentes temperaturas.

Temperatura do ar (°C)	Duração (dias)	Radiação total interceptada (MJ m ²)
31	25,1	93
28	30,5	133
25	33,1	178
22	41,4	205
19	51,6	238

Fonte: Ong & Monteith (1985).

A germinação do milheto aumenta linearmente com a temperatura, com valores ótimos entre 20 °C e 35 °C, e declina para zero entre 45 °C e 47 °C. O estresse gerado pela exposição a baixas (≤ 15 °C) ou elevadas (≥ 40 °C) temperaturas durante FC 1 e/ou FC 3 têm pouco efeito no número de panículas produtivas tampouco no peso de sementes (Peske e Novembre, 2010). Ao contrário, em FC 2, o estresse térmico faz reduzir a fertilidade das espiguetas e o comprimento da inflorescência, e, conseqüentemente, o rendimento em grãos do colmo e/ou perfilho basal.

Concentração atmosférica de CO₂

De acordo com pesquisas recentes, a condutância estomática ao vapor de água (g_s) na cultura do milheto será diminuída sob $\uparrow[\text{CO}_2]$ (Vardham et al., 2013). No entanto, é provável que nessa espécie a taxa fotossintética (A) seja saturada em concentrações de CO_2 mais baixas, devido ao mecanismo de $[\text{CO}_2]$ em torno da Rubisco e, portanto, o milheto não será muito beneficiado pelo aumento dos níveis de CO_2 atmosférico. Vardham et al. (2013) cultivaram durante 30 dias plantas de milheto em câmaras de topo aberto, verificando aumentos muito discretos na taxa fotossintética e biomassa total em plantas de milheto sob 700 ppm de CO_2 , quando comparadas a plantas cultivadas sob 380 ppm de CO_2 , em paralelo a menores taxas transpiratórias (E); com isso, a relação de eficiência de uso da água (A/E) foi aumentada. De fato, Lakshmi et al. (2014) verificaram um aumento de 21,9% em A/E em paralelo a uma diminuição de 11,9% no uso da água, dissociado de alteração na biomassa total, sugerindo que o mecanismo pelo qual a fotossíntese é estimulada sob $\uparrow[\text{CO}_2]$ em milheto poderia ocorrer através da mitigação do estresse hídrico.

Água

Aparentemente, as raízes desempenham um papel importante em genótipos milheto que diferem na presença ou ausência de tolerância à seca (Vadez et al., 2012). O crescimento do sistema radicular do milheto é intenso durante FC 1; entretanto, pouco se sabe sobre o crescimento de raízes nas fases seguintes do ciclo fenológico do milheto. Do et al. (1989) mostraram que o crescimento radicular do milheto não cessa nas fases FC 2 e FC 3, ao menos em cultivares de ciclo longo na África ocidental. O crescimento axial das raízes depende da duração do ciclo, aumentando entre 3,5 e 4,5 cm. dia^{-1} (Chopart, 1983; Azam-Ali et al., 1984). Em genótipos de ciclo longo, o sistema radicular pode atingir até três metros de profundidade no solo, diferentemente de raízes em cultivares de ciclo curto que chegam a apenas 140 cm (Chopart, 1983). Uma das hipóteses mais aceitas para tolerância à seca no milheto é a de que o sistema radicular mais profundo permitiria sustentar a absorção de água, funcionando como um reservatório de água para uso durante os estádios finais da FC 3 (Vadez et al., 2012).

4 . Parâmetros agrônômicos associados com o rendimento

As variedades selecionadas para produção de biomassa vegetativa geralmente apresentam menor número de folhas e mais rápida taxa de emergência foliar em relação às selecionadas para produção de grãos. A taxa de desenvolvimento da AF é lenta em ED 1, aumenta rapidamente a partir de ED 2 em folhas do colmo e do perfilho basal, atingindo valores máximos em ED6. Em seguida, a massa e a AF de folhas estabilizam ou declinam, como consequência da senescência das folhas mais velhas. Guimarães Jr. et al. (2009) verificaram uma elevação na produção de matéria verde com o avanço do ciclo fenológico, atingindo, em média, 30,45 Ton/ha aos 52 DAE em plantas dos genótipos CMS 1, BRS 1501 e BN 2; a partir desse momento, para todos esses genótipos, a produção de biomassa verde foi estabilizada. Por sua vez, com rebrota resultante de corte da biomassa vegetativa em CMS 1, BRS 1501 e BN 2 aos 67 DAE, na FC 2, foi de 6,46 Ton/ha. A planta tende a possuir maior capacidade de rebrota quando o corte é feito em FC 1 (Netto, 1998). Isso, em parte, prende-se ao fato de que na FC 2 o alongamento do colmo e/ou perfilhos, e como efeito, o peso desses, aumenta em detrimento ao alongamento das lâminas foliares. Na maturidade fisiológica, geralmente, há apenas de três a quatro folhas verdes remanescentes por colmo e/ou perfilho, o que torna o corte para forragem ou pastejo inviável.

O índice de colheita (IC) varia amplamente em milheto, dependendo da variedade. Geraldo et al. (2000), comparando materiais nacionais e africanos, em solo corrigido e adubado, obtiveram uma produção de grãos de 4.000 kg ha^{-1} , com as cultivares africanas, enquanto as brasileiras produziram em média apenas 2.680 kg ha^{-1} . Variedades de milheto de polinização aberta geralmente apresentam vigor e produção de biomassa vegetativa elevados. No entanto, o IC dessas variedades é, tradicionalmente, pequeno (variando entre 15 e 20%) pois, em sua maioria, requerem dias curtos para florescer, e não houve melhoramento para torná-las insensíveis ao fotoperíodo (Carberry e Campbell, 1985; Yadav et al., 2003). Kassam e Kowal (1975) demonstraram que apesar de produzir 22 ton. ha^{-1} de biomassa seca 90 DAE, o rendimento de grãos em uma variedade de milheto de polinização aberta foi de apenas

3,3 ton. ha⁻¹. Em contrapartida, Rachie e Majmudar (1980) relataram o rendimento de grãos superior a 5 ton. ha⁻¹ em um híbrido de milho semianão 85 DAE.

Autores deste tópico: Frederico Ozanan Machado Duraes, Paulo Cesar Magalhaes, Alyne Oliveira Lavinsky

Expediente

Embrapa Milho e Sorgo

Comitê de publicações

Sidney Netto Parentoni
[Presidente](#)

Israel Alexandre Pereira Filho
[Secretário executivo](#)

Flávia Cristina dos Santos
Guilherme Ferreira Viana
Eliane Aparecida Gomes
Flávio Tardin
Paulo Afonso Viana
Rosângela Lacerda de Castro
[Membros](#)

Corpo editorial

Israel Alexandre Pereira Filho
[Editor\(es\) técnico\(s\)](#)

Guilherme Ferreira Viana
[Revisor\(es\) de texto](#)

Rosângela Lacerda de Castro
[Normalização bibliográfica](#)

Márcio Barbosa Guimarães Cota Junior
Arnaldo Macedo Pontes
[Editoração eletrônica](#)

Embrapa Informação Tecnológica

Selma Lúcia Lira Beltrão
Rúbia Maria Pereira
[Coordenação editorial](#)

Corpo técnico

Cláudia Brandão Mattos (Auditora)
Karla Ignês Corvino Silva (Analista de Sistemas)
Talita Ferreira (Analista de Sistemas)
[Supervisão editorial](#)

Cláudia Brandão Mattos
Mateus Albuquerque Rocha (SEA Tecnologia)
[Projeto gráfico](#)

Embrapa Informática Agropecuária

Kleber Xavier Sampaio de Souza
Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruha
[Coordenação técnica](#)

Corpo técnico

Leandro Henrique Mendonça de Oliveira (Suporte operacional)
[Publicação eletrônica](#)

Dácio Miranda Ferreira (Infraestrutura de servidor)
[Suporte computacional](#)