

Estudo Prospectivo

Produção de mandioca no Brasil: o desafio do
incremento de produtividade com preservação de solos



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 224

Estudo Prospectivo

Produção de mandioca no Brasil: o desafio do
incremento de produtividade com preservação de solos

*Clóvis Oliveira de Almeida
Carlos Estevão Leite Cardoso
Laércio Duarte Souza
Márcio Carvalho Marques Porto*

Autores

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Cruz das Almas, BA
2018

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa, s/n, Caixa Postal 07,
44380-000, Cruz das Almas - Bahia
Fone: (75) 3312-8048
Fax: (75) 3312-8097
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Presidente
Francisco Ferraz Laranjeira

Secretário-Executivo
Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Membros
*Aldo Vilar Trindade, Áurea Fabiana Apolinário
Albuquerque Gerum, Clóvis Oliveira de
Almeida, Eliseth de Souza Viana, Fabiana Fumi
Cerqueira Sasaki, Leandro de Souza Rocha,
Marcela Silva Nascimento, Tullio Raphael
Pereira de Pádua*

Supervisão editorial
Francisco Ferraz Laranjeira

Revisão de texto
Adriana Villar Tullio Marinho

Normalização bibliográfica
Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Tratamento das ilustrações
Anapaula Rosário Lopes

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Anapaula Rosário Lopes

Foto da capa
Rudiney Ringenberg

1ª edição
On-line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Estudo prospectivo – produção de mandioca no Brasil: o desafio do incremento
de produtividade com preservação de solos / Clóvis Oliveira de Almeida.... [et.
al.]. – Cruz das Almas, BA : Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018

36 p. il. ; 21 cm. - (Documentos/ Embrapa Mandioca e Fruticultura, 224).

ISSN 1809-4996, 38.

1. Mandioca. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Almeida, Clóvis Oliveira de.
II. Cardoso, Carlos Estevão Leite. III. Souza, Laércio Duarte. IV. Porto, Márcio
Carvalho Marques. V. Título. VI. Série.

CDD 633.82

© Embrapa, 2018

Autores

Clóvis Oliveira de Almeida

Engenheiro-agronômo, doutor em Ciências/Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Carlos Estevão Leite Cardoso

Engenheiro-agronômo, doutor em Ciências/Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Laercio Duarte Souza

Engenheiro-agronômo, doutor em Solos/Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Márcio Carvalho Marques Porto

Engenheiro-agronômo, Phd em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Apresentação

A cultura da mandioca é de importância especial para a mesa do brasileiro, por características que a diferenciam de outras culturas alimentares produzidas e/ou consumidas no país. Nos últimos anos tem demonstrado que é também de importância para a indústria, aproveitando-se das características particulares do seu amido, (ou fécula) nas preferências nutricionais modernas, especialmente aquelas relacionadas ao consumo de glúten pela sociedade.

O Brasil tem, por motivos mencionados nesta publicação, reduzido a sua posição para o quarto produtor de mandioca, perdendo espaço, sucessivamente, para a Nigéria, Tailândia e Indonésia. Esta redução não é somente decorrente de mudanças nos hábitos nutricionais da população, mas também de decréscimos na produtividade de raízes, especialmente na Região Nordeste, que tem apresentado sucessivas quedas de rendimento médio, estando agora abaixo das dez toneladas por hectare.

A alta produtividade observada no Sul do país mostra que, com o uso de algumas tecnologias adequadas, o rendimento pode perfeitamente alcançar-se à casa das 20 toneladas médias por hectare, como nos dias atuais. O Documento aborda fatores que podem influir na discrepância entre as duas regiões, entre eles aqueles relacionados com o manejo e conservação dos solos (apesar de ser este também um problema no Centro Sul), que merece as considerações técnicas discutidas nesta publicação.

Aponta também oportunidades para a cultura, como a geração e uso de tecnologias já existentes e para os desafios aos avanços científico, tecnológico e de inovação na cadeia produtiva de mandioca no Brasil, indicando que é possível obter um incremento significativo da produtividade nacional,

respeitando-se o meio ambiente e beneficiando produtores, industriais e consumidores.

Enfim, esperamos que o documento seja útil para aqueles que buscam os conhecimentos gerados e/ou analisado por nossa equipe técnica, e que seja uma contribuição para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, objeto final de nossa atuação.

Alberto Duarte Vilarinhos

Chefe-geral da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Sumário

Resumo	9
Importância da mandioca no Brasil e no Mundo	10
Manejo do solo na cultura da mandioca no Brasil	12
Desempenho e perspectivas da produção de mandioca no Brasil	19
Oportunidades e desafios para os avanços científico, tecnológico e de inovação na cadeia produtiva de mandioca no Brasil	26
Referências	33

Resumo

Este documento trata de um dos principais problemas associados ao cultivo da mandioca no Brasil: o conflito entre a necessidade de ganhos de produtividade com preservação de solos, mediante uma estrutura produtiva e organizacional da produção pouco favorável às mudanças tecnológicas e ao desenvolvimento da cadeia produtiva. Embora o Brasil figure entre os cinco principais produtores mundiais de mandioca, em 2014 ocupou apenas a 31ª posição em produtividade, situando-se atrás de países com menor tradição em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Agrícola. Mas, em três das grandes regiões produtoras de mandioca no País (Sul, Sudeste e Centro-Oeste), as produtividades médias são comparáveis às obtidas na Tailândia e na Indonésia, que são, respectivamente, o segundo e o terceiro maiores produtores mundiais de mandioca. A produtividade média da mandioca no Brasil, além de muito baixa para os padrões atuais do estoque de tecnologias disponíveis, também apresentou uma evolução igualmente baixa nos últimos 50 anos. A superação desse desafio passa por uma mudança na estrutura produtiva e organizacional da produção, de modo a tornar a atividade mais atrativa, com vistas a motivar a permanência e a entrada no setor de empreendedores adeptos ao processo de adoção de novas tecnologias. Esses mesmos empreendedores atuariam, ao mesmo tempo, como agentes promotores e beneficiadores dessa mudança, mas não seriam os únicos, uma vez que as mudanças na estrutura produtiva e organizacional da produção também dependem de outros fatores que extrapolam os limites da unidade produtiva, casos de exemplos são as condições climáticas da região produtora, a disponibilidade e o acesso aos recursos naturais e financeiros, as tecnologias disponíveis, o preço das terras e dos insumos, a política de crédito, o grau de organização dos produtores e a capacidade empreendedora do agricultor. Por fim, este documento também aborda as principais oportunidades e os desafios para o avanço científico, tecnológico e de inovação da cadeia produtiva da mandioca no Brasil.

Palavras-chaves: *Manihot esculenta*, desempenho agrícola, sustentabilidade.

Importância da mandioca no Brasil e no Mundo

A mandioca tem um papel estratégico como base alimentar para uma parcela considerável da população mundial, especialmente em áreas de insegurança alimentar localizadas nos países africanos e no Semiárido da região Nordeste do Brasil. De acordo com Alexandratos; Bruinsma (2012), aproximadamente 34% da produção mundial de raiz de mandioca tem como destino a alimentação humana, número superior a outras raízes e tubérculos, tais como batatas (11%) e batata doce (30%). Ainda de acordo com a mesma fonte, uma pequena parcela de países (ou um grupo deles) responde pela maior parte desse consumo. Os principais países que destinam a mandioca para a alimentação humana são Nigéria e Brasil, com aproximadamente 50% da produção (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012).

Nas projeções da FAO, a mandioca ainda vai continuar a representar um papel importante na parcela do consumo alimentar dos países que têm uma forte dependência dessa raiz na dieta e apresentam baixo nível de consumo de outros alimentos. Dois fatores operariam a favor desse aumento esperado de consumo e, conseqüentemente, de sua importância relativa na alimentação humana: a elasticidade-renda da demanda positiva nos países da África subsaariana e o aumento esperado de produtividade, a exemplo do que vem ocorrendo em outros países dessa mesma região (Benin, Gana e Malawi), em que o aumento de produtividade da mandioca conduziu (certamente devido à redução dos preços) ao aumento da demanda por raízes (NWEKE, 2004; BABALEYE, 2005, *apud* ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012). Além da importância da mandioca na alimentação humana, também vem crescendo, em alguns países, a utilização da mesma para outros fins, a exemplo da alimentação animal e dos biocombustíveis. A utilização da mandioca para alimentação animal está sujeita ao comportamento dos preços relativos dos cereais versus da raiz. Na União Europeia, a utilização para este fim foi especialmente expressiva no ano de 1990, quando atingiu o volume máximo de cerca de 25 milhões de toneladas (equivalente fresco), motivado por uma relação de preços cereais/mandioca desfavorável aos preços dos cereais (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012). Mas, no período de 2005/2007, as importações de mandioca da União

Europeia diminuíram para apenas dois milhões de toneladas, em resposta a mudanças favoráveis aos cereais na mesma relação de preços.

O potencial de crescimento da demanda de mandioca para uso não alimentar também é favorável, especialmente para a produção de biocombustíveis. Nessa direção, destacam-se a China, na condição de grande importador mundial, e a Tailândia, na posição de grande produtor e exportador. Nas projeções da OCDE/FAO, considerando um cenário com oferta limitada de biocombustíveis, a utilização da mandioca para fins de produção de biocombustível deve aumentar de um milhão de toneladas, número registrado em 2005, para oito milhões de toneladas em 2019, mantendo-se nesse patamar até os anos de 2030 e 2050 (JANSSON et al, 2009; ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012; OCDE;FAO, 2016).

No Brasil, a perspectiva de crescimento da demanda de produtos da mandioca depende essencialmente do tipo de produto. A elasticidade-renda da demanda de farinha, um dos principais produtos (em volume) derivados da mandioca, é positiva apenas na classe de recebimento de até três salários mínimos, e negativa acima desse valor. Ou seja, qualquer aumento de renda para as famílias que recebem acima de três salários mínimos implica redução de consumo de farinha de mandioca (HOFFMANN, 2000; ALMEIDA; LEDO, 2004). Portanto, trata-se de um bem com baixas perspectivas de crescimento da demanda em longo prazo. A perspectiva de crescimento da demanda deve partir de outros produtos derivados da mandioca (a exemplo da fécula e dos chips) e da inserção mais ativa do país no mercado internacional desses mesmos produtos, na condição de exportador. Mas, para tanto, o Brasil ainda precisa superar alguns entraves que ocorrem no setor produtivo. Atualmente o setor é voltado quase que exclusivamente ao mercado interno e, em virtude disso, apresenta baixo índice de exposição aos padrões de concorrência internacional na produção de mandioca e de seus derivados. Embora seja um grande produtor mundial de mandioca, o Brasil ainda é um importador de amido de mandioca e de mandioca seca, e apenas um exportador marginal desses mesmos produtos. A superação dessa situação antagônica passa, necessariamente, pela mudança tecnológica e pelo uso eficiente dos fatores de produção; a sustentabilidade da produção em um novo patamar de desempenho, também depende do uso sustentável dos recursos naturais, principalmente do solo.

Este documento tem por objetivo avaliar os fatores condicionantes do conflito existente entre a necessidade de ganhos de produtividade e a preservação de solo no cultivo da mandioca no Brasil. O texto está organizado em quatro seções, incluindo esta Introdução. A seção 2 traz uma abordagem sobre o manejo de solos cultivados com mandioca no Brasil. A seção 3, por sua vez, trata do desempenho e das perspectivas de crescimento da produção de mandioca no país. Finalmente, a seção 4 apresenta as principais oportunidades e desafios para o avanço científico, tecnológico e de inovação da cadeia produtiva da mandioca no Brasil.

Manejo do solo na cultura da mandioca no Brasil

A mandioca é uma cultura capaz de sobreviver em solos ácidos e com baixo teor de nutrientes, sob temperaturas elevadas e ocorrência de períodos secos (EL-SHARKAWY, 2014). Mesmo em condições precárias, pode alcançar a produtividade de raízes de 14 t/ha, como ocorre no Semiárido do Nordeste e Região Norte do Brasil, onde o cultivo é realizado por pequenos produtores que raramente utilizam adubos químicos, mas aplicam adubos orgânicos com periodicidade e quantidade incerta; e utilizam material de plantio de baixa qualidade.

A produção economicamente aceitável em solos com baixo teor de nutrientes e utilizando poucos insumos, gerou a crença de que a cultura é resistente e ou tolerante a uma série de problemas abióticos. No entanto, a realidade tem contrariado parte desse cenário, pois o manejo tanto do solo quanto da planta tem sido inadequado ao longo de décadas e tem ampliado a degradação do agroambiente e ameaçado a sustentabilidade da cultura (REYNOLDS et al., 2015).

O plantio, que necessita ser realizado no início do período de chuvas, é acompanhado de uma série de práticas incorretas quando o solo é revirado para colocar a maniva; seguido do lento desenvolvimento da planta que demora a cobrir a área e deixa o solo exposto à chuva durante meses. Na colheita, no início das chuvas do ano seguinte, ocorre um novo revolvimento do solo. O sistema de monocultura é predominante e tem como uma das consequências a retirada de grandes quantidades de carbono e nutrientes do solo. Em resumo,

adota-se uma sequência de práticas que compacta o solo, lixivia nutrientes e dificulta as atividades da biota no solo, inviabilizando o sistema de produção após alguns ciclos (VALENTIN et al., 2008; WADDINGTON et al., 2010; REYNOLDS et al., 2015).

A adição de matéria orgânica (MO) e a manutenção ativa da biologia do solo no cultivo da mandioca é fundamental, pois grande parte da sua capacidade de adsorver nutrientes em solos esgotados se deve à simbiose com micorrizas, como a *P-scavenging mycorrhizae*, para adsorver o fósforo (Howeler et al., 1982); assim como as bactérias diazotróficas *Klebsiella* sp. e *Azospirillum lipoferum* no solo da rizosfera, nas raízes absorventes e nas raízes tuberosas, para absorver nitrogênio (N), o que aumenta a altura das plantas, a produção de raízes e o teor de N no solo (BALOTA et al.; 1995; BALOTA et al., 1999).

No Brasil, existem 13 classes de solos, com a predominância dos Latossolos (32%), Argissolos (24%) e Neossolos (13%), que somam 69% do território nacional e são caracterizadas pela elevada acidez, baixa soma de bases e capacidade de troca catiônica (FIDALGO, et al., 2007). O que significa que praticamente 70% dos solos do Brasil demandam grandes quantidades de corretivos (calcários) e de nutrientes (adubos) para satisfazer as necessidades das plantas.

O calcário é um insumo essencial para aumentar a eficiência da adubação e a produtividade das plantas, pois aumenta o pH, a soma de bases, a capacidade de troca catiônica e o teor de fósforo extraível e diminui o teor de alumínio. Quando aplicado em solos degradados e de acidez elevada, onde predominam cargas variáveis, o calcário pode provocar a dispersão das argilas e compactar o solo. Nesses casos, a sua aplicação deve ser em doses mínimas e acompanhadas de fontes orgânicas (Prado, 2003). No Brasil, o calcário é abundante e as estimativas de fornecimento das reservas, em minas a céu aberto, são de 400 anos nos níveis de consumo atuais (BRASIL, 2010).

Em relação às exigências nutricionais, comparando a produção de matéria seca (MS) colhida e o consumo de nutrientes pela mandioca em relação a culturas exigentes quanto à adubação (Tabela 1), observa-se que, considerando apenas as raízes, a mandioca produziu o segundo maior volume de MS, perdendo apenas para a cana-de-açúcar. Em relação à quantidade de nutrientes extraídos do solo, o nitrogênio (N) e o fósforo (P)

foram similares aos demais cultivos que produziram menor volume de MS; no entanto, em relação ao potássio (K), a remoção foi semelhante à da cana de açúcar e muito maior do que a dos demais cultivos. A eficiência no uso de cada nutriente - kg de nutrientes adsorvido por tonelada de MS produzida - para a produção de raízes na mandioca, é maior para o P, seguido do N, ficando a menor eficiência para o K (HOWELER, 1991).

Ou seja, o K é o nutriente consumido em maior quantidade e com a menor taxa de produção de MS para a mandioca; além de ser o adubo com maior risco de disponibilidade no mercado devido à sua alta dependência externa, já que o Brasil importa cerca de 80% do K que consome (ASSOCIAÇÃO, 2017).

Tabela 1. Média da produtividade, remoção de nutrientes do solo e peso de nutrientes por peso de matéria seca produzida pela mandioca em relação a outras culturas.

Cultura	Matéria seca		Nutrientes removidos			Nutriente / MS		
	t/ha		kg / ha			kg / t MS		
	fresco	seco*	N	P	K	N	P	K
Mandioca/raízes	35,7	13,53	55	13,2	112	4,5	0,83	6,6
Milho/grãos	6,5	5,56	96	17,4	26	17,3	3,13	4,7
Arroz/grãos	4,6	3,97	60	7,5	13	17,1	2,40	4,1
Trigo/grãos	2,7	2,32	56	12,0	13	24,1	5,17	5,6
Soja/grãos	1,0	0,86	60	15,3	67	69,8	17,8	77,9
Cana-de-açúcar/hastes	75,2	19,55	43	20,2	96	2,3	0,91	4,4

Fonte: Howeler, 1991.

* Fator de conversão: mandioca - 38% de matéria seca (MS); grãos - 86%; e cana-de-açúcar - 26%.

A colheita das raízes, hastes e folhas da mandioca (Tabela 2) promove a remoção de uma considerável quantidade de nutrientes do solo. Na colheita das raízes, com ou sem adubação, os nutrientes N e K são extraídos em quantidades consideradas elevadas, enquanto para o P, Ca e Mg são relativamente baixas. No entanto, quando incluídas a colheita das hastes e das folhas, mesmo sem a utilização da adubação, a remoção dos nutrientes N, P e K praticamente triplicam em relação à colheita apenas das raízes,

enquanto a quantidade de Ca extraído aumenta dez vezes e a de Mg cinco vezes. Se houver adubação e a colheita de raízes, hastes e folhas, as quantidades totais de N, P e K removidas aumentam cerca de duas vezes em relação à colheita apenas das raízes, e cerca de três vezes em relação à colheita de raízes, hastes e folhas no cultivo sem adubação, o que é um nível muito elevado de extração de nutrientes do solo se comparado com qualquer outro cultivo comercial.

Tabela 2. Média do conteúdo de matéria seca e nutrientes extraídos nas raízes, hastes e folhas de duas variedades de mandioca (Riqueza e Branca de Santa Catarina), com e sem aplicação de fertilizantes, em Curvelo, MG.

Parte da planta	Matéria seca t / ha	kg / ha				
		N	P	K	Ca	Mg
Sem adubo						
Raízes	4.409	51	2,1	20	6	3
Hastes	3.034	48	1,8	16	39	8
Folhas	1.139	45	2,1	14	19	3
Soma	8.582	144	6,0	50	64	14
Com adubo						
Raízes	11.440	130	9,3	80	15	12
Hastes	7.164	119	6,7	43	81	15
Folhas	1.537	91	6,5	13	13	6
Soma	20.141	340	22,5	136	109	33

Fonte: Paula M.B. de, et al., 1983.

Em síntese, a mandioca é capaz de absorver nutrientes em solos onde os teores são baixos, devido a simbioses com micorrizas (P) e bactérias diazotróficas (N), o que exige a adição periódica de MO ao solo. O consumo de nutrientes para a produção de raízes ocorre em quantidade semelhante à dos cultivos mais exigentes, mas produz maior quantidade de MS, sendo essa produção muito eficiente na utilização dos nutrientes P e N, mas ineficiente em relação ao K (HOWELER, 1991). Entretanto, se as folhas e as hastes também são removidas do campo, o que ocorre na maioria dos plantios, a quantidade de nutrientes exportadas é muito alta em comparação com qualquer cultura.

Esse tipo de colheita, que remove da área tudo o que a planta produziu, deve ser evitada, pois trata-se da execução cotidiana e inevitável do esgotamento nutricional do solo, a mais grave ameaça à manutenção dos sistemas de produção da mandioca (HOWELER, 2001).

O desperdício de nutrientes também é relevante nos solos tropicais, onde 50% das perdas agrícolas de adubos ocorrem em solos que foram deixados sem cobertura vegetal no período de chuvas, sendo outros 33% devido a práticas conservacionistas incorretas (ISHERWOOD, 2000). Em ambos os casos, a erosão é o agente que executa o arraste dos nutrientes. A erosão do solo é a maior ameaça à sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola em termos mundiais. No período entre 1955 e 1995, a erosão tornou improdutivo um terço das terras aráveis do planeta, mas as perdas ainda continuam em uma taxa de 10 milhões de hectares por ano (PIMENTEL et al., 1995).

O uso do consórcio e da rotação entre plantas pode oferecer soluções para alguns dos mais graves problemas da agricultura atual, principalmente para a erosão (KREMEN; MILES, 2012). As vantagens das rotações e dos consórcios entre plantas são conhecidas por preservar a sustentabilidade do sistema de produção, pois aumentam a velocidade de infiltração da água no solo e do seu armazenamento; reduzem a erosão; aumentam o sequestro de carbono; e equilibram as relações entre plantas, insetos e pragas (POWLSON et al., 2011).

Essas práticas são aplicáveis à maioria das zonas produtoras de mandioca no Brasil, inclusive as regiões Sul e parte da Centro-Oeste, que apresentam as maiores produtividades em nível nacional. Tais regiões produzem principalmente aipim em pequenas áreas e amido para agroindústria em grandes áreas, em sistema de terras arrendadas sobre solos arenosos com uso intensivo de insumos (adubos, herbicidas e praguicidas) e mecanização. Mas, certamente, enfrentarão muitas resistências para fazer consórcio, pois o objetivo é a fécula, assim como na adoção de práticas conservacionistas, pois, na maioria das vezes, o produtor não é o dono da área.

Os sistemas de plantio de mandioca, em fileiras-duplas ou simples, em consórcio com leguminosa (feijão) e com gramínea (milho), obtiveram os maiores valores para uso eficiente da terra (UET) – o que significa que foram mais produtivos – em relação aos cultivos da mandioca, do milho e do feijão em sistema de monocultura, ou seja, a melhoria da produtividade por área

é óbvia, o que é uma excelente razão para a prática ser adotada (Tabela 3). No entanto, há que se registrar a falta de informações sobre pesquisas relacionadas com melhorias no controle da erosão em plantio consorciado, fato que é fácil de ser observado em campo. Delaquis et al. (2018), em ampla revisão dos sistemas de plantio da mandioca em rotação de culturas e em consórcios, encontraram poucas ou quase nenhuma pesquisa relacionada às melhorias ambientais, pois o enfoque predominante é a produtividade, com poucos resultados pesquisados quanto aos benefícios ao ecossistema, como a redução no controle de plantas espontâneas e a diminuição da erosão.

Tabela 3. Rendimento médio de raízes de mandioca, grãos de feijão e milho, e uso eficiente da terra (UET) em associações de cultivos.

Tratamentos	Raízes de mandioca (t/ha)	Grãos (t/ha)		UET
		Feijão	Milho	
2,00 x 0,50 x 0,50 m	29,71 b	-	-	1
2,00 x 0,60 x 0,60 m	35,23 a	-	-	1
1,00 x 0,60 m	28,40 b	-	-	1
Feijão	-	1,28 a	-	1
Milho	-	-	2,68 a	1
2,00 x 0,50 x 0,50 m (feijão + milho)	29,17 b	1,10 a	1,52 c	2,41
2,00 x 0,60 x 0,60 m (feijão + milho)	34,05 a	1,19 a	1,87 b	2,60
1,00 x 0,60 m (feijão + milho)	20,87 c	0,64 b	0,53 d	1,43

Fonte: Mattos et al., 1996 e .UET: Uso Eficiente da Terra (Liebman e Elizabeth, 1993).

A adição da MO ao solo e a sua decomposição até as substâncias húmicas ocorre com a participação de uma ampla fauna, que é favorecida por coberturas vegetais estabelecidas por maior período de tempo no solo, as quais criam condições mais adequadas às atividades de microrganismos (HOWELER, et al., 2000). Nos cultivos de ciclo curto, anual e bianual, como é o caso da mandioca, não se observa o aumento do estoque de nutrientes ou de C no solo. O que é atribuído ao fato dos cultivos permanecerem no solo por um período menor do que três anos, quando os resultados ainda são incipientes; as metodologias de análises dos nutrientes no solo também deixam lacunas; e as diversas práticas empíricas para incorporar os resíduos

a este são fatores que dificultam a obtenção de resultados comparáveis (POWLSON et al., 2011).

Outro aspecto é que a adição de MO aos solos sob clima tropical sofre intensa oxidação e sequestra apenas 10 a 20% do C contido no material, resultando no final do processo em cerca de 1% do C original na forma de substâncias húmicas (LEHMANN et al., 2006). O húmus é fundamental para estabilizar a estrutura e a capacidade de troca catiônica dos solos tropicais, mas tem uma relação C/N igual a 10, um valor difícil de alcançar e de manter no solo. Para aumentar a taxa de resgate do C no solo, é necessária a adição da palhada, mas, para chegar às substâncias mais estáveis, como o húmus, também há necessidade de adicionar N ao solo para a relação C/N ficar próxima de 10 (PARRAS, et al., 2013). Esses problemas estão sendo encaminhados para resoluções adequadas (plantio direto, fixação biológica de N e cultivos integrados, entre outros) e as perspectivas são de aumento do resgate do C ao solo, inclusive por necessidades climáticas. Lal (2010) enfatiza a necessidade de resolver esses problemas ao afirmar que: quando os resíduos orgânicos são sistematicamente removidos da área onde foram produzidos, o esgotamento de nutrientes e a degradação do solo evoluem de forma inexorável.

Enfim, a seguir, é apresentada uma síntese das principais recomendações relacionadas ao bom manejo do solo com mandioca no Brasil:

- a) O sistema de produção de mandioca, para poder suprir as suas necessidades nutricionais, deve considerar a área com outras espécies de plantas, a fim de incorporar nutrientes e evitar a erosão do solo, sendo o plantio em consórcio uma prática de adoção inquestionável para esse fim, inclusive para corrigir a aplicação de corretivos e adubos em solo exposto ao sol e à chuva, onde grande parte dos nutrientes é arrastado ou percolado pelas águas, o que carece de algum sentido.
- b) As tecnologias com as melhores avaliações quanto à produtividade e à eficiência do uso do solo no cultivo da mandioca são a qualidade do material de plantio e os sistemas de cultivo em rotação e em consórcio, apesar do vazio quanto a informações que comprovariam as contribuições desses sistemas para a melhoria e a preservação do agroambiente, como o controle da erosão, a diminuição de capinas e o aumento das atividades biológicas no solo.

- c) As aplicações de adubos químicos devem ser realizadas segundo o recomendado nas análises do solo e, na medida da disponibilidade, substituídas parcial ou totalmente por alternativas como a fixação biológica de N, o uso de rochas fosfatadas moídas, compostagens e misturas organo-minerais para aumentar a eficiência da aplicação, diminuir os custos e as perdas de nutrientes por excesso de solubilidade.
- d) Nos sistemas de produção de mandioca, os níveis de devolução de carbono (MO) e de nutrientes ao solo devem ser expressivamente maiores do que o praticado atualmente, para evitar o esgotamento da estrutura e dos nutrientes do solo; sendo as fontes de MO recomendadas; os adubos verdes plantados em consórcio, com a deposição na superfície ou incorporação de restos culturais; e, se houver disponibilidade, resíduos orgânicos industriais, esterco e carvão vegetal, entre outros.

Desempenho e perspectivas da produção de mandioca no Brasil

A baixa produtividade da mandioca no Brasil constitui um dos principais entraves à competitividade e à inserção do país no mercado internacional do produto. Na Tabela 4, pode ser observado que, em 2014, o Brasil estava entre os cinco maiores produtores de mandioca do mundo, mas ocupava apenas a 31ª posição em rendimento físico; estando apenas a 0,51 desvio padrão (ou 3,52 toneladas/ha) acima da média das produtividades médias dos países produtores de mandioca em 2014, que foi de aproximadamente 11,31 t/ha. Entretanto, em três das cinco grandes regiões produtoras de mandioca no país (Sul, Sudeste e Centro-Oeste), o rendimento obtido nos últimos anos ficou bem acima da média mundial, tendo a região Sul alcançado índices de produtividade equivalentes aos obtidos na Tailândia e na Indonésia.

Entre os maiores produtores mundiais de mandioca, a Indonésia apresentou o maior rendimento médio em 2014 (aproximadamente igual a 23,35 t/ha): 1,74 desvios padrões acima da média (Tabela 4). A Índia, que ocupava a 8ª posição em produção naquele ano e que vem registrando, há décadas, os maiores índices de rendimento, alcançaram 35,65 t/ha (ou 3,51 desvios padrões acima da média das produtividades de 2014).

Historicamente, a evolução do rendimento físico da mandioca no mundo, calculada com base na taxa anual de crescimento, tem sido muito baixa, principalmente em três dos mais importantes países produtores: Nigéria (0,12%), Tailândia (0,65%) e Brasil (0,05%). No período de 1961 a 2014, apenas a Indonésia (2,07%) e Gana (1,58%), que estão na lista dos atuais cinco maiores produtores mundiais de mandioca, apresentaram taxa média anual de crescimento superior a 1% (Tabela 4). Quando se comparam as médias quinquenais das produtividades dos maiores produtores mundiais de mandioca, constata-se que as produtividades na Tailândia e no Brasil continuaram praticamente estabilizadas em torno de 21 e 14 t/ha, respectivamente; enquanto a Nigéria registrou uma redução de 11,55 para 9,23t/ha (Tabela 5). A Indonésia e Gana mantiveram-se como os únicos casos, da relação dos cinco maiores produtores mundiais de mandioca de 2014 que registraram ganhos consideráveis de produtividade (Tabela 5).

Tabela 4. Principais países produtores de mandioca, produtividade média, posições relativas em produção e produtividade e escore padrão (em 2014, e taxa geométrica de crescimento da produtividade (no período 1961 a 2014).

País	Produtividade média (t/ha)	Posição em produção	Posição em produtividade	Escore padrão ¹	Taxa de crescimento ² (%)
Nigéria	7,72	10	660W	-0,52	0,12
Tailândia	22,26	20	100	1,58	0,65
Indonésia	23,35	30	60	1,74	2,07
Brasil	14,83	40	310	0,51	0,05
Gana	18,59	50	130	1,05	1,58
República Democ. do Congo	8,10	60	600	-0,46	0,48
Camboja	25,24	70	50	2,01	1,00
Índia	35,65	80	10	3,51	2,47
Angola	10,11	90	470	-0,17	3,03
Moçambique	6,09	100	780	-0,75	1,09
Malawi	22,50	110	90	1,61	2,21

Fonte: Cálculo dos autores com base nos dados básicos da FAO (2017).

¹ Representa o número de desvios padrões acima ou abaixo da média das produtividades médias dos países produtores de mandioca em 2014.

² Valor calculado pelo método da regressão.

Tabela 5. Médias quinquenais das produtividades de mandioca dos principais produtores mundiais: 2005 a 2009 e 2010 a 2014.

País	Período	
	Média (2005 a 2009) t/ha	Média (2010 a 2014) t/ha
Nigéria	11,55	9,23
Tailândia	21,03	20,82
Indonésia	17,14	21,55
Brasil	13,93	14,22
Gana	13,01	17,01
República Democrática do Congo	8,09	8,11
Camboja	20,66	22,80
Índia	32,54	36,09
Angola	13,00	12,62
Moçambique	4,89	6,51
Malawi	17,95	21,93

Fonte: Cálculo dos autores com base nos dados básicos da FAO (2017).

Nas grandes regiões brasileiras, a situação não é diferente: apenas a Sudeste registrou crescimento positivo do rendimento físico da mandioca maior que 1% ao ano no período de 1990 a 2015; nas demais regiões, a taxa de crescimento ou está um pouco abaixo de 1%, ou é negativa (Tabela 6). Nesse mesmo período, a taxa média anual de crescimento do rendimento físico da mandioca no país (0,75%), embora tenha crescido, continuou abaixo de 1%. A posição relativa em produção e produtividade de mandioca nas grandes regiões do Brasil, em 2015, evidencia que a região Nordeste, que já foi a primeira produtora de mandioca do país, passou à 3ª posição (Tabela 6). A mudança relativa de posição da região Nordeste foi influenciada pela redução na área (plantada e colhida) e no rendimento, especialmente em decorrência da severa estiagem que incide na região de forma contínua desde 2012, já identificada como a maior estiagem do último século (Tabelas 6 e 7). Mas a região foi ultrapassada, principalmente, porque ocorreu simultaneamente na região Norte, que passou à primeira posição nesse mesmo período, o movimento oposto: incremento de área, em especial, e de produtividade. A região Sul, que ocupa a segunda

posição em produção e tem os maiores índices de produtividade da mandioca no país, registrou ganhos de produtividade próximos a 1% no período.

Isso deixa evidente que as condições adversas do clima, a exemplo das secas severas que ocorrem com maior frequência na região Nordeste, podem influenciar de forma direta a evolução da área plantada e da produtividade, e tanto maior será essa influência quanto menor forem a dotação tecnológica e a disponibilidade de fontes permanentes de água para uso na irrigação.

Tabela 6. Produtividade média, posições relativas em produção e produtividade de mandioca nas grandes regiões brasileiras (em 2015) e taxas geométricas de crescimento da área colhida e da produtividade (no período 1990 a 2015).

Grande região	Produtividade média (t/ha)	Posição em produção	Posição em produtividade	Taxa de crescimento da área (%) ¹	Taxa de crescimento da produtividade (%) ¹
Norte	16,31	1 ^o	4 ^o	1,71	0,82
Nordeste	9,54	3 ^o	5 ^o	-1,53	-0,14
Sudeste	17,94	4 ^o	3 ^o	-0,03	1,05
Sul	23,85	2 ^o	1 ^o	-0,45	0,94
Centro-Oeste	19,60	5 ^o	2 ^o	0,92	0,67

Fonte: Cálculo dos autores com base nos dados básicos do IBGE (2017).

¹ Valor calculado pelo método da regressão.

Tabela 7. Médias quinquenais das produtividades de mandioca nas grandes regiões fisiográficas do Brasil: 2006 a 2010 e 2011 a 2015.

Grande região	Período	
	Média (2006 a 2010) t/ha	Média (2011 a 2015) t/ha
Norte	15,21	15,54
Nordeste	10,48	9,34
Sudeste	18,20	18,25
Sul	20,19	21,82
Centro-Oeste	16,31	18,36

Fonte: Cálculo dos autores com base nos dados básicos do IBGE (2017).

Em longo prazo, outro importante problema está associada à evolução da produtividade da mandioca no Brasil. A mandioca, em decorrência da forma como é cultivada, é uma cultura esgotadora de solos e apresenta um balanço negativo maior de macro e micronutrientes que o verificado em muitas outras lavouras, uma vez que praticamente pouco ou nenhum resíduo da produção é devolvido ao solo. Isso exige, ao longo do tempo, maiores cuidados para manter o teor de nutrientes deste e evitar o declínio natural da produtividade da terra, seja por meio de práticas conservacionistas e/ou de reposição química dos nutrientes extraídos pela lavoura. Mas isso depende essencialmente da estrutura produtiva e organizacional em que a mandioca é cultivada no país. No Paraná, polo de produção mais dinâmico do Brasil, o cultivo da mandioca ocorre em terras arrendadas ou em áreas cedidas a meeiros, o que pode resultar em menor preocupação/comprometimento com a preservação ambiental, principalmente dos solos, embora se trate de produtores mais organizados. Na região Nordeste, que até 2011 era a maior produtora de mandioca do país, a maior parte da produção ocorre em solos onde o teor de nutrientes varia de médio a alto, mas que se encontram sob condições de clima semiárido (Almeida et. al., 2015), ou em áreas de clima com maior pluviosidade, como os Tabuleiros Costeiros ou o Cerrado, onde os solos apresentam baixo teor de nutrientes. No Nordeste, o cultivo da mandioca ainda é realizado por pequenos produtores rurais, que respondem por aproximadamente 94% da produção, sendo, de uma forma geral, descapitalizados e com baixo grau de organização (Guanziroli et. al., 2014). Esse conjunto de fatores dificulta ou inibe a adoção de tecnologias de reposição de nutrientes ao solo; conseqüentemente, a plena resposta de variedades melhoradas ao seu potencial genético produtivo, dificultando também a adoção de outras tecnologias que elevam a produtividade da terra (tecnologias químicas e biológicas) e do trabalho (tecnologias mecânicas). O baixo grau de organização da cadeia dificulta ainda a adoção de tecnologias pelo mecanismo da inovação induzida de Hayami e Ruttan (1988), uma vez que os agricultores menos organizados exercem menor poder de pressão sobre as empresas públicas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

Nas estimativas de Guanziroli et. al., (2014), com base no censo de 2006, a participação dos estabelecimentos familiares na produção de mandioca no Brasil era de aproximadamente 88%. A incidência de importantes pragas e doenças de difícil controle ocorrendo nas principais regiões produtoras de

mandioca no país, associada ao baixo padrão tecnológico e à estrutura produtiva e organizacional vigentes na região Nordeste, potencializam o impacto negativo sobre a evolução da produtividade da mandioca no Brasil. Somam-se a essa estrutura de produção, o pouco interesse empresarial pela cultura, em virtude, especialmente, do baixo potencial de mecanização e da baixa disponibilidade de mudas e de variedades de alto potencial produtivo e com arquitetura adequada para a colheita mecânica. Recentemente, em algumas regiões do país, o entrave no setor de produção de mudas começou a ser resolvido com a produção em larga escala de mudas micropropagadas, o que permite aumentar a quantidade de mudas geradas a partir de plantas matrizes com boa qualidade genética e fitossanitária, uma iniciativa da Embrapa em parceria com o setor produtivo no desenvolvimento e implementação da “Rede de multiplicação e transferência de material propagativo com qualidade genética e fitossanitária”, mais conhecido como projeto Reniva (SILVEIRA; CARDOSO, 2013).

No Paraná, que, como visto anteriormente, representa, hoje, o polo de produção mais dinâmico do país, o plantio de mandioca de forma semimecanizada já é uma realidade e uma prática comum, mas a mecanização na fase de colheita ainda enfrenta algumas limitações, mesmo em solos arenosos, e o seu pleno desenvolvimento depende de novas tecnologias, a exemplo de variedade com arquitetura adequada. De forma geral, os sistemas de produção utilizados na maior parte das regiões produtoras de mandioca no Brasil (especialmente Norte e Nordeste) são intensivos em mão de obra e com baixo uso de tecnologias modernas e de reposição de nutrientes ao solo, o que termina por aumentar a vulnerabilidade dos plantios às intempéries climáticas, às pragas e às doenças, e ao uso inadequado do solo; como resultado, a produtividade da terra também tem sido historicamente baixa. Esse conjunto de fatores age no sentido de inibir o interesse empresarial no desenvolvimento do setor produtivo. Nas palavras de Buainain et al. (2014, p. 1004): “As atividades altamente intensivas em mão de obra, a baixa produtividade da terra e da mão de obra tem desestimulado os empresários em investir no seu desenvolvimento (da mandioca, grifo nosso), pois isso implica prejuízos para os proprietários”.

Em médio prazo, há ainda o desafio da tendência decrescente da produtividade, especialmente na região Nordeste, em virtude do uso de pouca tecnologia e

do agravamento das mudanças climáticas (Deconto, 2008). Ainda de acordo com essa mesma fonte, a mandioca pode ter seu plantio inviabilizado no semiárido e no agreste da região Nordeste, uma vez que o aumento da temperatura pode ampliar as áreas de alto risco de produção de mandioca na região. Entretanto as mesmas mudanças climáticas podem levar a ganhos de área considerada de baixo risco para a produção da mandioca em outras regiões do país em que outras espécies serão inviabilizadas. No balanço geral, a expectativa é que, no presente século, a mandioca tenha um acréscimo de área de plantio considerada de baixo risco no país, especialmente na região Sul, em virtude do aumento da temperatura e do menor risco de geadas (DECONTO, 2008). A área plantada na Amazônia brasileira (ou região Norte) também deve se expandir, como, aliás, já vem ocorrendo, em decorrência da redução do excedente hídrico (prevê a mesma fonte).

Em números, os principais resultados das simulações do impacto do aumento da temperatura sobre a área apta para a produção de mandioca no Brasil sugerem que “... em um primeiro momento (2020) o aumento da temperatura não será vantajoso para a cultura, em todo o país, já que nessa ocasião o semiárido nordestino passará a ser um local de alto risco para a cultura e outras regiões ainda não estarão quentes o suficiente para ela. Em 2020 as perdas de área devem variar de 2,5% a 3,1%, com um prejuízo variando de R\$ 109 milhões a R\$ 137 milhões” (DECONTO, 2008, p.11).

Ainda de acordo com os resultados das mesmas simulações, “nas décadas seguintes a situação melhora para a cultura, que encontrará áreas mais favoráveis no Sul e Sudeste do país, por conta da redução do risco de geada, e na Amazônia, pela diminuição do excedente hídrico. O aumento da área apta começa com 7,29% em 2050, chegando a 16,61% em 2070” (Deconto, 2008, p.12). A base utilizada nas simulações foi o censo do IBGE de 2006, ano em que a produção de mandioca no Brasil foi de 26 milhões de toneladas, e o valor da produção, de R\$ 4,3 bilhões. A produção de mandioca na região Nordeste somente será viável com a adoção de tecnologias, como, por exemplo, práticas de mitigação dos impactos das mudanças climáticas, a exemplo do melhoramento genético, em busca de variedades tolerantes ao déficit hídrico e às altas temperaturas, além da fertilização dos solos e do uso da irrigação ou molhamento em determinados períodos do ano em áreas com disponibilidade de água.

Em outra linha de investigação, com base em experimentos agronômicos, um estudo mais recente tem demonstrado que as mudanças climáticas, ao contrário, podem produzir efeitos diferentes sobre a produção de mandioca quando comparados aos obtidos por meio de modelos matemáticos que simulam os impactos decorrentes das mudanças climáticas, quais sejam: a elevação do CO₂ pode ser benéfica à produção de mandioca, uma vez que, por meio de processos fisiológicos, a elevação do CO₂ atmosférico pode minimizar os efeitos negativos do aumento da temperatura e da deficiência hídrica sobre a produção da mandioca (CRUZ et. al., 2016).

Oportunidades e desafios para os avanços científico, tecnológico e de inovação na cadeia produtiva de mandioca no Brasil¹

As oportunidades e os desafios para o avanço científico, tecnológico e de inovação da cadeia produtiva da mandioca no Brasil trata de uma questão mais ampla que extrapola os limites da problemática central deste documento, mas que, ao mesmo tempo, o tangencia em vários pontos que são importantes para o alcance e a sustentação de um novo patamar de desempenho da mandiocultura no país. Portanto, em virtude disso, também serão abordados aqui, ainda que de forma superficial.

Entre as oportunidades inerentes à cultura da mandioca está a sua capacidade de usar água eficientemente, permitindo que a mesma seja cultivada em zonas de estação seca prolongada, como o Nordeste do Brasil e alguns países da África. Em um cenário de mudanças climáticas e de aguçamento do déficit hídrico, é importante investir em pesquisas e em informações, a exemplo do zoneamento de aptidão agrícola e riscos climáticos, que possam potencializar essa capacidade. A baixa intensidade de uso de agrotóxicos nas lavouras de mandioca no Brasil, em especial, na região Nordeste, constitui outra vantagem relacionada à cultura e sugere grandes potencial e oportunidade para que a mesma possa integrar programas de produção de alimentos seguros e com baixa agressão ao ambiente. Ainda nessa linha de avanço na busca da sustentabilidade, a mandiocultura pode participar de forma mais intensa da

¹ Este item está baseado em Cardoso (2003) e Cardoso et al (2008).

oferta de matéria-prima para a produção de carboidratos (visando a diversos usos), e de proteína para ração animal com baixa demanda de água.

A mandiocultura também pode ter uma maior inserção estratégica e competitiva na bioeconomia, uma vez que as características intrínsecas da fécula de mandioca são muito boas e existe a possibilidade de serem encontradas e geradas novas cultivares com teores diferenciados de amilose e amilopectina, ou outras características exigidas pelas indústrias. Evidentemente que isso dependerá do avanço de novas ferramentas de prospecção de genes e de engenharia genética, que possibilitem aproveitar a versatilidade da planta de mandioca e a oportunidade de produzir amidos diferenciados de alto valor agregado que atendam a diferentes atributos/exigências de mercados.

A mandioca ainda pode ter uma maior inserção (direta e indireta) na cadeia de produção de alimentos, tais como: i) fonte de matéria-prima na alimentação animal - a mandioca pode participar desse processo como fonte de proteína (folhas) e de carboidrato (raízes); ii) produtos com maior valor agregado e mais “convenientes” (como a mandioca pré-cozida e congelada, as farofas prontas, o pão de queijo, a tapioca, etc.) e para produtos que usam os derivados da mandioca (fécula nativa e amidos modificados), além de como insumo industrial no processo de produção de outros alimentos (panificáveis, molhos, cremes, embutidos etc.); e, por fim, como iii) produtos diferenciados alinhados com os novos atributos das dietas sem glúten (tapioca).

A intensificação da produção da mandioca pode ser impulsionada também por meio de uma maior inserção de seus derivados (fécula nativa e amidos modificados) como fonte de insumo no processo de produção da indústria de papel e celulose e da indústria têxtil. A mandioca ainda pode participar de políticas públicas de combate à pobreza e de segurança alimentar, uma vez que as características inerentes à cultura, a exemplo da demanda por pouca água, do risco relativamente baixo, da versatilidade de uso, do ciclo produtivo relativamente curto e da possibilidade de armazenamento no próprio solo, atendem tanto as exigências dos grandes como dos pequenos produtores.

Para que se possa ter uma maior inserção competitiva da mandioca nos diversos mercados potenciais, torna-se necessário que a cadeia ofereça produtos de qualidade a preços competitivos. Para tanto, alguns desafios

tecnológicos básicos ainda presentes na cadeia da mandioca, por conta do insuficiente nível de adoção das tecnologias, precisam ser superados (por exemplo, armazenamento do material de plantio, decorrente do descasamento entre a época da colheita e do plantio; preparo da área e do solo ainda vinculado à derrubada e à queima, na Região Norte; tamanho de maniva, espaçamento, controle das plantas espontâneas e de pragas e doenças) em importantes polos de produção de mandioca. A mudança dessa trajetória exigirá a convergência de esforços de diversos segmentos da cadeia, uma vez que o incentivo para inovar não depende apenas da oferta de tecnologia. Além dos imprescindíveis condicionantes econômicos (preços relativos dos fatores de produção e do crescimento da demanda do produto), a inovação só se estabelece quando outras variáveis, tais como ecológicas, institucionais (entendidas como o conjunto de regras que regem a sociedade), e as culturais são favoráveis ao processo.

Apesar das oportunidades existentes e dos avanços já alcançados, somam-se aos desafios citados anteriormente outros ainda por ser superados, a exemplo dos relacionados a seguir:

- a) O manejo do solo ainda inadequado quanto ao tipo de implementos, à profundidade de trabalho, frequência de realização das atividades e condições de umidade, sobretudo nas áreas de maior declividade, ou onde o cultivo da mandioca é feito em sucessivos anos na mesma área. É preciso melhor entender as interações positivas e negativas do cultivo da mandioca com as culturas antes plantadas na área. Os estudos relacionados ao preparo do solo e à adubação dessa cultura devem levar em consideração o tipo de solo, as culturas anteriormente existentes e o destino a ser dado à área após a colheita, além, é claro, da análise de solo (CARDOSO, 2003).
- b) A pouca disponibilidade de material de plantio das variedades de elite geradas nas instituições de pesquisa constitui um entrave à maior velocidade de adoção de variedades. A baixa taxa de multiplicação (na qual um hectare plantado com mandioca gera material suficiente para o plantio de apenas outros cinco), em condições de campo, implica ocupar considerável parcela de área e recursos financeiros, para atender à demanda de material de plantio. Os níveis de rendimento de manivasmente até então alcançados retardam a adoção de novas variedades

e, além disso, estimulam a movimentação inter-regional de material de plantio, concorrendo para a disseminação de doenças e pragas. Não obstante, os avanços já alcançados com o Projeto Reniva indicam que é possível reverter esse quadro. O Projeto Reniva. Nessa rede, as mudas são produzidas por meio da técnica de micropropagação, o que aumenta a qualidade, a quantidade e a velocidade de multiplicação de mudas. Para se ter uma ideia de ganhos para o setor, com a técnica tradicional, uma planta adulta gera em torno de dez manivas-semente; com a micropropagação, esse número poderá ser multiplicado por 40 (um total de 400 mudas por planta).

- c) A restrita oferta de variedades que atendam plenamente aos novos atributos de mercado e expressem todo o potencial produtivo da espécie tem reduzido a competitividade da cadeia. Além dos tradicionais atributos (por exemplo, comportamento quanto às pragas e às doenças), os novos atributos de mercado das variedades estão associados ao ciclo curto, sem perder de vista a versatilidade de se efetuarem colheitas em diferentes épocas do ano (ampliando o período de safra), aos padrões de arquitetura de planta e colheita mecânica, ou de especificidades do produto final (mandioca para indústria ou mandioca para mesa) e às informações quanto a indicadores que permitam remunerar a matéria-prima de forma mais eficiente (no caso da indústria, pelo teor de amido), inibindo comportamentos oportunistas e reduzindo conflitos entre produtores de matéria-prima e agroindústrias de processamento.
- d) O alto custo do controle de plantas espontâneas e a consequente utilização de herbicidas não recomendados. O elevado custo e a pouca disponibilidade de mão de obra em alguns polos de produção de mandioca, associados à praticidade de utilização de herbicidas, impõem, muitas vezes, o uso de herbicidas no controle de plantas nativas e/ou espontâneas. Nos principais centros de produção de mandioca dos Estados do Paraná, de São Paulo e Mato Grosso do Sul, os problemas estão associados ao inadequado manejo dos herbicidas e à inexistência de produtos eficientes para o controle de algumas plantas espontâneas. Acrescente-se a isso o pequeno número de produtos registrados para a cultura da mandioca no Brasil, o que tem

acarretado o uso de herbicidas não recomendados, algumas vezes em doses que podem estar pressionando os custos de produção e, sobretudo, a saúde do consumidor e a qualidade do meio ambiente. Nesse particular, é necessário atentar que práticas agrícolas adequadas e sistemas ajustados aos padrões de segurança alimentar podem significar fatores positivos de competitividade. A falta de produtos registrados provavelmente esteja associada à desorganização dos agentes de produção que não têm representatividade suficiente para pressionar pelo registro de novas moléculas, que seriam úteis ao sistema de produção da mandioca.

- e) O desenvolvimento de novos métodos de manejo e controle de pragas e doenças que possam reduzir as perdas na produção e os efeitos potenciais do uso dos pesticidas à saúde humana e ao ambiente, a exemplo do monitoramento, do uso de variedades resistentes, de bioinseticidas, do controle biológico, ou de uma combinação de métodos (o manejo integrado de pragas e doenças).
- f) A inexistência de equipamentos eficientes para a mecanização da colheita nas áreas em que o custo da mão de obra é relativamente mais elevado. O desafio é apresentar alternativas que minimizem o esforço humano empregado no processo de colheita tradicional e que, por outro lado, não provoquem a degradação do solo e proporcionem maior eficiência e agilidade quando se tratar de plantios em grande escala, se o destino da matéria-prima for para atender ao processamento de produtos em que a estratégia competitiva imponha custos decrescentes.
- g) A minimização dos problemas ambientais presentes nas diversas etapas de processamento das raízes de mandioca. Esses problemas estão associados ao uso intensivo de água no processo de retirada da fécula (18 toneladas de água para produzir uma tonelada de amido); à pouca utilização dos resíduos gerados e ao uso excessivo da biomassa, às vezes da vegetação nativa, para desidratação da farinha e da fécula de mandioca. A ineficiência dos processos e dos equipamentos usados em algumas unidades de processamento também contribui para aumentar a geração de resíduos. Embora se tenham registrado avanços em relação a essa temática, ainda há espaço para melhorias de processo.

- h) Finalmente, a disponibilização de novas ferramentas de prospecção de genes, de engenharia genética e de edição genômica que favoreçam a mudanças na trajetória tecnológica até então adotada, principalmente, na geração de novas variedades, constitui um dos mais importantes desafios ainda por ser superado.

O Quadro 1 traz a relação dos eixos de impacto do VI Plano Diretor da Embrapa com os principais desdobramentos tecnológicos/oportunidades para a cultura da mandioca no Brasil. Trata-se, basicamente, de um resumo do que foi apresentado no Item 4.

Quadro 1. Eixos de impacto do VI Plano Diretor da Embrapa e os principais desdobramentos tecnológicos/oportunidades para a cultura da mandioca no Brasil

Eixo de impacto	Desdobramentos tecnológicos/Oportunidades
Avanços na busca da sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a oferta de matéria-prima para a produção de carboidratos (alimentação humana) e de proteína (ração animal), com baixa demanda de água e possibilidade de intensificação de uso de áreas consideradas marginais. • Participar de sistemas de produção orientados para a intensificação sustentável em sistemas de rotação de culturas e de consórcios. • Aumentar a eficiência na utilização de fertilizantes por unidade de área e de tempo, por meio de práticas de cultivo que mantenham as hastes e as folhas da mandioca na área de plantio. • Participar de programas de produção de alimentos com baixa agressão ao meio ambiente, uma vez que os sistemas de produção em uso no Brasil e, em especial, na região Nordeste, são de pouca intensidade no uso de agrotóxicos. • Reduzir os impactos ambientais negativos decorrentes do uso de água, do uso de biomassa e da geração de resíduos no processamento da mandioca. • Desenvolver novas alternativas tecnológicas para alterar a taxa de multiplicação de manivas-semente e melhorar os padrões de qualidade fitossanitária.

continua...

Quadro 1. Continuação.

Eixo de impacto	Desdobramentos tecnológicos/Oportunidades
Avanços na busca da sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver novos métodos de manejo e controle de pragas e doenças, que possam reduzir as perdas na produção e os efeitos potenciais do uso dos pesticidas à saúde humana e ao ambiente.
Inserção estratégica e competitiva na bioeconomia	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a oferta de amidos diferenciados naturais, em substituição aos modificados quimicamente, por meio da geração de variedades de mandioca com teores específicos de amilose e amilopectina. • Aumentar a oferta de produtos alimentícios sem glúten. • Intensificar o uso de novas ferramentas de prospecção de genes, de engenharia genética e edição genômica visando à inserção da cultura de forma competitiva nos mercados.
Contribuições para políticas públicas	<ul style="list-style-type: none"> • Participar de políticas públicas de combate à pobreza e à segurança alimentar, considerando as características inerentes da cultura quanto à rusticidade e à demanda por recursos. • Participar de programas de fomento à distribuição de sementes (manivas-semente). • Disponibilizar informações que potencializem a atualização do zoneamento de aptidão agrícola e riscos climáticos no cultivo da mandioca no Brasil, em um cenário de mudanças climáticas e de aguçamento do déficit hídrico.
Inserção produtiva e redução da pobreza	<ul style="list-style-type: none"> • Gerar variedades de mandioca de maior valor agregado: ricas em amidos diferenciados (variedade de uso industrial) e de melhor qualidade culinária (variedades de mesa). • Disponibilizar, sobretudo para os agricultores de pequeno porte, práticas culturais de baixo custo.
Posicionamento na fronteira do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar novas ferramentas de prospecção de genes, de engenharia genética e de edição genômica que favoreçam a mudanças na trajetória tecnológica na geração de novas variedades.

Referências

- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. **ESA Working paper**, n. 12/03. Rome, FAO, 2012.
- ALMEIDA, C. O. de; COELHO FILHO, M. A.; ALBUQUERQUE, A. F. A. de; ALVES, A. A. C.; SILVA, T. S. M. da. **Mapeamento de unidades de produção com variedades de mandioca recomendadas pela Embrapa**: biomas Caatinga e Mata Atlântica. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015. 30p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura).
- ALMEIDA, C. O. de; LEDO, C. A. S. Um caso mais que perverso das elasticidades. **Informe GEPEC**, Toledo, Paraná, v. 8, n.2, p. 84-106, 2004.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário Estatístico 2016**. 2016. Disponível em: <<http://anda.org.br/index.php?mpg=06.01.00&ver=por>> Acesso em: 4: jul. 2017.
- BABALEYE, T. Can Cassava Solve Africa's Food Crisis? **African Business**, v.314, p. 24-25, 2005.
- BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Interações e efeitos fisiológicos de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca. **Pesq. Agrop. Bras.** v. 30, n. 11, p.1335-1345. 1995.
- BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J.. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesq. Agropec. Bras.**v. 34, n7, p.1265-1276. 1999.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2009**. Brasília: Ministério de Minas e Energia; Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento da Mineração, junho 2010, 104 p. v. 29
- BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z. **O mundo rural no Brasil do século 21**: a formação de um novo padrão agrário e agrícola editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- CARDOSO, C. E. L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2003. 188 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2003.
- CARDOSO, C. E. L.; REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. DA S.; FUKUDA, W. M. G.; FARIAS, A. R. N. produção e produtividade agrícola da cultura da mandioca no Brasil. In: **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. 1 ed. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica. 2008, v.1 p. 609-629
- CRUZ, J. L.; ALVES, A. A.; LeCain, D. R.; Ellis, D. D.; Morgan, J. A. Elevated CO2 concentrations alleviate the inhibitory effect of drought on physiology and growth of cassava plants. **Scientia Horticulturae**, v.210, 1. p.22-129, 2016.
- DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. [Brasília, DF]: Embrapa; [Campinas]: Unicamp, 2008. 82 p.

DELAQUIS, E.; HAAN, S. DE; WYCKHUYS, K. A. G. On-farm diversity offsets environmental pressures in tropical agroecosystems: A synthetic review for cassava-based systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.251, 2018, p.226–235.

EL-SHARKAWY, M. A. Global warming: causes and impacts on agro-ecosystems productivity and food security with emphasis on cassava comparative advantage in the tropics/subtropics. **Photosynthetica** 52, 161–178. 2014.

FAO. FAOSTAT. **Production - crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

FIDALGO, E. C. C.; BENITES, V. de M.; MACHADO, P. L. O. de A.; MADARI, B. E.; COELHO, M. R.; MOURA, I. B. de; LIMA, C. X. de. Estoque de carbono nos solos do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 26 p. il. color. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 121). Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/conhecimentos.html>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

GUANZIROLI, C. E.; SABBATO, A. Di; VIDAL, M. F. Evolução da agricultura familiar nordestina: uma análise comparativa entre os dois censos agropecuários. **Rev. Econ.**, Fortaleza, v. 45, suplemento especial, p. 93-105, out./dez., 2014.

HAYAMI, YUJIRO; RUTTAN, Vernon. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Brasília: Embrapa, 1988.

HOFFMANN, R. Elasticidades-renda das despesas e do consumo físico de alimentos no Brasil metropolitano em 1995-96. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, v.41, n. 1, p. 111-122, 2000.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F.; BURCKHARDT, E. Response of cassava to VA mycorrhizal inoculation and phosphorus application in greenhouse and field experiments. **Plant Soil** 69, 327–339. 1982.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F.; BURCKHARDT. Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity. **Field Crops Research**, v.26, p.1-18, 1991.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F.; BURCKHARDT.; OATES, C. G.; ALLEM, A. C. Strategic Environmental Assessment. **An Assessment of the Impact of Cassava Production and Processing on the Environment and Biodiversity**, FAO;IFAD v. 5, 2000.

HOWELER, R. H. THAI PHIEN AND NGUYEN THE DANG. **Sustainable cassava production on sloping lands in Vietnam**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT IN THE NORTHERN MOUNTAINOUS REGION OF VIETNAM. held in Hanoi. Vietnam, April 10-12, 2001.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>>. Acesso em : 20 mai. 2017.

ISHERWOOD, K. F. Mineral fertilizer use and the environment.. **Revised Edition**. Paris: International Fertilizer Industry Association 2000. 63p. Tradução ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos.

JANSSON, C.; WESTERBERGH, A.; ZHANG, J.; HU, X.; SUN, C. Cassava, a potential biofuel crop in (the) People's Republic of China. **Applied Energy**, v.86, p.S95–S99, 2009.

KREMEN, C.; MILES, A.. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. **Ecol. Soc.** 17, 40. 2012.

LAL, R. Managing soils for a warming earth in a food-insecure and energy-starved world. **J. Plant Nutr.** Soil Sci. v.173, p. 4–15, 2010.

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 11, p. 403–427, 2006. DOI: 10.1007/s11027-005-9006-5.

LIEBMAN, M.; D. ELIZABETH. Crop rotation and intercropping. Strategies for weed management. **Ecol. Appl.** v.3, n.1: p. 92-112. 1993.

MATTOS, P. L. P. de; SOUZA, L. da S.; SOUZA, J. da S.; CALDAS, R. C.; CRUZ, J. L. Mandioca consorciada com feijão e milho. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.15, n.1/2, p.81-88, 1996.

NWEKE, F. **New Challenges in the Cassava Transformation in Nigeria and Ghana**. EPTD Discussion Paper, n. 118, IFPRI, Washington DC., 2004.

OECD; FAO, OECD-FAO. **Agricultural Outlook 2016-2025**. Paris: OECD Publishing. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en>. Acesso em: 10 jun. de 2016.

PARRAS-ALCÁNTARA, L.; MARTÍN-CARRILLO, M.; LOZANO-GARCÍA, B. Impacts of land use change in soil carbon and nitrogen in a Mediterranean agricultural area (Southern Spain). **Solid Earth**, v.4, p.167–177, 2013.

PAULA, M. B. de; NOGUEIRA, F. D.; TANAKA, R. T. Nutrição mineral da mandioca: absorção de nutrientes e produção de matéria seca por duos cultivares de mandioca. **Rev. Bras. de Mandioca**, v.2, n.1, p. 31-50, 1983.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, v.267, p.1117–1123, 1995.

POWLSON, D. S.; GREGORY, P. J.; WHALLEY, W. R.; Quinton, J. N.; Hopkins, D. W.; Whitmore, A. P.; Hirsch, P. R.; Goulding, K. W. T. Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. **Food Policy**, v. 36, p.S72–S87. 2011.

PRADO, R. de M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. **Revista Biociências**. v.9, p.3:7-16, 2003.

REYNOLDS, T.W.; WADDINGTON, S. R.; ANDERSON, C. L. et al. Environmental impacts and constraints associated with the production of major food crops in Sub-Saharan Africa and South Asia. **Food Security** 7, 795–822. 2015.

SILVEIRA, H. F. da; CARDOSO, C. E. L. Rede de Multiplicação e Transferência de Materiais Propagativos de Mandioca com qualidade genética e fitossanitária para o estado da Bahia (RENIVA) - avanços e desafios: relato de experiência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15., 2013, Salvador. **Inovação e sustentabilidade: da raiz ao amido**: trabalhos apresentados. Salvador: CBM: Embrapa, 2013. 1 CD-ROM.

VALENTIN, C.; AGUS, F.; ALAMBAN, R. et al. Runoff and sediment losses from 27 upland catchments in Southeast Asia: impact of rapid land use changes and conservation practices. **Agr. Ecosyst. Environ.** V.128, p.225–238. 2008.

WADDINGTON, S. R.; LI, X.; DIXON, J., et al. Getting the focus right: production constraints for six major food crops in Asian and African farming systems. **Food Security**, v. 2, n.1, p.27–48, 2010.



Mandioca e Fruticultura

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

CGPE 14493