

Manejo da fertilidade da mandioca: bases técnicas e manual do programa AdubaMANÍ-SC





Governador do Estado
Carlos Moisés da Silva

Secretário de Estado da Agricultura e da Pesca
Ricardo de Gouvêa

Presidente da Epagri
Edilene Steinwandter

Diretores

Giovani Canola Teixeira
Administração e Finanças

Humberto Bicca Neto
Extensão Rural e Pesqueira

Ivan Luiz Zilli Bacic
Desenvolvimento Institucional

Vagner Miranda Portes
Ciência, Tecnologia e Inovação



ISSN 1413-960X (Impresso)

ISSN 2674-9513 (On-line)

Fevereiro/2020

BOLETIM TÉCNICO Nº 189

Manejo da fertilidade da mandioca: bases técnicas e manual do programa AdubaMANÍ-SC

Eduardo da Costa Nunes

Darlan Rodrigo Marchesi

Álvaro José Back



Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Florianópolis

2020

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil
Fone: (48) 3665-5000, fax: (48) 3665-5010
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editado pelo Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC)

Assessoria técnico-científica: Rafael Ricardo Cantú – Epagri/E.E. Itajaí

Editoração técnica: Luiz Augusto Martins Peruch, Paulo Sergio Tagliari

Revisão textual: Laertes Rebelo

Arte final: Victor Berretta

Foto de capa: Eduardo da Costa Nunes

Primeira edição: fevereiro/2020

Tiragem: 500 exemplares

Impressão: Gráfica CS

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que a fonte seja citada.

Ficha catalográfica

NUNES, E.C; MARCHESI, D.R.; BACK, A.J. **Manejo da fertilidade da mandioca: bases técnicas e manual do programa AdubaMANÍ-SC.**
Florianópolis: Epagri, 2020. 40p. (Epagri. Boletim Técnico,189)

Manihot esculenta; Adubação da mandioca; Sistema especialista de fertilização de mandioca

ISSN 1413-960X (Impresso)

ISSN 2674-9513 (On-line)

Autores

Eduardo da Costa Nunes

Pesquisador

Engenheiro-agrônomo, Dr.

Epagri/Estação Experimental de Urussanga

Rd. SC 108 - Km 353, 1563

Bairro Estação Urussanga

88840-000 Urussanga, SC

Fone: (48) 3403-1400

E-mail: eduardon@epagri.sc.gov.br

Darlan Rodrigo Marchesi

Extensionista

Engenheiro-agrônomo, M.Sc.

Epagri/ Departamento Estadual de Extensão Rural e Pesqueira-DERP/Sede

Rd. Admar Gonzaga, 1347 Bairro Itacorubi CP 502

88034-901 Florianópolis, SC

Fone: (48) 3665-5297

E-mail: darlan@epagri.sc.gov.br

Álvaro José Back

Pesquisador

Engenheiro-agrônomo, Dr.

Epagri/Estação Experimental de Urussanga

Rd. SC 108 - Km 353,1563

Bairro Estação Urussanga

88840-000 Urussanga, SC

Fone: (48) 3403-1400

E-mail: ajb@epagri.sc.gov.br

Apresentação

A mandioca é considerada uma cultura rústica e adaptada a variados ambientes edafoclimáticos. Isso, em parte, deve-se à enorme diversidade genética associada à alta capacidade adaptativa desta espécie nativa do Brasil. Apesar dessas vantagens competitivas, o cultivo comercial não se encontra no mesmo nível tecnológico de outras grandes culturas plantadas no Brasil, encontrando ainda grandes desafios, principalmente relacionados à reduzida produtividade, quando comparada aos maiores produtores mundiais.

Em Santa Catarina a cultura da mandioca está presente em mais de 60 mil propriedades. A mandioca de mesa, também denominada de “aipim”, é encontrada em todo o estado, cultivada para autoabastecimento das famílias, alimentação animal, venda “in natura” e, mais recentemente, em grande expansão, para processamento agroindustrial. Já a mandioca de indústria (“mandioca brava”) é fonte de matéria-prima para um importante setor agroindustrial do estado, constituindo-se como atividade que se destaca principalmente pela produção de farinha, fécula, polvilho azedo natural e seus derivados. No entanto levantamentos recentes revelam que a produtividade média estadual de mandioca situa-se na faixa de 17 t ha⁻¹, enquanto a média de alguns países, principalmente os asiáticos, está em torno de 30 t ha⁻¹.

Ciente destes aspectos, a Epagri atua na produção e difusão de conhecimento e tecnologia para o adequado manejo da cultura da mandioca em condições subtropicais. Os trabalhos desenvolvidos pela pesquisa e extensão da Epagri propiciaram importantes avanços nas técnicas de produção, seleção e indicação de cultivares mais adequados às condições catarinenses, no entanto ainda é necessário elevarmos nosso patamar de produtividade a níveis próximos e/ou superiores a 30 t ha⁻¹, sendo este um grande desafio. Os resultados da pesquisa indicam que este objetivo é plenamente possível de ser atingido com os materiais genéticos disponíveis, porém são necessárias a indicação e a adoção de recomendações de manejo da fertilidade mais ousadas, rompendo com alguns paradigmas técnicos e culturais especificamente associados a esta cultura. Só assim será possível elevar-se a quantidade e a qualidade das raízes produzidas, melhorando consequentemente a renda do produtor.

Neste contexto, o objetivo desta publicação é apresentar de forma objetiva informações técnicas e práticas referenciais que orientem os cultivos, especificamente sobre o manejo adequado da fertilidade do solo, bem como o uso do programa (software) especialista, denominado “AdubaMANÍ-SC”¹, tecnologia concebida e desenvolvida pela Epagri como ferramenta de apoio ao manejo da fertilidade do solo e da adubação na cultura da mandioca.

¹ A expressão ‘MANÍ’ deriva do linguajar indígena, que significa mandioca para os índios tupis-guaranis.

É uma obra destinada a técnicos que atuam com assistência e acompanhamento a agricultores que cultivam mandioca. Para facilitar o uso, apresenta roteiro que ilustra “passo a passo” os procedimentos para caracterização e interpretação de aspectos da fertilidade do solo e critérios que orientam o manejo da adubação nessa cultura.

A publicação descreve como usar o programa (software) especialista “AdubaMANÍ-SC” para quantificar as necessidades de fertilizantes e corretivos na produção de mandioca. E isso é feito com base na análise de solo e de forma tecnicamente adequada, ou seja, de modo equilibrado, eficiente, socialmente exequível e menos impactante ao ambiente.

A Diretoria Executiva

SUMÁRIO

Parte 1 - Manejo da fertilidade

1 Considerações Iniciais.....	9
1º Passo: Análise de solo: necessidade de diagnosticar a fertilidade.....	9
2º Passo: Indicação de calagem.....	10
Como quantificar a quantidade de corretivo necessária?	11
3º Passo: Critérios e Indicação de adubação:.....	12
2 Manejo da adubação nitrogenada	14
2.1 Parâmetros para manejo de adubações nitrogenadas	14
2.2 Períodos indicados para parcelamento no manejo da adubação nitrogenada	15
3 Manejo da adubação potássica	16
3.1 Parâmetros para manejo de adubações potássicas.....	16
3.2 Períodos indicados para parcelamento no manejo da adubação potássica	18
4 Manejo da adubação fosfatada	18
4.1 Parâmetros para manejo de adubações fosfatadas.....	19
4.2 Períodos indicados para o manejo da adubação fosfatada	20

Parte 2 - Manual de uso do programa para adubação de mandioca AdubaMANÍ-SC

1 Primeira Tela (Entrada de dados)	22
2 Segunda Tela (Indicação de calagem)	24
3 Terceira Tela (Definição das doses de NPK)	26
4 Quarta Tela (Definição dos “tipos” de adubo)	28
5 Quinta Tela (Calendário de adubação)	30
7 Sétima tela (Relatório final Impresso)	34
8 Oitava Tela (Informações sobre os técnicos responsáveis).....	36
Referências	37

Parte 1 - Manejo da fertilidade

1 Considerações Iniciais

Para planejarmos de forma adequada o manejo da fertilidade do solo para a produção de mandioca, seja para a indústria e/ou de mesa, é fundamental o conhecimento por parte dos técnicos, produtores que trabalham com esta cultura, de aspectos relacionados à ecofisiologia do crescimento e desenvolvimento das plantas de mandioca. Estes aspectos devem estar associados às necessidades nutricionais e ambientais inerentes a cada estágio de crescimento fisiológico, bem como a capacidade do solo de suprir estas demandas e a adequação de eventuais deficiências que se apresentem.

Desta forma este guia pretende indicar os passos sequenciais no processo de planejamento e indicação das quantidades adequadas de corretivos da acidez e de nutrientes (macronutrientes) a serem fornecidos à área de cultivo em pré-plantio, bem como definir os períodos (estádios fenológicos - ver **Figura 1**) mais indicados de fornecimento de cada macronutriente (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) em conjunto e/ou individualmente, respeitando as necessidades das plantas para cada estágio de crescimento considerado no pós-plantio. Assim, espera-se que o manejo indicado, possibilite uma adubação equilibrada, possibilitando um crescimento proporcional entre a parte vegetativa (folhas e hastes) e de formação radicular (raízes de absorção e de reserva), atingindo o máximo de índice de área foliar (IAF) entre 120-150 dias após o plantio (**Figura 1**), e desta forma possibilitar o uso máximo do potencial fotossintético desta espécie, objetivando alcançar o seu máximo potencial produtivo, resultando em produtividades superiores a 25 t ha⁻¹. Desta forma, sugere-se seguir os passos e recomendações descritos abaixo:

1º Passo: Análise de solo: necessidade de diagnosticar a fertilidade

A realização da coleta adequada de amostra de solo e sua posterior análise química no pré-plantio é uma ferramenta fundamental, essencial e obrigatória à indicação das necessidades de calagem e/ou adubação, sendo, portanto, primordial para um adequado diagnóstico da fertilidade inicial do solo, que fundamentará intervenções futuras indicadas pelos técnicos. Para tanto, é inerente que se faça uma amostragem de solo criteriosa, que considere os princípios da aleatoriedade, homogeneidade (atributos morfológicos, físicos e biológicos do solo) e de representatividade das amostras de solos de uma determinada área no momento da coleta.

Recomenda-se que a época adequada de amostragem e análise química do solo ocorra entre o final do período de colheita até três meses antes do próximo plantio. Na prática, em Santa Catarina, as coletas devem ser realizadas prioritariamente no início de maio até agosto, respeitando-se os períodos indicados de plantio para cada região.

2º Passo: Indicação de calagem

Histórica e tradicionalmente considera-se a mandioca como uma cultura com boa tolerância à acidez e que apresenta limitada resposta de incremento de produtividade quando da aplicação de corretivos para correção do pH do solo de plantio, levando esta prática a ser estigmatizada tanto entre técnicos quanto produtores. Porém esta afirmação carece de informações científicas que as corroborem. Por outro lado, algumas publicações ressaltam a importância da calagem, principalmente relacionada à neutralização do efeito fitotóxico de alumínio. Além disso é altamente benéfica e responsiva sob condições de cultivos sucessivos de monocultivo de mandioca, possivelmente relacionada à elevação da disponibilidade de nutrientes, principalmente como cálcio e magnésio.

Considerando estes aspectos do conhecimento gerado, aliados ainda a observações, constatações e vivências práticas de pesquisadores e extensionistas da Epagri, salienta-se que a correção da acidez para o cultivo de mandioca é importante e necessária. E, reforçando o que foi dito, não somente para elevação do pH, mas principalmente para neutralização da presença de alumínio e também para aumentar a disponibilidade de cálcio às plantas.

Assim, a prática da calagem no cultivo da mandioca deverá levar em conta o conhecimento dos técnicos responsáveis quanto ao histórico da área de plantio e as condições físicas, químicas, biológicas (diversidade microbiana e matéria orgânica) do solo a ser cultivado. E, ainda, a forma de preparo, manejo e conservação já implementados e/ou a serem adotados neste solo.

Desta forma, a calagem poderá ser indicada considerando os critérios e limites abaixo descritos.

- **Considerando os teores de CÁLCIO e MAGNÉSIO na análise de solo:** Indicada quando os teores trocáveis de Ca e Mg no solo for menor que 4,0 ou igual a 1,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente (SBCS-NRS,2016).

- **Considerando a SATURAÇÃO DE BASES (V):** Indicada para atingir a saturação de bases desejada de 40% (V_1), conforme a SBCS-NRS, 2016; podendo elevar-se até 60%, segundo Otsubo & Lorenzi (2002).

Como quantificar a quantidade de corretivo necessária?

A quantidade de corretivo a ser aplicado poderá ser definida pelas fórmulas de cálculos propostas em SBCS-NRS (2016), considerando as seguintes especificidades:

a) Considerando a capacidade de troca de cátions e saturação em bases:

NC = CTC_{pH7,0} x [(V₁ - V₂)/100], onde:

NC = Necessidade de calcário (PRNT 100%) em t ha⁻¹

CTC_{pH7,0} = capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (cmol_c dm³)

V₁ = saturação em bases desejada (%)

V₂ = saturação em bases do solo (análise) (%)

b) Considerando o poder tampão:

Para solos com reduzido poder tampão, caracterizado pelo reduzido teor de matéria orgânica e solos arenosos, a SBCS-NRS (2016) indica-se a seguinte fórmula para atingir-se pH 5,5:

NC = -0,653 + 0,480MO + 1,937Al, onde:

NC = Necessidade de calcário (PRNT 100%) em t ha⁻¹

MO = Teor de Matéria Orgânica do solo (%)

Al = Teor de alumínio (cmol_c dm³)

c) Considerando o teor de alumínio trocável:

Alternativamente, poderá utilizar-se o teor de alumínio trocável (SOUSA & LOBATO, 2004) e elevação dos teores de Ca e Mg, segundo Souza & Fialho (2003), com a seguinte fórmula:

NC = (Al x f) + [(2 - (Ca+Mg))], onde:

NC = Necessidade de calcário (PRNT 100%) em t ha⁻¹

Al = Teor de alumínio (cmol_c .dm³)

Ca e Mg = Teores de cálcio e magnésio, respectivamente (cmol_c dm³)

f = fator de ajuste em função do teor de argila: >20%=2; ≤20%=1,2.

d) Uso dos corretivos

A aplicação do corretivo deve ser realizada com antecedência mínima de 90 dias do plantio, que deve ser incorporado na profundidade de 0 a 20cm, de acordo com o manejo de solo adequado a situações de manejo específicas para cada caso (convencional, plantio direto e iniciando o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças/SPDH).

A definição do tipo de corretivo será de acordo com os teores de Ca e Mg do solo, assim, solos com deficiência específica de Ca pode-se optar pelo calcário calcítico. Já solos com níveis baixos desses dois nutrientes, porém de forma proporcional, a opção de calcário poderá ser do tipo dolomítico.

Limitar a quantidade de calcário indicada a $2t\ ha^{-1}$, não superior a este patamar, mesmo que os cálculos indiquem valores superiores e dar preferência a calcários com PRNT acima de 65%.

3º Passo: Critérios e Indicação de adubação:

Considerar que independentemente do nível de resposta produtiva da mandioca à adubação, é necessária adoção de critérios que promovam o adequado manejo da fertilidade do solo e nutrição das plantas. O balanço de nutrientes e a respectiva resposta produtiva necessita estar equilibrada, ou seja, para cada unidade de nutriente aplicado busca-se o melhor acúmulo de massa seca e amido nas raízes da mandioca.

A adequada nutrição da mandioca requer a compreensão da forma como a cultura acumula matéria seca em diferentes órgãos, fundamentalmente nas raízes. Além disso, considerar aspectos ecofisiológicos da dinâmica de crescimento e desenvolvimento das plantas de mandioca (**Figura 1**), principalmente a forma como ocorre a partição de fotoassimilados (relação fonte/dreno – **Figura 2**) após as plantas atingirem o máximo de índice de área foliar (IAF) e durante o período de acúmulo de amido nas raízes, que são determinantes para atingir-se o máximo de produtividade possível para cada variedade de mandioca. Nesse sentido, há significativas diferenças quando a adubação será aplicada em cultivos com colheita anual ou, quando o planejamento prevê ciclos bianuais. Nesse caso, devemos ter ciência que envolverá remobilização de reservas, novo ciclo de crescimento vegetativo e posterior acumulação de massa seca nas raízes. Desta forma, conhecer a curva de crescimento da variedade com a respectiva acumulação de reservas nas raízes é fundamental para promover a nutrição equilibrada, dinâmica e consoante com o princípio de conforto nutricional da mandioca.

De acordo com critérios de maior extração de nutrientes, a adubação da mandioca prevê a reposição dos seguintes nutrientes: potássio > nitrogênio > Cálcio > Fósforo > Magnésio (SILVA et al., 2014; HOWELER, 2002; LORENZI et al., 1981). Para os micronutrientes a ordem de acumulação foi de Fe > Zn > Mn > Cu (SILVA, et al 2014). Resultados de Howeler (1981) demonstram que a cultura da mandioca extrai de 1,93 a 10,96kg de N, de 0,56 a 1,89kg de P e de 4,69 a 9,04kg de K por tonelada de raízes-tubérculos. Estes valores consideráveis situam a cultura da mandioca como uma das espécies mais hábeis na capacidade de absorção de nutrientes, mesmo em condições sub ótimas.

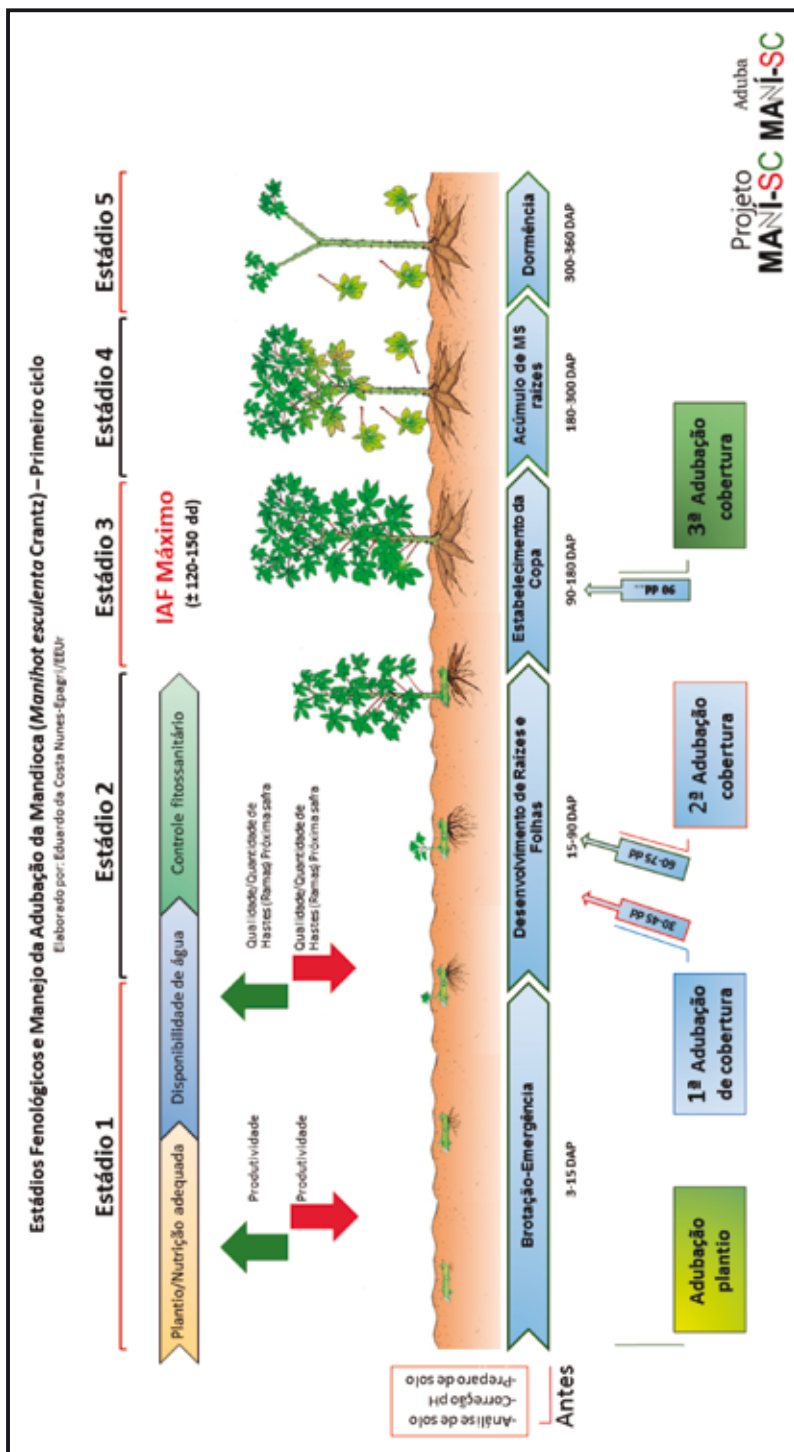


Figura 1. Ecofisiologia - Estádios fenológicos da mandioca e indicação dos momentos de manejo da fertilidade

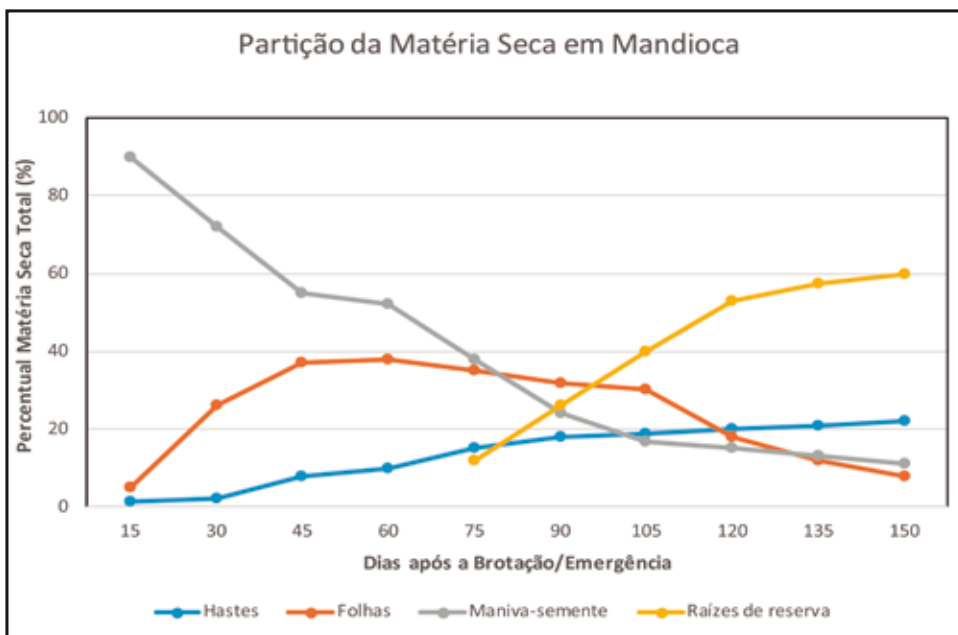


Figura 2. Percentuais de acúmulo de matéria seca (MS) em diferentes órgãos (hastes, folhas, manivas-semente e raízes de reserva) ao longo do período de crescimento e desenvolvimento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

2 Manejo da adubação nitrogenada

O nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pelas plantas de mandioca, é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas visto que é encontrado em compostos essenciais como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. O nitrogênio é absorvido pelas plantas na forma de nitrato (NO_3^-) e preferencialmente amônio (NH_4^+).

O nitrogênio adquirido, será acumulado principalmente nas folhas, sobretudo como componente da clorofila e seu aparato enzimático. Assim, sempre que houver redução no seu suprimento poderá ocorrer remobilização deste. Visualmente, quando isso ocorre, verifica-se o amarelecimento de folhas mais velhas.

2.1 Parâmetros para manejo de adubações nitrogenadas

A base do manejo da adubação nitrogenada é feita a partir do principal reservatório do nutriente no solo que é o teor de matéria orgânica. Entretanto, para tomada de decisão em relação a dose e momentos de aplicação é fundamental agregar informações relativas às características de crescimento e desenvolvimento dos cultivares, histórico de

ocorrência de podridões radiculares e expectativa de rendimento de raízes. Se por um lado o adequado manejo da adubação nitrogenada pode promover significativos aumentos no rendimento das raízes e proteger as plantas, por outro, doses elevadas podem resultar em estímulo ao crescimento vegetativo, aumento da incidência de podridões radiculares e doenças bacterianas. Doses elevadas de nitrogênio também estimulam a produção de compostos proteicos e ácido cianídrico (HCN) podendo resultar na diminuição do conteúdo de amido de raízes.

A Tabela 1 apresenta indicação de adubação nitrogenada para a cultura da mandioca. Considerando a reserva deste nutriente na matéria orgânica do solo, resposta produtiva da variedade, expectativa de rendimento de raízes, quantidade de nutriente exportado e necessidades de aquisição do nutriente durante o ciclo produtivo.

Tabela 1. Indicação de adubação nitrogenada para a cultura da mandioca em função do teor de matéria orgânica do solo e expectativa de rendimento de raízes

Teor de matéria orgânica no solo (%)	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Ajustes para produtividade ≥ 25 t ha ⁻¹	Limite da dose de N ¹
≤ 2,5	70	Acrescentar	Até 100 kg ha ⁻¹
2,6 a 5,0	50	1,5 kg ha ⁻¹ de N por tonelada adicional	Até 70 kg ha ⁻¹
≥ 5,0	≤ 30		Até 50 kg ha ⁻¹

¹ Limite de resposta considerando a exportação do nutriente.

Fonte: Adaptado de SBCS-CQFS RS/SC (2016); Howeler (2002).

2.2 Períodos indicados para parcelamento no manejo da adubação nitrogenada

a) No plantio: poderá ser utilizada até 15% da dose total de N, podendo ser de origem química ou orgânica, incorporada ao solo;

b) Primeira cobertura: deverá ser realizada entre 30 e 45 dias (**estádio 2**) após o plantio (DAP) na dosagem de 35% da dose total de N calculada;

c) Segunda cobertura: deverá ser realizada de 60 até os 75 dias (terço final do **estádio 2**) após o plantio (DAP), utilizando-se 30% da dose total de N calculada e;

d) Terceira cobertura: Aos 90 e no máximo aos 120 DAP (**estádio 3**), em situações favoráveis ao crescimento/desenvolvimento das plantas, utilizando 20 % da dose total de nitrogênio indicada.

A definição de duas ou três épocas (períodos) de parcelamento da aplicação das adubações de cobertura requer análise das condições de cultivo como: época de

plantio, condições favoráveis de precipitação, temperatura e luminosidade, capacidade de resposta das variedades utilizadas, nível de matéria orgânica no solo, teor de argila do solo, nível de tecnologia aplicado e as condições de mercado favoráveis que justifiquem obter-se maiores produtividades.

As principais fontes de adubos nitrogenados são, amídicas (ureia); nítricas (nitrato de cálcio, nitrato de potássio) e amoniacais (sulfato de amônio, nitrato de amônio, monoamônio fosfato e diamônio fosfato). Também pode-se indicar o uso de fontes orgânicas, entretanto este uso deve ser preferido antecedendo o plantio, cuja dose contemple até 15% da dose total de nitrogênio exigida para a mandioca.

3 Manejo da adubação potássica

O potássio desempenha importantes funções fisiológicas no crescimento e desenvolvimento das plantas. Elevados rendimentos de raízes de mandioca, aliado a elevado teor de amido são obtidos quando o manejo nutricional de potássio é construído adequadamente. Por outro lado, significativas reduções no rendimento de raízes podem ocorrer quando a mandioca é cultivada sucessivamente e sem os cuidados com os níveis e disponibilidade de potássio.

Na planta, o potássio é absorvido na forma de íon K^+ , ele é um agente osmótico essencial à turgescência celular, estimula a atividade fotossintética líquida e aumenta a translocação de fotoassimilados para as raízes. Cultivos de mandioca que tem adequado suprimento de potássio resultam em rendimentos superiores, além do maior teor de amido. Dessa forma, em mandioca, o potássio é requerido em elevadas quantidades e tem grande importância para cultura.

No solo, a dinâmica do potássio é controlada pela CTC (capacidade de troca de cátions). Solos tropicais, com reduzida atividade de argila e baixa matéria orgânica resultam em menor CTC. Nestas condições, o esgotamento da reserva trocável de K requer atenção, fundamentalmente em cultivos sucessivos de mandioca. Assim, o manejo desse nutriente exige parcelamentos da adubação para adequar o suprimento à demanda das plantas de mandioca e uso de estratégias que promovam a melhoria da matéria orgânica. Por outro lado, excessos deste nutriente podem interagir negativamente na aquisição de Ca, Mg e micronutrientes.

3.1 Parâmetros para manejo de adubações potássicas

A Tabela 2 apresenta os indicativos para interpretação e adubação potássica. O potássio é o nutriente mais exportado por ocasião da colheita das raízes, razão pela qual a mandioca pode ser considerada uma cultura exigente, com demandas compatíveis à

produção de grãos. Situações em que o K é o nutriente que se encontra mais limitante, verifica-se boas respostas à adubação, com aumento no conteúdo de amido das raízes, redução no teor de HCN e incremento no rendimento.

Tabela 2. Parâmetros para interpretação do teor de potássio¹, conforme a CTC do solo para a cultura da mandioca

Classe de disponibilidade	CTC _{a pH 7,0} do solo cmolc dm ⁻³			
	≤ 7,5 Baixa	7,6 – 15,0	15,1 – 30,0	>30,0
mg de K dm ⁻³				
Muito baixo	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
Baixo	21 – 40	31 – 60	41 – 80	46 – 90
Médio	41 – 60	61 – 90	81 – 120	91 – 135
Alto	61 – 120	91 – 180	121 – 240	136 – 270
Muito Alto	> 120	> 180	> 240	> 270

¹ Teor de potássio no solo determinado com uso do extrator Mehlich-1. Caso o extrator utilizado seja o Mehlich-3, utilizar a equação $KM1=KM3 \times 0,83$ para obter o teor equivalente.

Fonte: Adaptado de SBSC/CQFS-RS/SC, 2016.

A CTC do solo controla a disponibilidade do nutriente para as plantas, de maneira geral, quando os teores no solo estiverem três vezes acima do teor crítico “muito alto” pode-se optar por suprimir a adubação potássica. A Tabela 3 apresenta as indicações para interpretação e uso de adubação potássica.

Tabela 3. Indicação para interpretação e adubação potássica na mandioca

Interpretação do teor de K no solo	Dose de potássio (kg de K ₂ O ha ⁻¹)
Muito baixo	110
Baixo	70
Médio	50
Alto	30
Muito Alto	≤15

¹ Para expectativa de rendimento de raízes ≥25 t ha⁻¹ acrescentar 2,5 kg ha⁻¹ de K₂O por tonelada adicional.

Fonte: Adaptado de: SBSC/CQFS-RS/SC, 2016.

3.2 Períodos indicados para parcelamento no manejo da adubação potássica

Para o adequado manejo da adubação potássica, indica-se que esta seja parcelada no plantio e em coberturas subsequentes (parcelas) aos 45 e 75 DAE, por ocasião da adubação nitrogenada. O parcelamento da adubação potássica é muito importante em solos com baixa CTC e/ou matéria orgânica e também, quando há a expectativa de elevados tetos de produtividade

a) No plantio: poderá ser utilizada uma dosagem máxima (% máximo) que corresponda a até 40kg ha⁻¹ de K₂O, para minimizar potenciais riscos de estresse salino vindo a prejudicar o brotamento e formação inicial do sistema radicular, principalmente quando a época de plantio não coincida com períodos de boa disponibilidade hídrica.

b) Primeira (até 45 DAP- estágio 2); segunda (até 75 DAP- final estágio 2) e terceira cobertura (90 DAP- final do estágio 2, início estágio 3): o restante das doses do total a ser aplicado, deverá ser parcelado em pelo menos duas coberturas em percentuais equivalentes e/ou segundo os seguintes critérios que deverão ser considerados pelo técnico responsável, como: época de plantio, condições ambientais, capacidade de resposta das variedades utilizadas, nível de matéria orgânica, teor de argila do solo e nível de tecnologia aplicado.

As principais fontes de adubos potássicos são: cloreto de potássio e sulfato de potássio, este último com indicação também para situações de limitação de enxofre no solo. Fontes orgânicas também são importantes no fornecimento de potássio sendo destacado o uso de cama de aves e aplicação da “água de manipueira”. Este último, podendo ser usado no processo de compostagem e ou em aplicação direta, antecedendo o plantio da mandioca sobre as plantas de cobertura. A aplicação da “água de manipueira” requer critérios, considerando que é uma fonte com elevados teores de potássio e em caso de uso excessivo em solos com reduzida CTC poderá ocasionar lixiviação de cátions como Ca e Mg.

4 Manejo da adubação fosfatada

O fósforo desempenha múltiplas funções nas plantas, dentre elas destacam-se: transporte de substratos como glucose fosfato e coenzimas; é componente de grandes moléculas e fosfolípidios, modifica proteínas e participa da sinalização celular em diversas respostas fisiológicas. É um nutriente vital dos processos fotossintéticos e de respiração. A absorção de fósforo é na forma de fosfato (PO₄⁻³), sendo a difusão o principal mecanismo de suprimento do solo para as plantas.

Já o comportamento do fósforo no solo é bastante peculiar, ou seja, há grande interação da fração argila com a sua disponibilidade para as plantas. Por essa razão a mobilidade deste nutriente no solo é muito reduzida, sendo considerado praticamente

imóvel em solos de textura argilosa. Em contrapartida, solos arenosos tem o fósforo em condições de maior labilidade, favorecendo a mobilidade e a dinâmica do nutriente no solo.

4.1 Parâmetros para manejo de adubações fosfatadas

Dentre os macronutrientes primários, as menores quantidades extraídas por tonelada de raízes de mandioca são de fósforo. Porém, devido a dinâmica no solo e sua importância em funções essenciais nas plantas, a resposta da mandioca à adubação fosfatada é significativa. Condições de solos com fertilidade construída, em que foram efetuadas adubações corretivas de P resultaram em elevação nos rendimentos de raízes.

Assim, os principais parâmetros a serem avaliados na indicação de adubações com P em relação ao solo são: a textura (Tabela 4), principalmente o teor de argila que controla a disponibilidade desse nutriente; o teor e dinâmica da matéria orgânica do solo por ser importante fonte de P orgânico; a presença, eficiência e efetividade das micorrizas e aspectos físicos do solo como a densidade e a porosidade que influenciam o fluxo difusivo no suprimento de P para as plantas. Já os aspectos relacionados ao ambiente e às plantas de mandioca, destacam-se a demanda específica das diferentes variedades e suas taxas de exportação; as condições ambientais e o nível de tecnologia aplicado aos cultivos.

As doses indicadas estão contidas na Tabela 4. Outro aspecto importante em relação ao manejo do P é o efeito residual para os cultivos subsequentes das adubações fosfatadas aplicadas. Essa constatação deriva da menor taxa de exportação de P, comparado aos nutrientes N e K e, também, das reações de retenção de P que minimizam as possíveis perdas.

Tabela 4. Parâmetros para interpretação do teor de fósforo¹, conforme o teor de argila do solo para a cultura da mandioca

Classe de disponibilidade	Teor de argila (%)			
	≥ 60% Classe 1	60 a 41% Classe 2	40 a 21% Classe 3	≤ 20% Classe 4
	mg de P dm ⁻³			
Muito baixo	≤ 1,5	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 5,0
Baixo	1,5 – 3,0	2,1 – 4,0	3,1 – 6,0	5,1 – 10,0
Médio	3,1 – 4,5	4,1 – 6,0	6,1 – 9,0	10,1 – 15,0
Alto	4,6 – 9,0	6,1 – 12,0	9,1 – 18,0	15,1 – 30,0
Muito Alto	> 9,0	> 12,0	> 18,0	> 30,0

¹ Teor de fósforo no solo determinado com uso do extrator Mehlich-1. Caso o extrator utilizado seja o Mehlich-3, utilizar a equação $PM1=PM3/(2 - (0,02 \times \text{arg}))$ para obter o teor equivalente.

A Tabela 5 apresenta as indicações de adubação fosfatada para a mandioca. Quando os teores de P no solo estiverem três vezes acima do teor crítico “muito alto” pode-se optar por suprimir a adubação fosfatada. Já em condições de plantio direto consolidado, com maior acúmulo de matéria orgânica, a dinâmica de P é influenciada devido maior presença de P-orgânico. Esta condição, aliada a presença de fungos micorrízico-arbusculares (técnico tem que avaliar sua presença no solo) podem dinamizar o suprimento do nutriente para as plantas.

Tabela 5. Indicação para interpretação e adubação fosfatada na mandioca

Interpretação do teor de P	Dose de fósforo (Kg de P_2O_5 ha ⁻¹)
Muito baixo	105
Baixo	65
Médio	45
Alto	25
Muito Alto	≤25

Fonte: Adaptado de SBSC-CQFS RS/SC (2016).

4.2 Períodos indicados para o manejo da adubação fosfatada

O manejo da adubação fosfatada deverá ser realizado apenas antecedendo o plantio das manivas-semente, portanto aplicado em dose única.

As fontes de fertilizantes fosfatados propostos são: superfosfato triplo, superfosfato simples, MAP, DAP. As fontes orgânicas, como cama de aves, também podem ser utilizadas, compondo uma estratégia de fornecimento de fósforo e outros macros e micronutrientes.

INFORMAÇÃO IMPORTANTE: Programa para computador

Pesquisadores e extensionistas da Epagri (Estação Experimental de Urussanga e Gerência Regional de Criciúma) desenvolveram um sistema (i.e., programa, software) especialista para computador denominado “AdubaMANÍ-SC, conforme registrado na Parte 2 deste boletim.

Trata-se de uma ferramenta interativa para determinar a quantidade e definir o planejamento de uso de corretivos e as ações de adubações para mandioca. Este programa está disponível para “download” no sítio da Epagri:

<http://docweb.epagri.sc.gov.br/pub/AdubaManiSC.exe>

Parte 2 - Manual de uso do programa para adubação de mandioca AdubaMANÍ-SC

1 Primeira Tela (Entrada de dados)

Nesta tela (Figura 3) inicialmente o técnico irá inserir no **quadro 1** (*Dados do produtor*) informações sobre o produtor e a propriedade. Basta que, a cada informação digitada, tecele-se “enter” para ir pulando os campos e inserindo todas as informações.

Na sequência, no **quadro 2** (*Dados de análise do solo*), inserirá todas as informações do laudo de análise do solo da amostra encaminhada ao laboratório de solos. Estas informações definirão automaticamente a classe de solo, os níveis de fósforo, potássio e CTC do solo, sendo automaticamente utilizadas em todos os cálculos e recomendações que surgirão nas telas subsequentes.

Ao final desta tela, o técnico encontrará o **quadro 3** (*Dados de produção*), que automaticamente será preenchido com uma expectativa mínima de produtividade de 25 t ha⁻¹. No entanto, o técnico responsável deverá confirmar e/ou informar outra expectativa de produtividade a ser alcançada, segundo critérios técnicos relacionados ao conhecimento do perfil do produtor e à área de cultivo (i.e., tipo de solo, condição topográfica, sistema de manejo, condições ambientais, etc.).

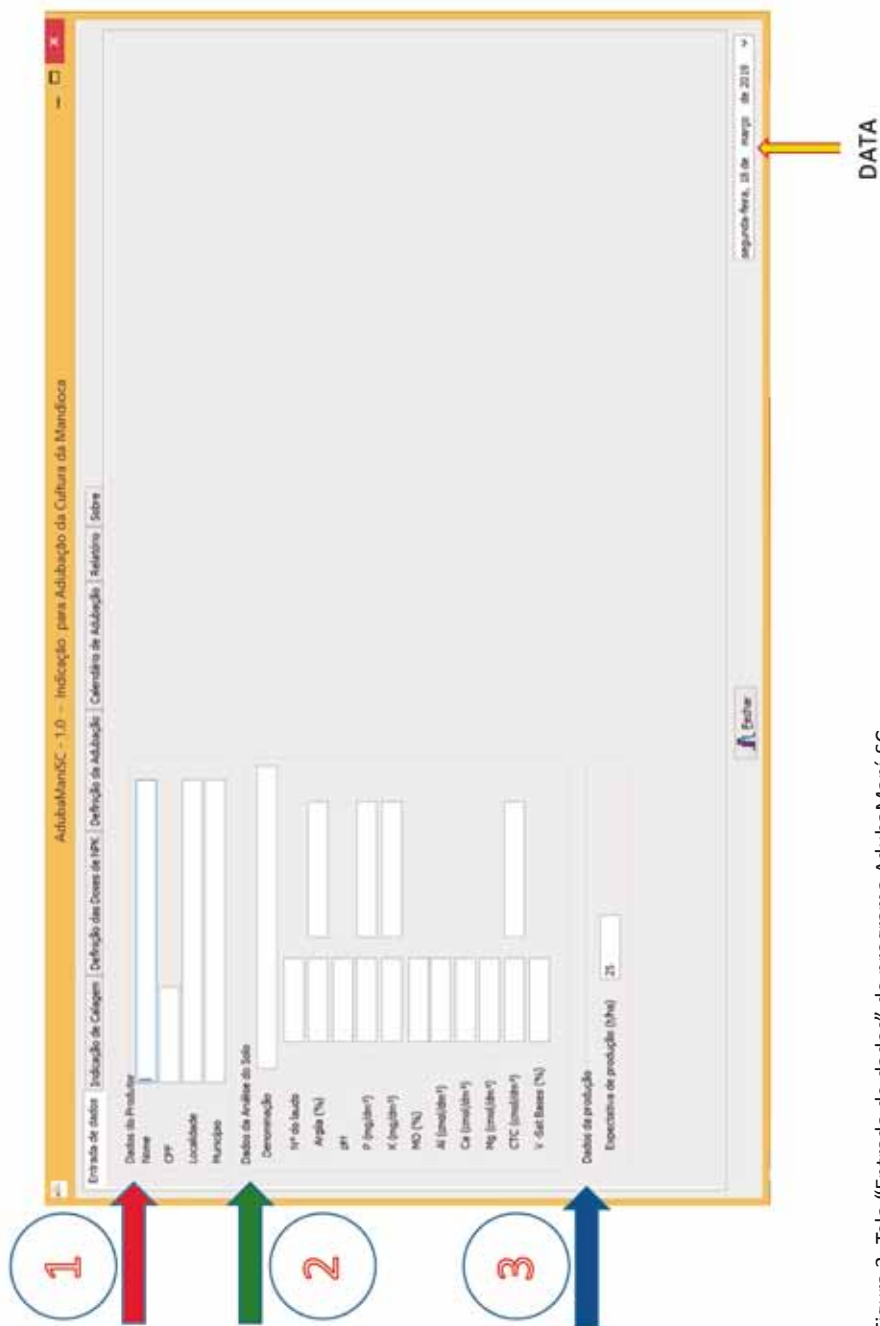


Figura 3. Tela "Entrada de dados" do programa AdubaMani-SC

2 Segunda Tela (Indicação de calagem)

Nesta tela (Figura 4) o técnico inicialmente irá clicar no ícone 'Calcular' que automaticamente aparecerá no **quadro 1 (Critérios)**, informações já processadas dos cálculos referentes a necessidade de correção do pH com base nas informações (dados da análise) inseridas na primeira tela. A definição do critério a ser considerado será automaticamente executada pelo programa, baseando-se em definições pré-concebidas que serão apontadas no **quadro 2 (Observações)**. **Deve-se** observar que a quantidade total de calcário a ser utilizada de fato não ultrapasse 2 t ha^{-1} (limite máximo que deve ser indicado), mesmo que os cálculos recomendem quantidades maiores.

LEMBRAR que este programa é específico para o cultivo de mandioca e que, portanto, para tomada de decisões, leva em consideração especificidades de cultivo inerentes a esta espécie. Cabe salientar que mesmo com esta “trava” de limite imposta pelo programa e que deve ser respeitada, o técnico poderá alternativamente indicar outra quantidade calculada segundo os critérios, desde que isso seja respaldado por informações e conhecimentos sobre a propriedade e/ou mesmo nos referenciais da análise de solo que justifiquem esta indicação.

Na sequência no **quadro 3 (Indicação)**, o técnico visualizará o resultado da quantidade de calcário a ser aplicada e que aparecerá no relatório final para impressão. Um pouco mais à direita aparecerá um ícone para definição e inserção pelo técnico do PRNT (%) do calcário disponível a ser utilizado. Clicando no ícone “Calcular”, o programa informará a dose de calcário corrigido a ser aplicada por hectare.

1

3

2

Calcular

AdubaMani-SC - 1.0 - Indicação para Adubação da Cultura da Mandioca

Entrada de dados | Indicação de Calagem | Definição das Doses de NPK | Definição de Adubação | Cálculo de Adubação | Relatório | Sobre

Critérios

Critério para solo com baixo poder tampão

$$NC = -0,653 + 0,48 MO + 1,937AI$$

MO: 3,3 AI: 2,7

NC (t/ha): 6,383

Critério baseado na saturação bases

$$NC = CTC [(V1-V2)/100]$$

CTC: 7,47 V1 (%): 40

V2 (%): 26,56

NC (t/ha): 1,004

Critério do teor de Alumina trocável

$$NC = (AI / f) + [2 * (Ca+Mg)]$$

f: 2,0 AI: 2,7 Ca+Mg: 1,80

NC (t/ha): 5,600

Indicação

Necessidade de Calagem: 2,00 t/ha

Observação:

Critério de solo baixo poder tampão. Recomendação limitada a 2 t/ha.

Correção NPK

Dados:

Necessidade calculada NPK 100% (t/ha): 2,00

NPK comercial (%): 40

Resultados

Necessidade Calagem Comercial (t/ha): 2,000

segunda-feira, 18 de março de 2019

Figura 4. Tela “indicação de calagem” do programa AdubaMani-SC

3 Terceira Tela (Definição das doses de NPK)

Nesta tela (Figura 5), o técnico inicialmente irá clicar no ícone 'Calcular' que automaticamente aparecerá no **quadro 1** (*Adubação nitrogenada*), informações já processadas dos cálculos referentes à necessidade de adubação nitrogenada (N) em $t\ ha^{-1}$, em percentuais pré-concebidos para o plantio e no parcelamento das coberturas a serem realizadas.

No **quadro 2** (*Adubação Potássica*), a direita, aparecerão as quantidades necessárias de adubação potássica, nas doses de plantio e indicação dos parcelamentos pré-concebidos, bem como das quantidades em cada período.

Observação: Tanto para adubação nitrogenada quanto para adubação potássica, o técnico responsável poderá alterar e redistribuir os percentuais (ícone 'Redistribuir pelo %') a serem usados no plantio e no parcelamento, bem como o número de parcelamentos, quando julgar prudente e necessário que eles sejam alterados. Isso é baseado principalmente na época de plantio (i.e., plantio no período indicado e/ou precoce e tardio), nas condições climáticas e nas características dos fertilizantes a serem utilizados. Finalmente, clicando em 'Calcular', a redistribuição será processada.

No **quadro 3** (*Adubação fosfatada*), mais à direita, o técnico visualizará o resultado total de fósforo a ser aplicado em dose única no plantio. Caso o teor de fósforo na análise demonstre resultado superior a três vezes o limite crítico, surgirá uma 'Observação' (em vermelho) indicando que a adubação fosfatada não será necessária.

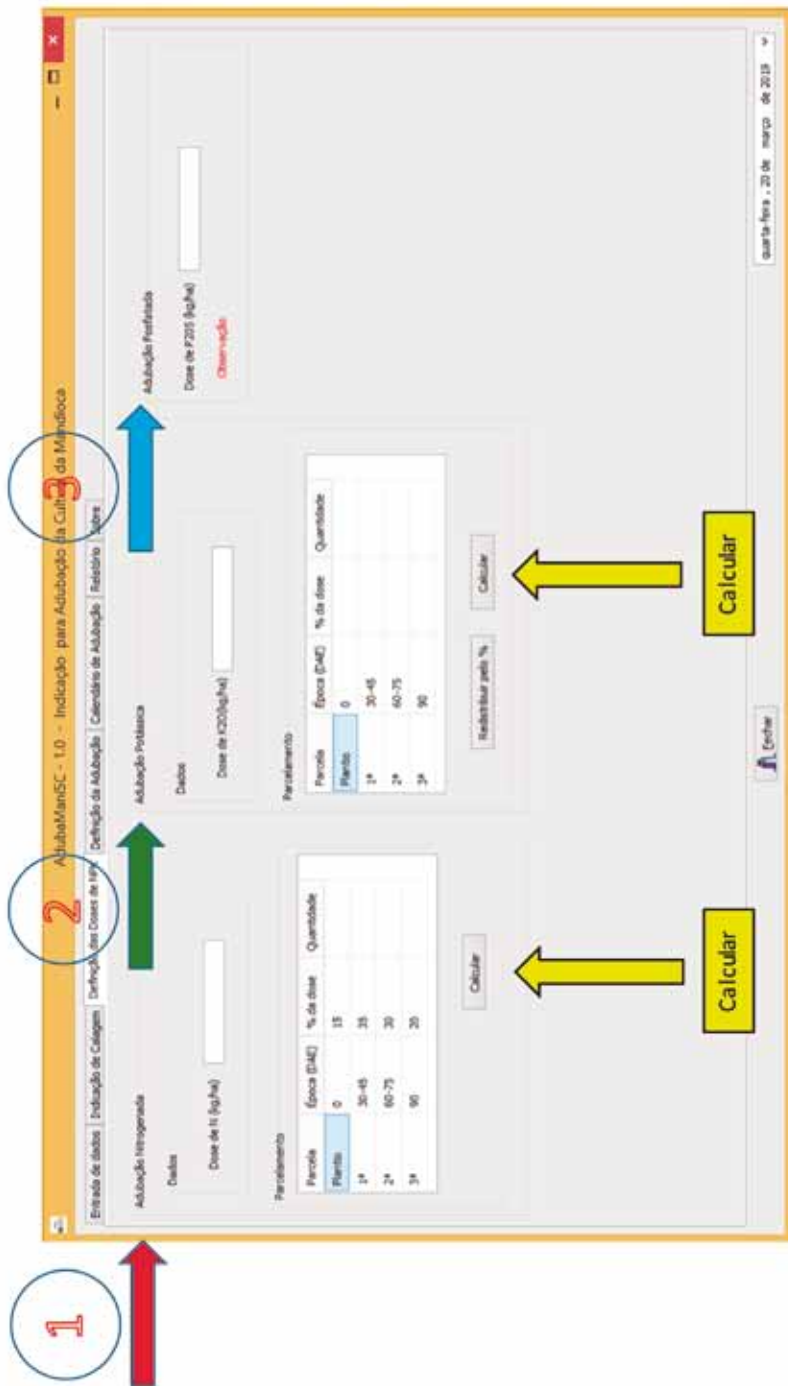


Figura 5. Tela “Definição das doses de NPK” do programa AdubaMani-SC

4 Quarta Tela (Definição dos “tipos” de adubo)

Nesta tela (Figura 6) o técnico inicialmente irá clicar no **quadro 1** (*Tipo de adubo*) e definir os tipos de adubos a serem utilizados (se orgânicos e/ou minerais). Então, selecionará quais dentre eles podem ser usados, conforme a disponibilidade. A seleção, a definição do manejo (sistema de plantio) fica exclusivamente a critério do técnico. Há uma lista bem completa tanto de adubos orgânicos quanto de minerais. Selecionado o adubo, basta clicar no ícone ‘Calcular’ e na sequência ‘Inserir’, que o programa automaticamente fará os cálculos e a distribuição.

No **quadro 2** (*Critérios de fechamento*), o programa fechará automaticamente as necessidades e eventuais déficits dos diferentes adubos tendo como critério inicial a necessidade de Fósforo. No entanto, o técnico responsável poderá optar por selecionar outro macronutriente como critério de fechamento dos cálculos e definição dos macronutrientes que ainda estarão faltando. Estes dados serão destacados em amarelo e servem para auxiliar a definição dos adubos que devem ser selecionados prioritariamente e utilizados nas coberturas restantes a serem calculadas e definidas na coluna da direita desta tela (**quadro 3**).

No **quadro 3** (*Adubações de cobertura*), o técnico, após visualizar na coluna da esquerda os nutrientes deficitários (ícones ficarão destacados de amarelo), deverá fazer opções de seleção de adubos minerais para cada etapa de cobertura, clicando em ‘Calcular’ e ‘Inserir’. De forma sucessiva o programa irá automaticamente calcular o fechamento total dos macronutrientes e ajustar o número de adubações de cobertura necessárias.

Observação: Em cada quadro acima os ícones ‘Limpar’ e/ou ‘Limpar tudo’, após clicados, permitem reiniciar todos os cálculos.

Importante: Todos os valores aqui calculados serão automaticamente enviados e organizados na composição do relatório final, que será assinado pelo técnico após sua impressão.

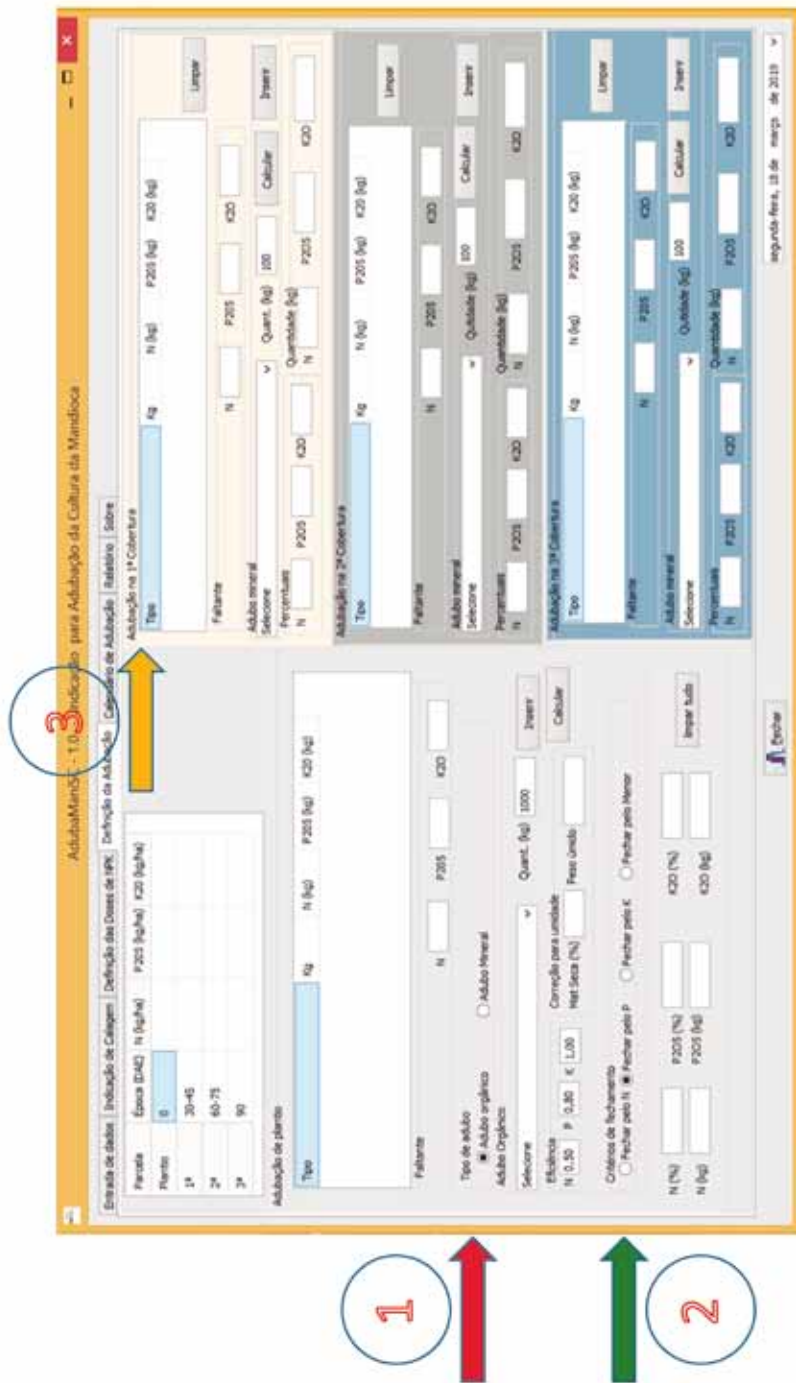
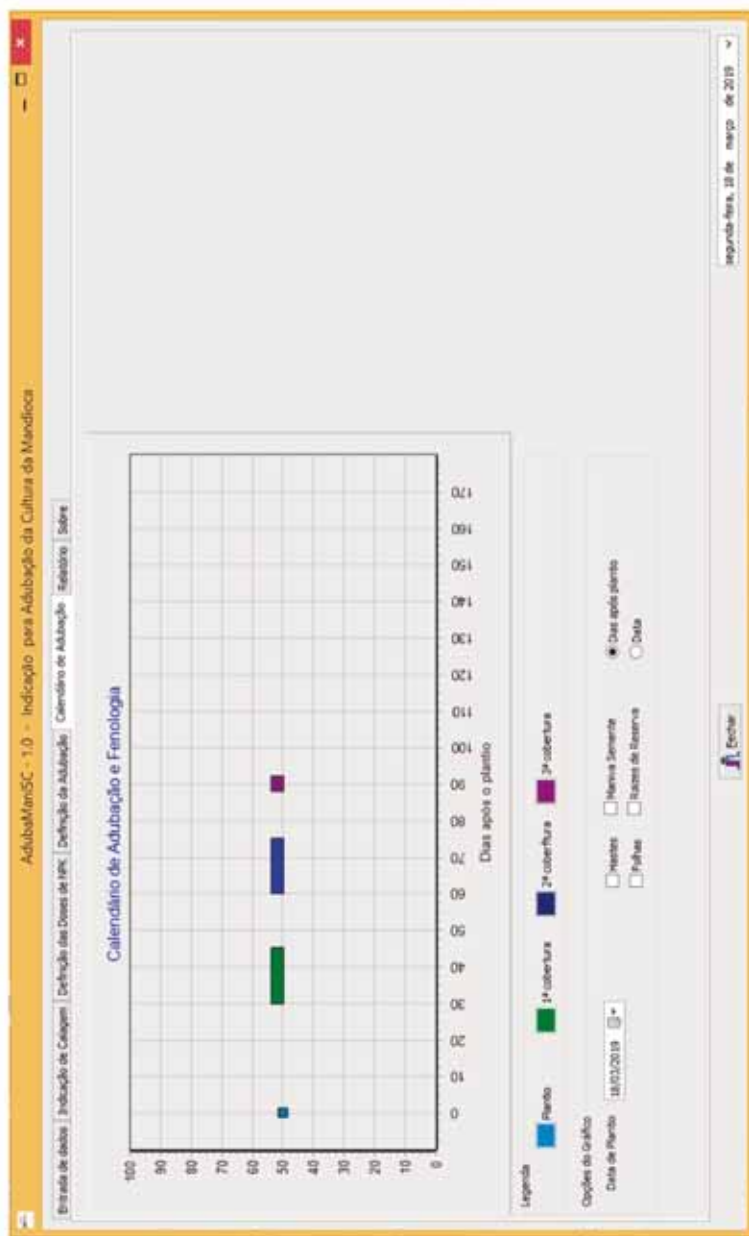


Figura 6. Tela (Definição dos “tipos” de adubo) do programa AdubaMANI-SC

5 Quinta Tela (Calendário de adubação)

Nesta tela (Figura 7), no **quadro 1** (*Calendário de adubação e fenologia*), as informações aparecerão automaticamente em razão dos dados e cálculos realizados nas etapas anteriores. Sendo assim, no gráfico aparecerá todo o planejamento do manejo da fertilidade, indicando em destaque os períodos que os produtores deverão executar as adubações. Cabe salientar que a definição do início e do fim destes períodos considera como ponto de partida a data de plantio que o técnico e o produtor estabeleceram anteriormente e/ou no quadro 2 desta tela em “Data de Plantio”.

No **quadro 2** (*Opções de gráfico*), o técnico poderá alterar a configuração de apresentação do gráfico, selecionando os campos para a inserção de linhas de simulação do comportamento fenológico (crescimento e desenvolvimento) e acúmulo e/ou perda de biomassa, da maniva-semente, das folhas, das hastes e de raízes de reserva ao longo do tempo de cultivo (em dias após o plantio e/ou por datas). Esta ferramenta pode auxiliar o técnico a esclarecer ao produtor (às vezes, mais que isso, até convencê-lo) que a adubação, além de importante e necessária, deve ser feita no momento certo, pois isso é fundamental para a determinação do manejo da fertilidade, visando à maior eficiência e sobretudo à produtividade.



1



2



Figura 7. Tela “Calendário de adubação” do programa AdubaMani-SC

6 Sexta Tela (Relatório)

Nesta tela (Figura 8) o técnico visualizará o relatório final que será automaticamente gerado pelo programa. No **quadro 1** (Relatórios), o relatório poderá ser gerado em formato “.txt”, que permitirá ao técnico inserir manualmente alguma recomendação e/ou informação que julgue interessante para casos específicos antes de imprimi-lo e no formato “.pdf”, bastando ao técnico selecionar uma opção ou outra.

No **quadro 2** (Informações para o relatório), o técnico poderá inserir, de forma sucinta, informações técnicas que devam ser enfatizadas, relativas ao manejo da fertilidade, como a forma de incorporação do corretivo, dos adubos e momentos de fazê-los, de acordo com os sistemas de manejo usual e/ou a ser adotado (convencional, SPDH, etc.).

Finalmente no **quadro 3** (Responsável Técnico), o técnico deverá inserir seu nome completo, seu registro profissional e opcionalmente sua matrícula na empresa de vínculo.

As informações adicionadas no quadro 2 e no quadro 3 serão inseridas em campo específico na geração/impressão do relatório final em formato “.pdf”.

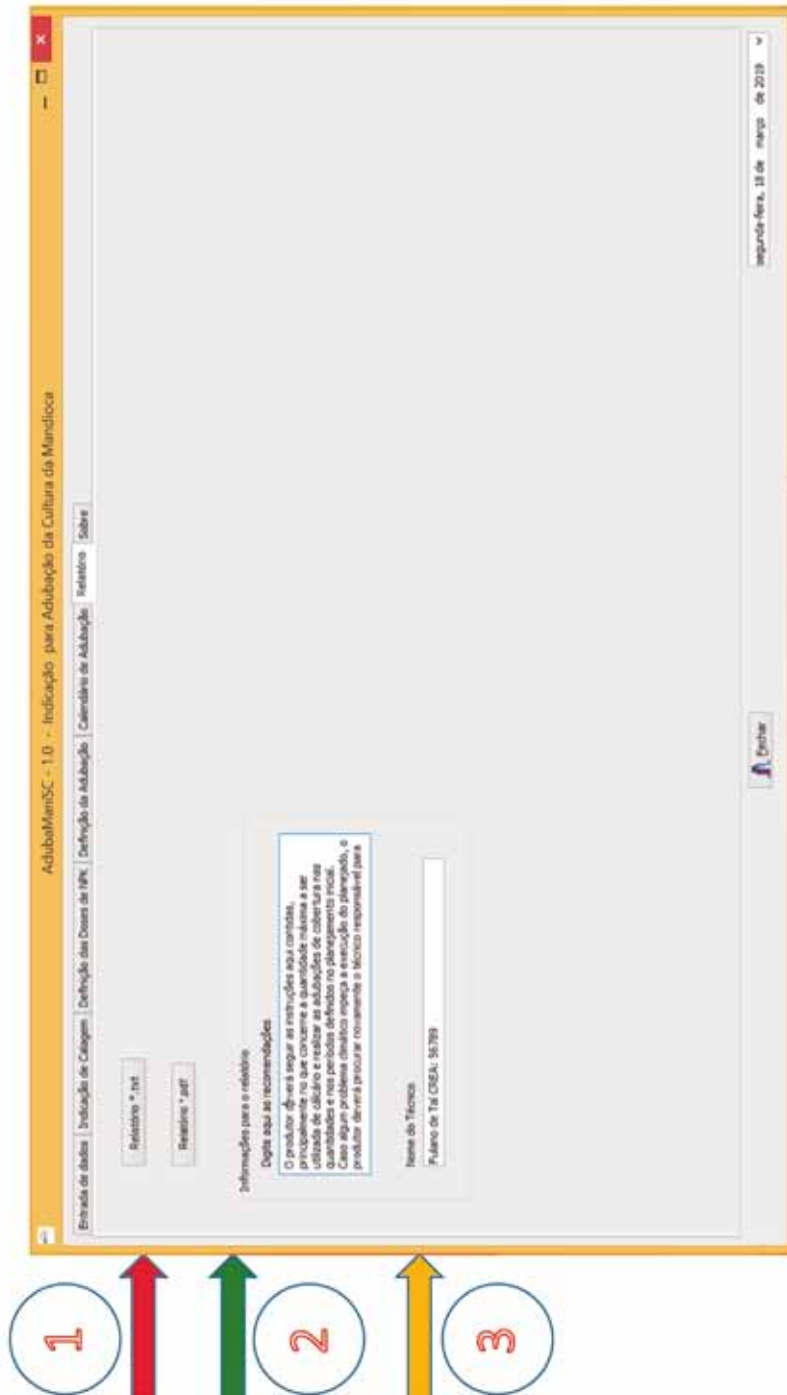


Figura 8. Tela “Relatório” do programa AdubaMani-SC

7 Sétima tela (Relatório final Impresso)

Este relatório será gerado automaticamente pelo programa e nele constarão todas as informações referentes ao manejo da fertilidade/adubação, bem como os resultados da análise de solo, que poderão ser salvas e arquivadas no acervo de informações do produtor/propriedade (Figura 9).

Após a impressão (formato “.pdf” e/ou “.txt”), o técnico responsável deverá discutir com o produtor o conteúdo gerado e depois assiná-lo no campo específico, onde consta seu nome e respectivo registro profissional.



AdubaManiSC -

Indicação de adubação para cultura da mandioca de 1 ciclo



Produtor:		CPF:							
Localidade:				Município					
Análise do solo -Lauda Nº:				Denominação:					
Argila (%)	pH	P -----mg/dm³-----	K -----mg/dm³-----	MO (%)	Al -----Cmolc/dm³-----	Ca -----Cmolc/dm³-----	Mg -----Cmolc/dm³-----	CTC	Sat. Bases (%)

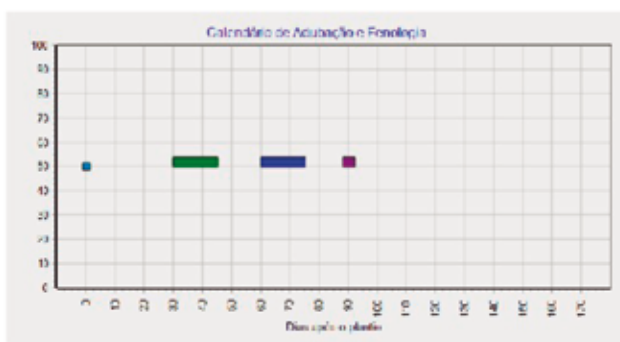
Indicação de Calagem:	t/ha	PRNT (%):	Comercial (t/ha):
------------------------------	------	------------------	--------------------------

Indicação de Adubação:		Expectativa de Rendimento (t/ha): 25		
Parcela	Época (DAE)	N (kg/ha)	P205(kg/ha)	K20 (kg/ha)
Plantio	0			
1ª	30-45			
2ª	60-75			
3ª	90			

Adubação no Plantio:

Primeira cobertura	Segunda cobertura	Terceira cobertura

Recomendações:



18/09/2019

Figura 9. Modelo de relatório final com os dados do produtor e a indicação da adubação

8 Oitava Tela (Informações sobre os técnicos responsáveis)

Contém informações e contatos dos técnicos responsáveis pelo desenvolvimento do programa, assim como as informações de versão e atualização deste (Figura 10).

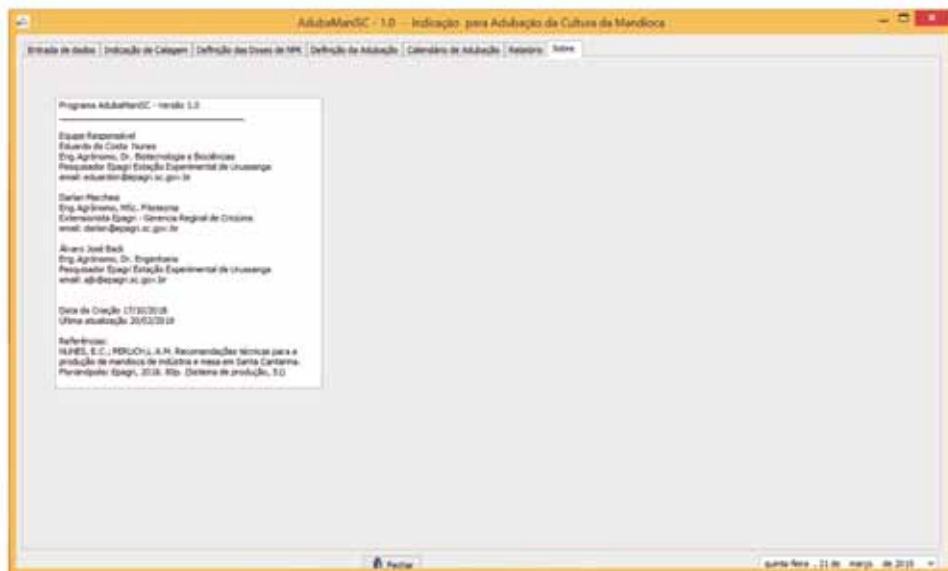


Figura 10. Tela “Sobre” do programa AdubaManí-SC

Referências

MARCHESI, D.R.; POLA, A.C.; NUNES, E.C. Manejo e tratos culturais. In: NUNES, E.C.; PERUCH, L.A.M. (Orgs.) **Recomendações técnicas para a produção de mandioca de indústria e mesa em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018. pp. 29-45. (Epagri. Sistema de produção, 51).

NUNES, E.C. Crescimento e desenvolvimento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: NUNES, E.C.; PERUCH, L.A.M. (Orgs.) **Recomendações técnicas para a produção de mandioca de indústria e mesa em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018. pp. 23-27. (Epagri. Sistema de produção, 51).

HOWELER, R.H. **Mineral nutrition and fertilization of cassava**. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Cali, Colombia. 52 p., 1981.

LORENZI, J.O.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. Campinas, Revista Científica do Instituto Agrônomo – **Bragantia**, v.40, p. 145-156, 1981.

OSPINA, B.; CEBALLOS, H. **Cassava in the Third Millennium: Modern Production, Processing, Use, and Marketing Systems**. CIAT. Cali, Colombia, 2012.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados-MS, Embrapa, 2002. (Sistema de Produção 3)

SBCS-NRS- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – NÚCLEO REGIONAL SUL. **Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. CQFSRS/ SC, 376 p., 2016.

SILVA, H. R. F.; MELO V. L.; PACHECO D. D.; ASSIS, Y. J. M.; SALES H. R. Acúmulo de matéria seca e micronutrientes em mandioca consorciada com bananeira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, GO, v. 44, n.1, p. 15-23, 2014.

SOUZA, L. da S., FIALHO, J. de F. **Cultivo da mandioca para a região do Cerrado**. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/solos.htm>. Acesso em: 28 maio 2018.

SOUZA, L. da S., SILVA, J., SOUZA, L.D. **Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca**. Cruz das Almas (BA), Embrapa, 2009. (Comunicado Técnico 133)

UARROTA, V.G.; STEFEN, D.L.V.; DE SOUZA, C.A.; MEDEIROS COELHO, C.M.; MORESCO, R.; MARASCHIN, M.; SÁNCHEZ-MORA, F.D.; DA COSTA NUNES, E.; DE OLIVEIRA NEUBERT, E.; PERUCH, L.A.M. **Advances in understanding cassava growth and development**. Burleigh Dodds Series in Agricultural Science. 1ed.Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, v.2 p. 3-35, 2017.

WEIRICH NETO, P. H.; CAIRES E. F.; JUSTINO A.; DIAS J. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 257-261, 2000.

-  www.epagri.sc.gov.br
-  www.youtube.com/epagritv
-  www.facebook.com/epagri
-  www.twitter.com/epagrioficial
-  www.instagram.com/epagri
-  <http://publicacoes.epagri.sc.gov.br>