

AMARANTO

Opção para diversificar a agricultura e os alimentos

Carlos Roberto Spehar
Editor Técnico



Embrapa

AMARANTO

Opção para diversificar a agricultura e os alimentos

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

AMARANTO

Opção para diversificar a agricultura e os alimentos

Carlos Roberto Spehar
Editor Técnico

*Planaltina, DF
2007*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970 – Planaltina, DF
Telefone (61) 3388-9898 – Fax (61) 3388-9879
Internet: <http://www.cpac.embrapa.br>
E-mail: sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*
Secretária-executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial

Maria Helena Gonçalves Teixeira

Revisão de texto

Maria Helena Gonçalves Teixeira

Normalização bibliográfica

Shirley da Luz Soares / Marilaine Schaun Pelufê

Projeto gráfico e editoração eletrônica

Leila Sandra Gomes Alencar

Capa

Wellington Cavalcanti

Fotos da capa

Carlos Roberto Spehar / Leo Nobre de Miranda

Ilustrações

Leila Sandra Gomes Alencar

1ª edição

1ª impressão (2007): 1000 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP
Embrapa Cerrados**

A485 Amaranto: opção para diversificar a agricultura e os alimentos / editor técnico
Carlos Roberto Spehar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.
136 p. : il.

ISBN 978-85-7075-046-4

1. Amaranto de grão. I. Spehar, Carlos Roberto.

633.1- CDD 21

© Embrapa 2007



Autores

Carlos Roberto Spehar

Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Genética e Melhoramento de Plantas,
Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223 CEP 73310-970 Planaltina, DF
spehar@cpac.embrapa.br

Danielly Leite Teixeira

Engenheira Agrônoma, M.Sc., Fitotecnia,
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA

David Brenner

Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas,
Plant Introduction Station
Iowa State University
Ames, IA 50011-1170 EUA
dbrenner@iastate.edu

Eduardo Andrea Lemus Erasmo

Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Fertilidade de Solo,
Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas de Gurupi - FAFICH (UNIRG)
Alameda Madrid, 545 - Esquina com 01
CEP 77410-470 Gurupi, TO
erasmolemus@uol.com.br

Jaime Amaya Farfan

Engenheiro de Alimentos, Ph.D.,
Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Cidade Universitária "Zeferino Vaz"
CEP 13083-970 Barão Geraldo - Campinas, SP
jaf@fea.unicamp.br

José Alfredo Gomes Arêas

Engenheiro de Alimentos, Ph.D.,
Laboratório de Propriedades Funcionais
Faculdade de Saúde Pública
Universidade de São Paulo
Av. Dr. Arnaldo, 715 - CEP 01246-904 - São Paulo, SP
jagareas@usp.br

José Luis Ramírez Ascheri

Engenheiro de Alimentos, Ph.D.,
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Planta Piloto de Tecnologia de Cereais
Av. das Américas 29501 - Guaratiba
CEP 23020-470 Rio de Janeiro, RJ
ascheri@ctaa.embrapa.br

Rui Fonseca Veloso

Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Bioeconomia,
Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223 - CEP 73310-970 Planaltina, DF
rui@cpac.embrapa.br

Angel Mujica-Sánchez

Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Genética e Melhoramento de Plantas,
Universidad Nacional del Altiplano
Maestría en Agricultura Andina
Av. Floral S/N Puno, Peru
amujica@punonet.com

Sebastião Conrado de Andrade

Engenheiro Agrônomo, Agricultor,
Fazenda Dom Bosco
Cristalina, GO

Humberto Pellizzaro

Engenheiro Químico,
Celeiro Comércio e Indústria Ltda
Brasília, DF
celeiro-bsb@bol.com.br

Wellington Pereira de Carvalho

Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Melhoramento Genético,
Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223 - CEP 73310-970 Planaltina, DF
well@cpac.embrapa.br

A partir dos obstáculos, criamos oportunidades. Estas apenas se materializam se formos persistentes. A persistência deve estar sempre viva dentro de nós. E, para que nossa obra dê bons frutos, inspiremo-nos no Criador.

Os autores



Dedicatória

Esta obra é dedicada àqueles que, com paciência e, a despeito de barreiras, persistem. Quanto tempo passará até acreditarmos que os nossos sonhos se tornam realidade? Somos fruto do que abrigamos em nossa alma. Nosso esforço será compensador, ainda que, ao vivermos intensamente cada momento, não esperemos por isso.

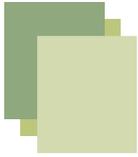
Carlos Roberto Spehar



Agradecimentos

A Deus, origem de tudo, nosso abrigo na dúvida, no cansaço, na descrença. Nos momentos de júbilo, é a Ele que nos apresentamos, em gratidão por nos acolher como um pai confiante no filho; à família que compreende e tolera o pai e esposo; aos amigos e companheiros com os quais compartilhamos os ideais; àqueles que, solidários, alimentaram a coragem de buscar, dentro de si, soluções para velhos e sempre atuais problemas da humanidade.

Carlos Roberto Spehar



Apresentação

O esforço dos pesquisadores, de seus colaboradores e de parceiros, para adaptar o amaranto ao cultivo no Brasil, tem sido intenso, a fim de diversificar os sistemas produtivos. Problemas fitossanitários crescentes, associados ao monocultivo, ameaçam o futuro. A diversidade é o caminho ainda que, na prática, o desafio seja grande.

No Cerrado e no Brasil, cresce a área sob plantio direto, por vantagens econômicas ao produtor e ao meio ambiente. O desafio consiste no seu aprimoramento, para contornar os reveses decorrentes da estreita diversidade dos cultivos. A ausência de revolvimento pode levar a um aumento em pragas de solo e doenças. O inóculo permanece nos restos de culturas e nas plantas espontâneas que resultam das sementes perdidas na colheita.

Aumentar a diversidade, via rotação, sucessão e cultivos associados, não só contribui para diminuir a pressão biótica como também abre novas perspectivas à atividade econômica. A inclusão do amaranto, um pseudocereal exótico, associado às antigas civilizações da América, é parte de um trabalho pioneiro para tornar a agricultura cada vez mais eficiente, em bases sustentáveis.

As atividades agrícolas, conservadoras pelos riscos inerentes, absorvem com limitação um novo componente como o amaranto. A situação atual, fruto de divulgação, mostra um interesse crescente dos

agricultores e outros segmentos da sociedade humana, especialmente, os ligados à diversificação alimentar. Falta o elo entre quem está apto a produzir e a demanda.

Esta obra reúne informação imprescindível para o cultivo e a utilização do amaranto no Brasil, desde a primeira cultivar (BRS Alegria), manejo da planta e da fertilidade do solo, colheita, armazenamento e utilização. O pioneirismo deste trabalho produzirá bons frutos.

Roberto Teixeira Alves
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados



Prefácio

Sempre que nos dirigimos a agricultores, agrônomos, biólogos e demais pessoas envolvidas com a vida na Terra, procuramos enfatizar a dinâmica do equilíbrio. Ele existe, fruto de longo período de interação entre os seres vivos e o ambiente onde habitam. Essa ordem é quebrada por grandes eventos naturais ou pela interferência humana. A agricultura, como uma forma de biologia aplicada, somente é vantajosa e se integra, formando o agroecossistema, quando realizada na busca constante do equilíbrio, conforme nos ensina a natureza.

Nos ambientes naturais, como o Cerrado, não percebemos a ocorrência de pragas ou epidemias. Grande número de espécies de seres vivos ocupam nichos em um território pequeno. Essa descontinuidade permite que haja equilíbrio entre eles.

A interferência nos biomas tem evoluído há milhares de anos, com a domesticação das plantas e dos animais. Fruto da convivência com as populações humanas surgiram espécies e variedades, o grande acervo da diversidade que as alimenta e abriga.

Entretanto, essa associação tende a mudar rapidamente na agricultura moderna. Nesta, com modernas tecnologias e mecanização, uma pessoa multiplica a eficiência relativa à praticada pelos ancestrais em até mil vezes. O paradoxo é que, com o aumento da escala, diminui o contato direto, principal fator de sucesso na domesticação. Crescem os

problemas fitossanitários e de manejo do solo. Grandes áreas são povoadas por poucas espécies, como arroz, feijão, milho híbrido e soja, de estreita base genética.

O agroecossistema, para atingir estabilidade, tem, na medida do possível, de imitar a natureza. Cultivos em rotação, sucessivos e associados com espécies de diferentes gêneros e famílias, possibilitam atenuar impactos negativos e conservar o ambiente físico e biológico. A prática do plantio direto permite aproveitar melhor a umidade e o rápido estabelecimento de lavouras. Com ele, cumpre-se o calendário agrícola, explora-se o potencial de rendimento do cultivo principal e torna-se viável uma segunda safra para proteger o solo e oferecer perspectiva de renda.

As espécies de amaranto (*Amaranthus caudatus*, *A. cruentos*, *A. hypochondriacus*, *A. spp.*, Amaranthaceae) tornam-se conhecidas no Brasil onde têm sido introduzidas como alternativa para a diversificação. Depois de se realizarem trabalhos de pesquisa e fomento, por cerca de dez anos, surge interesse no seu cultivo.

O amaranto apresenta valor alimentar extraordinário contribui para aperfeiçoar a produção agropecuária. No limiar do surgimento da cadeia produtiva, acrescenta-se, à informação agronômica, aspectos relativos à sua utilização. Espera-se estimular seu emprego como alternativa para diversificar a agricultura, tornando-a biológica e economicamente sustentável e elevar a segurança alimentar.

Carlos Roberto Spehar
Editor



Sumário

Capítulo 1

Origem e Importância do Amarantho 23

Classificação botânica	25
Constituição genômica	25
Constituição gênica	27
Principais características	32
Fenologia	34
Fases	35
<i>Emergência (VE)</i>	35
<i>Vegetativa (V1.... Vn)</i>	35
<i>Reprodutiva</i>	36
Distinção entre amarantho e plantas daninhas do mesmo gênero	37

Capítulo 2

Composição Organo-mineral 43

Capítulo 3

Genética e Melhoramento 49

Objetivos	49
Variabilidade	49
Germoplasma	50

Variedades	52
Ideótipo	53
Rendimento	54
Estabilidade produtiva	55
Métodos	56
Seleção massal	56
Seleção de progênies por indivíduos	57
Hibridação	58
Multiplificação de semente	60
Obtenção varietal no Brasil	62
Metodologia	62
Avaliação preliminar de germoplasma	62
Avaliação no campo	67
Recomendação de cultivar	73
Características fenológicas	74

Capítulo 4

Aspectos Agronômicos 79

Características da semente	79
Programação da semeadura e da fertilização	80
Monitoramento da umidade	80
Colheita e beneficiamento	81
Limpeza, secagem e armazenamento	81
Sementes e pureza varietal	82
Necessidade de sementes e forma de semeadura	82
Época de semeadura	83
População	84
Estratégia de adubação em safrinha	86

Capítulo 5

Exigência Nutricional e Adubação 87

Cálcio e Magnésio	87
Nitrogênio	88
Fósforo	89
Potássio	89
Enxofre e micronutrientes	89

Capítulo 6

Fitossanidade	91
Plantas invasoras	91
Insetos	93
<i>Eurysacca melanocampta</i>	93
<i>Herpetogramma bipunctalis</i> e <i>Spoladea recurvalis</i>	94
<i>Lygus lineolaris</i>	94
Doenças fúngicas	95
<i>Alternaria</i> spp.	95
<i>Macrophoma</i> sp.	95
<i>Sclerotinea sclerotiorum</i>	95
Doenças causadas por micoplasma e vírus	96
Doenças causadas por agentes abióticos	97

Capítulo 7

Utilização	99
Receitas básicas de alimentos domésticos com os grãos de amaranto ..	102
Pão enriquecido	102
Salada	103
Biscoito	103
Panqueca	104
Processamento e agregação de valor	104
Sugestões de preparos com o amaranto expandido	105
Amaranto expandido (pipoca)	105
Barra nutritiva	105
Granola	106
Oportunidade para novos produtos	107

Capítulo 8

Cultivo Comercial	109
Produção de sementes	109

Escolha da cultivar e da época de plantio	110
Cuidados na semeadura	111
Manejo de plantas daninhas	112
Cuidados na colheita e no armazenamento	113
Custo de produção e de comercialização	114

Capítulo 9

Considerações Finais	119
Referências	121
Glossário	131

Origem e Importância do Amaranto

Carlos Roberto Spehar

David Brenner

Angel Mujica-Sánchez

O amaranto granífero foi domesticado na América há mais de 6.000 anos pelas civilizações que nela se desenvolveram e se dispersou por outras partes do mundo (SAUER, 1993). Os Astecas utilizaram-no no vale do México e os Maias, na Guatemala, juntamente com o milho, o feijão e as cucurbitáceas. Na América do Sul, foi cultivado pelos Incas na Bolívia, no Peru e no Equador, com a batata (*Solanum* spp.), o milho e a quinoa (*Chenopodium quinoa*), uma quenopodiacea (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Sob a forma de folhas (hortaliça), inúmeras espécies de amaranto foram utilizadas em várias partes do mundo, desde a Pré-História, antes e durante o processo de domesticação. Em regiões com clima tropical e subtropical, ocorrem espécies de amaranto de forma espontânea. A coleta de suas folhas tem sido prática comum mesmo na atualidade, entre muitos povos (RIVERO, 1994; TAPIA, 1997; MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). No Brasil, folhas de algumas espécies têm sido consumidas desde os tempos coloniais (COONS, 1981).

O gênero *Amaranthus* contém mais de 70 espécies, das quais a maioria é originária da América; apenas 15 são provenientes da Europa, Ásia, África e Austrália (ROBERTSON, 1981). O início da domesticação foi documentado nos depósitos de pólen, descobertos em levantamentos antropológicos, apesar de dificuldades em discriminá-lo de outras espécies

afins. Assim, descobriu-se que, antes da origem da agricultura, algumas espécies de amaranto floresciam nos campos próximos a aldeias de pescadores (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Atualmente, três espécies são utilizadas na produção de grãos *A. cruentus* L., *A. caudatus* L. e *A. hypochondriacus* L. Na era Pré-Colombiana, *A. cruentus* encontrava-se entre o Norte do México e a América Central; *A. hypochondriacus* compartilhava essa distribuição, porém começava no Sudoeste dos Estados Unidos; *A. caudatus* encontrava-se restrita à zona andina na América do Sul.

Estudos realizados com a técnica de RAPD (Amplificação Polimórfica ao Acaso de DNA) sugerem que as espécies *A. hypochondriacus* e *A. caudatus* são geneticamente mais próximas entre si do que *A. cruentus*, apesar da origem em áreas diferentes (TRANSUE et al., 1994).

Fator decisivo na domesticação das espécies graníferas de amaranto foi a seleção que os antigos agricultores fizeram das formas mutantes, nas quais as sementes pretas, nos tipos silvestres, cederam lugar à semente clara, sem dormência (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Isto resultou em grãos com maior sabor e qualidade de expansão ao pipocar, quando submetidos ao calor. A constante eliminação de sementes escuras, permitiu descartar os híbridos recorrentes às formas silvestres.

Essas formas divergentes, com sementes claras, possibilitou agregar outras características de interesse para o homem, como plantas, inflorescências e grãos maiores (relativamente aos das plantas daninhas) e rendimento. A seleção produziu, também, formas de cor vermelha, alaranjada, dourada ou rosada, sugerindo que os agricultores pré-históricos associavam a utilidade à beleza das plantas (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Assim como na domesticação de outras plantas, o contato com o homem permitiu salvar a diversidade em amaranto, num exemplo típico de co-evolução. Esta se encontra conservada na agricultura familiar das populações rurais nos centros de origem e dispersão.

Classificação botânica

O amaranto é uma planta que pertence à família das amarantáceas. Esta se divide em 70 gêneros e mais de 850 espécies. O gênero *Amaranthus*, com mais de 60 espécies, apresenta as seguintes mais importantes e conhecidas: *Amaranthus caudatus* L., sinônimo de *A. edulis* Spegazzini e *A. mantegazzianus* Passerini.; *A. hypochondriacus* L., sinônimo de *A. leucocarpus* S, Wats, *A. flavus* L.; *Amaranthus cruentus* L., sinônimo de *A. paniculatus* L.; *A. hybridus* L. ou *Amaranthus quitensis* S.; *A. tricolor* L. sinônimo de *A. gangeticus* L., *A. tristis* L., *A. mangostanus* L. e *A. melancholicus* L.; *A. blitum* L. ou *A. lividus* L.; *A. dubius* L.; *A. viridis* L. ou *A. gracilis* Desf. (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Há entre eles discrepância e dificuldades de definição, devido à semelhança, distribuição geográfica e aos critérios empregados pelos taxonomistas. O gênero apresenta ampla dispersão por todas as partes do mundo, à exceção dos climas temperados extremos. As evidências, baseadas em experimentos com iso-enzimas e marcadores moleculares, apontam para uma origem comum das espécies graníferas da América: o *A. hybridus* (CHAN e SUN, 1997).

Constituição genômica

A maior parte das espécies de amaranto apresenta $n = 16$ ou $n = 17$; porém, *A. dubius* constitui exceção, com $n = 32$ (BRENNER et al., 2000). As espécies de amaranto são classificadas como paleoalotetraplóides, com base no pareamento de seus cromossomos (GEIZERSTEIN; POGGIO, 1995). Estudos sobre o comportamento na meiose deveria ser estendido às demais espécies com vistas em elucidar incompatibilidades de cruzamentos (BRENNER et al., 2000). As fórmulas genômicas de algumas espécies estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Fórmulas genômicas para amaranto granífero e algumas espécies silvestres relacionadas.

Espécie	Fórmula Genômica	Número Básico (n)
<i>A. caudatus</i>	A ₁ A ₁ B ₁ B ₁	16
<i>A. cruentus</i>	A ₂ A ₂ B ₂ B ₂	17
<i>A. hypochondriacus</i>	A ₄ A ₄ B ₄ B ₄	16
<i>A. montegazzianus</i>	A ₃ A ₃ B ₃ B ₃	16
<i>A. quitensis</i>	AABB	16
<i>A. hybridus</i>	A ₅ A ₅ B ₅ B ₅	16
<i>A. spinosus</i>	A ₆ A ₆ CC	17

Fonte: Brenner et al. (2000).

Os grupos genômicos A e B apresentam pequenas variações indicadas pelo índice; exceto para B₂ e C, o número básico X = 8.

Devido à possibilidade de cruzamentos dentro de grupos genéticos similares e às barreiras genômicas que condicionam isolamento, torna-se necessário conhecer os que apresentam afinidade, produzindo híbridos férteis. As três espécies graníferas, mencionadas, apresentam alguma compatibilidade com *A. arenicola*, *A. australis*, *A. bigelovii*, *A. brandegei*, *A. cannabinus*, *A. celosioides*, *A. dubius*, *A. floridanus*, *A. greggii*, *A. hybridus*, *A. palmeri*, *A. pawellii*, *A. quitensis*, *A. retroflexus*, *A. rudis*, *A. scariosus*, *A. tuberculatus*, *A. spinosus*, *A. viscidulus* e *A. watsoni* (BRENNER et al., 2000). Portanto, novas combinações podem ser obtidas em cruzamentos que permitam obter genótipos com sementes maiores, tolerância a estresses abióticos e resistência a doenças e a pragas. Acessos de *A. caudatus* cruzam com *A. hypochondriacus*, produzindo híbridos férteis e ambos não cruzam com *A. cruentus* (WEBER; KAUFFMAN, 1990). Barreiras dentro de *A. caudatus* foram observadas (COONS, 1981), enquanto cruzamentos de *A. hybridus* e *A. hypochondriacus* somente foram viáveis quando o primeiro foi o genitor materno (PAL et al., 1982).

Ainda que o emprego de marcadores moleculares tenha permitido ampliar o conhecimento sobre a base genética em amaranto, muito há por ser feito. Agrupamentos por similaridade morfológica têm sido propostos para facilitar a exploração de germoplasma com potencial de adaptabilidade e servem de apoio a programas de melhoramento quando se têm objetivos definidos (BRENNER et al., 2000).

Constituição gênica

Pigmentos: As cores vermelhas, laranja (douradas) e amarelas, são devidas a várias expressões de betacianina (CAI et al., 1998). Esse pigmento recebe o nome de amarantina. Em amaranto, pelo menos seis genes que determinam a expressão de cor foram identificados (KULAKOW et al., 1985); incluídas as variações, a herança genética para pigmento passa a ser de natureza quantitativa.

Cor da semente: As segregações para cor da semente em amaranto mostram que a característica é condicionada por até dois pares de genes (KULAKOW et al., 1985) com alelismo múltiplo (preto dominante sobre clara) e um loco adicional para cor marron em alguns cruzamentos (KULAKOW; Jain, 1990). Em *A. caudatus*, alguns genótipos apresentam embriões com pigmento rosa. Essa característica é condicionada por um gene; a intensidade é afetada por modificadores (KULAKOW, 1987). Esse gene pode ser usado como marcador em cruzamentos.

Folha: As folhas apresentam manchas que podem ser ovais (um par de genes) ou em forma de "v" (dois pares de genes (KULAKOW et al., 1985). No amaranto granífero, as manchas foliares são encontradas em *A. hypochondriacus*.

Amido: O tipo de amido do perisperma é determinado por um par de genes (OKUNO; SAKAGUCHI, 1982). Os tipos são classificados como opacos e translúcidos, cerosos e não-cerosos, transparentes e não-transparentes (SAKAMOTO, 1997). Opacos e translúcidos são mais facilmente observados, com auxílio de luz.

Inflorescência: A morfologia da inflorescência é variável. O crescimento determinado é característica encontrada em *A. caudatus* e *A. hypochondriacus*. Em *caudatus*, tipo *edulis*, o crescimento determinado é condicionado por um par de genes no qual o indeterminado é dominante (KULAKOW, 1987). O caráter decumbente, com utilidade na ornamentação, é condicionado por dois pares de genes com modificadores.

Precocidade: A maturação precoce é condicionada por um par de genes, no cruzamento de *A. cruentus* e *A. retroflexus*, com um par de genes dominantes para alta precocidade (KULAKOW; JAIN, 1985). Essa característica pode ser empregada no melhoramento do qual se obtêm várias gerações em um período curto e, na obtenção de variedades precoces e produtivas, no cultivo em sucessão.

Na Tabela 2, estão apresentadas as características morfológicas e os principais genes que as condicionam nas diversas espécies de amaranto. Como se pode perceber, há ainda muito por se estudar para melhor entender e manipular o germoplasma existente, para adaptá-lo ao cultivo comercial nas diversas formas de interesse para a humanidade.

Tabela 2. Caracteres morfológicos e genes a eles associados em diversas espécies de amaranto.

Característica	Gene Proposto	Espécie	Referência
Cor de embrião			
Rosa/claro	<i>Pepe</i> expressa	<i>caudatus</i>	Kulakow, 1987
Florescimento			
Macho fértil/m. estéril	<i>Pepe</i> não expressa	<i>hypochochondriacus</i>	Gudu e Gupta, 1988
Citoplasma + nuclear	Ms1/ms1	<i>hypochochondriacus cruentus</i>	Peters e Jain, 1987
Normal 100% feminino	S ₁ /S ₂ citoplasma; Rf ₁ /rf ₁ , três locos nucleares	<i>spin x hybridus</i>	Jain et al., 1984
Precoce/tardio	-	<i>retro x cruentus</i>	Murray, 1960
Alta % machos/normal	Ea/ea	<i>hypochochondriacus</i>	Kulakow e Jain, 1985
Tolerância a herbicida			
Triazina/triazina	-	<i>hypochochondriacus</i>	Jain et al., 1984
Híbridos			
Anormais/normais	Cloroplasto	<i>hybridus</i>	Jordan, 1996
Inflorescência			
Determin./determin.	Ah ₁ /ah ₁ ; Ah ₂ /ah ₂	<i>caud x hypocon</i>	Jain et al., 1984
Ereta/decumbente	Dt/dt	<i>caudatus</i>	Kulakow, 1987
Manchas e Coloração			
Mancha V/ausência	Pd ₁ /pd ₁ , P ₂ /p ₂ + modif	<i>caudatus</i>	
	Vm ₁ /vm ₁ , Vm ₂ /vm ₂	<i>hypocon x retro</i>	Gupta e Gudu, 1990

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Característica	Gene Proposto	Espécie	Referência
Caule verm./c. verde	A/a	<i>tricolor</i>	
Perianto color./p. verde	Dominância parcial	<i>caudatus</i>	Walton, 1968
Infloresc. Verm./i. verde	Um loco	várias	Gupta e Gudu, 1990
Perisperma		<i>cau, cru,</i>	Okuno e Sakaguchi, 1982,
Ceroso/não-ceroso	Gl/gl	<i>hypochondriacus</i>	Jain et al., 1994
Pigmentação			
Vermelho/verde	R/r	várias	Gupta e Gudu, 1990
Laranja/verde	O/o	<i>caudatus, cru</i>	Jain et al., 1984; Kulavow, 1987
Clorofila/ausência	Três locos	<i>cau x hypochon</i>	Jain et al., 1984
Planta verm./base verm.	Rd/rd	várias	Jain et al., 1984; Kulavow, 1987
Plânt. e infi. Verm./verde	Lp/lp	<i>cau x hypochon</i>	Jain et al., 1984
Verm. normal/v. pálido	Um loco	<i>caudatus</i>	
Verm. normal/intenso	Um loco	várias	
Cor da Semente			
Preta/clara	P/p	<i>cau, hypochon</i>	Kulakow, 1985
Amarela/clara	Y/y	<i>cau, hypochon</i>	
Marron/clara	Br/br	<i>caudatus</i>	

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Característica	Gene Proposto	Espécie	Referência
Preta/marr esc/clara			
Utrícula			
Deiscente/Indeiscente	Dois Locos	<i>cruentus x retro</i>	
Persistente/ não persistente	Dh/dh; mais de um loco	<i>hypochondriacus</i>	Jain et al., 1984; Brenner, não publ.
Crescimento - Planta	Poucos locos	várias	Jain et al., 1984
Alta/baixa	A/a	<i>hypochondriacus</i>	Pandey, 1982
Cotiledore largo/c. curto	Vários locos	<i>caudatus</i>	Walton, 1968
Alta/baixa	Dw/dw	<i>caudatus</i>	Jain et al. 1984
Folha normal/f. ondul.	Ok/ok	<i>cruentus x retro</i>	
Folhas estreitas/ f. norm.	V/v	<i>tricolor</i>	Matsumura, 1938

Fonte: Adaptado de Brenner et al. (2000).

Principais características

O amaranto é uma espécie anual herbácea ou arbustiva, com diversas cores, verde, roxa ou púrpura, apresentando distintas variações intermediárias.

A raiz é pivotante, com abundante ramificação e múltiplas radículas finas que se estendem rapidamente após a ramificação do caule, criando condições favoráveis à absorção de água e nutrientes. A raiz principal serve de suporte à planta, permitindo manter o peso da panícula, principalmente, quando os grãos se encontram cheios, antes da maturação fisiológica. As raízes primárias, que por vezes apresentam consistência lenhosa, ancoram a planta quando ela cresce isolada; as dimensões são consideráveis. Quando atacadas por nematóides formadores de galhas, essas raízes aparecem nas radículas (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

O caule, também conhecido como colmo ou talo, é cilíndrico e anguloso, com grossas estrias longitudinais que lhe confere aparência canelada, com comprimento variável e espessura que diminui da base ao ápice. Apresenta distintas cores, em geral, coincidentes com as das folhas, ainda que possam ocorrer independentemente.

O caule pode ramificar-se. O início dessa ramificação ocorre na base, na axila das folhas ou a meia altura. Há fatores que afetam o número de ramificações, como a densidade populacional do cultivo. Plantas isoladas tendem a ramificar profusamente.

As folhas são pecioladas, sem estípulas, ovais, elípticas, opostas ou alternas, com nervura proeminente na face abaxial; lisas ou pouco pubescentes, de cor verde ou púrpura; seu tamanho diminui da base para o ápice, apresentando comprimento entre 6,5 e 15,0 cm (SUMAR, 1993; TAPIA, 1997). Até o início da ramificação, as folhas tenras podem ser consumidas como hortaliças.

A inflorescência é formada por panículas amarantiformes ou glomeruladas, muito vistosas, terminais ou axilares, as quais podem ser eretas inclinadas ou decumbentes cujas cores variam entre o amarelo, alaranjado ou dourado, café, vermelho, rosado e roxo. O tamanho reflete o ambiente onde se desenvolve a planta: população, fertilidade do solo, estresse hídrico, época de semeadura. São amarantiformes as que apresentam amentos com dicásios retilíneos ou compostos, apontando para cima ou para baixo na inflorescência decumbente; nas glomeruladas os amentos são agrupados em glomérulos de diferentes tamanhos (Figura 1).



Figura 1. Morfologia da inflorescência em *A. cruentus* (S) e *A. caudatus* (I).

As plantas são monóicas na maior parte das espécies de amaranto (BRENNER et al., 2000); porém, pelo tipo de polinização, são predominantemente autógamas, com variações no percentual de polinização cruzada nas cultivares. As flores são unissexuais muito pequenas, estaminadas no ápice e pistiladas abaixo, completando o glomérulo. O androceu é formado por cinco estames coloridos que mantêm as anteras por um ponto próximo da base; tornam-se bastante visíveis por ocasião da antese. O gineceu apresenta ovário esférico, súpero coroado por três estigmas filiformes e pilosos que aloja uma semente (TAPIA, 1997).

O glómérulo é uma ramificação dicasial cuja primeira flor é terminal e sempre masculina, em cuja base surgem duas flores laterais femininas cada uma dando origem a outras duas flores laterais femininas e assim sucessivamente. Um glómérulo pode conter até 250 flores femininas; a flor masculina depois de liberar o pólen, seca e cai.

O fruto é uma cápsula pequena que se denomina pixídio unilocular. Na maturação, essa cápsula abre de forma transversal, deixando cair a parte superior, o opérculo, descobrindo a parte inferior ou urna onde se encontra a semente. Em geral é deiscente, deixando cair a semente (SÁNCHEZ, 1980). Em algumas espécies, os pixídios são indeiscentes, característica que pode ser transferida a cultivares comerciais; experimentalmente, tem sido transferida de *A. powellei* para *A. cruentus* e *A. hypochondriacus* (BRENNER, 1990).

A semente é pequena, lisa, brilhante, de 1 a 1,5 mm de diâmetro, ligeiramente aplanada, de cor bege ou branca, amarelada, dourada, vermelha, rosada, roxa, marron e preta. O número de sementes/g varia entre 3000 (mais comum nas espécies silvestres) a 1000 (nas cultivadas) (NIETO, 1990). Nas primeiras, os grãos são de cor preta e o episperma é muito duro. No grão, distinguem-se quatro partes importantes: episperma, cobertura seminal ou casca, constituída por uma camada de células muito finas; endosperma ou segunda camada; embrião, formado pelos cotilédones, rica em proteínas; camada interna ou perisperma, rica em amidos (IRVING et al., 1981).

Fenologia

A determinação das fases fenológicas é uma forma de medir a resposta dos cultivos às condições ambientais e verificar seu efeito nas características da planta que interessam ao homem, como o rendimento. Por elas, avalia-se o grau de interação dos diferentes fatores de produção com as condições agrometeorológicas onde se desenvolvem as plantas.

O acompanhamento da fenologia dos cultivos é uma tarefa importante para o agricultor, pois permite programar o manejo da planta e avaliar seu crescimento e a reprodução, com possível projeção de rendimento. O estado do cultivo é o melhor indicador dos resultados das interações da planta com o ambiente.

A informação fenológica permite identificar as épocas críticas de desenvolvimento, a resposta ao fotoperíodo ou época de semeadura, estabelecer práticas culturais adequadas, elaborar modelos de prognóstico de colheita, definir épocas-chave para atividades de fitomelhoramento e tendências climáticas de longo prazo, com base na informação de vários anos.

Nos ambientes de origem, o amaranto é cultivado em áreas desde os climas frios das grandes altitudes até aquelas áreas ao nível do mar, em ambientes tropicais. O ciclo varia entre 100 (regiões de clima quente) e 170 (áreas de baixas temperaturas) dias (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Fases

A descrição dos estádios fenológicos do amaranto segundo (MUJICA-SÁNCHEZ; QUILLAHUAMÁM, 1989; HENDERSON, 1993); são:

Emergência (VE)

As plântulas emergem do solo, exibindo as duas folhas cotiledonares, com pelo menos 50% da densidade esperada no sulco. As folhas verdadeiras apresentam tamanho menor que 2 cm de comprimento. Dura cerca de 8 dias em clima frio, podendo chegar a 21 dias.

Vegetativa (V_1, \dots, V_n)

Nesta fase, define-se o número de nós no caule ou haste principal onde se encontram as folhas expandidas com pelo menos 2 cm de comprimento. O primeiro nó é classificado como V_1 . A planta começa a ramificar no estágio V_4 .

Reprodutiva

Início de formação de panícula (R1): O ápice da inflorescência (panícula) torna-se visível no extremo do caule entre 45 e 70 dias após a emergência.

Intermediária (R2): A panícula apresenta pelo menos 2 cm de comprimento.

Término (R3): A panícula apresenta pelo menos 5 cm de largura. Se a antese teve início, a planta será classificada na etapa seguinte.

Antese (R4): Pelo menos uma flor por planta encontra-se aberta, mostrando os estames separados e o estigma completamente visível. Em *A. caudatus*, as flores hermafroditas são as primeiras a abrir. Em geral, a antese começa pelo ponto intermediário entre o eixo da panícula e ramificações laterais dela. Nessa fase, a planta encontra-se mais sensível às geadas e à falta de água.

Esse estágio pode ser dividido em função do percentual de flores do eixo central da panícula que tenham completado a antese. A floração pode ser observada ao meio-dia, pois, na parte da manhã ou à tarde, as flores encontram-se fechadas. Nessa fase, as folhas mais velhas são naturalmente eliminadas pela planta.

Enchimento de grãos (R5): A antese completou-se em pelo menos 95% do eixo central da panícula. Essa etapa pode ainda ser subdividida em grão leitoso, quando as sementes, ao serem pressionadas entre os dedos, deixam sair um líquido leitoso; grão pastoso, quando as sementes, ao serem pressionadas entre os dedos, apresentam consistência pastosa, de cor esbranquiçada (MUJICA-SÁNCHEZ ; QUILLAHUAMÁM, 1989).

Maturação fisiológica (R6): A maturação fisiológica ocorre quando a panícula muda de coloração. Quando verdes, passam a exibir coloração amarelo-dourada; as vermelhas mudam para café-avermelhado. As sementes são duras e, quando se agita a panícula, elas se desprendem.

Ponto de colheita (R7): As folhas senescem e caem, a planta apresenta aspecto seco, de coloração café. Nos cultivos sujeitos a geadas, esta contribui para a seca do talo. No cultivo de safrinha, no Cerrado, o plantio deve ser programado para que o amadurecimento ocorra no período de seca.

Distinção entre amaranto e plantas daninhas do mesmo gênero

A introdução de novas espécies para compor os sistemas produtivos é motivo de preocupação e inúmeras dúvidas podem surgir. Quais são as características agrônomicas e o comportamento da planta? Sua introdução no sistema produtivo pode apresentar efeito negativo ao cultivo das demais espécies componentes? Como se caracterizam a biologia e o controle? Há possibilidade de que venha a tornar-se planta invasora?

Essas e outras questões têm sido levantadas, ainda que as espécies de *Amaranthus*, focadas nesta obra, tenham sido domesticadas. Isso equivale dizer que a planta depende do ser humano para todas as etapas do seu ciclo biológico; não sobrevive na natureza sem o cultivo (SPEHAR et al., 2003).

Pela semelhança da planta durante as fases iniciais do desenvolvimento, o amaranto pode confundir-se com espécies de plantas daninhas do mesmo gênero (*Amaranthus hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis*, *A. spinosus*), conhecidas pelo nome genérico de caruru ou bredo (no Nordeste brasileiro). Estas se dispersaram no Brasil, associadas à expansão agrícola (COONS, 1981).

As espécies cultivadas apresentam ciclo entre 90 e 100 dias, nas condições do Brasil Central. Depois de 20 ou 30 dias da semeadura, o crescimento é rápido e podem atingir até 2,0 m de altura em semeaduras de safrinha (fevereiro-março), com suprimento de 300 mm de água. O sistema radicular vigoroso e o ciclo curto possibilitam ao amaranto tolerar os estresses hídricos e produzir grãos e biomassa para a proteção do solo, nas mesmas condições que o sorgo, o milho e o girassol (SPEHAR, 1998; SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001).

As sementes de coloração clara, quando amadurecem, apresentam rápida germinação na presença de umidade. BRS Alegria, *A. cruentus*, é a primeira cultivar recomendado em nosso país (SPEHAR et al., 2003). A planta apresenta hipocótilo com coloração rósea; folhas grandes, alongadas, verdes, com coloração rósea da nervura na face abaxial; caule ereto, de coloração rósea; inflorescência diferenciada, apical, compacta, rósea a qual permanece mesmo após a maturação fisiológica das sementes. O fruto, pixídio típico, deiscente, prende-se aos ramos da panícula; a semente, uma por fruto, é arredondada e de coloração bege. O peso hectolítrico, com umidade de $12 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, é de $0,68 \text{ g}/1000$ sementes.

As produções comerciais iniciam-se no Brasil, como alternativa de sucessão (safrinha) em plantio direto. Espera-se que o grão seja utilizado pelas indústrias de alimentos e rações, enquanto a planta inteira, como provedora de forragem na alimentação animal, pode integrar o sistema lavoura-pecuária (SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001). A maior área cultivada com amaranto granífero encontra-se na China onde se destina à produção de forragem (WU, 1998). Ao se estabelecerem parâmetros de diferenciação morfológica entre amaranto domesticado e as espécies invasoras mais comuns no Cerrado, objetiva-se apoiar a produção de sementes e o cultivo comercial (SPEHAR, 2003).

Experimentação, em delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições, foi conduzida em vasos, em casa de vegetação, para comparar as espécies quanto à morfologia. O substrato foi preparado com uma parte de matéria orgânica (composto) e duas de solo. Essa mistura foi adubada para atender à demanda das plantas até que atingissem a maturação fisiológica (KAUFFMAN, 1992). Os tratamentos foram constituídos de amaranto, cultivar BRS Alegria (*A. cruentus*), *A. viridis*, *A. retroflexus*, *A. hybridus* ssp. *patulus*, *A. hybridus* ssp. *paniculatus* e *A. spinosus*. As sementes das espécies de plantas daninhas foram coletadas em áreas de lavoura em áreas de Cerrado no Distrito Federal.

Quinze sementes de amaranto e 30 das espécies de plantas daninhas foram semeadas em vasos com capacidade de três litros. Fez-se o desbaste quando as plantas apresentavam a primeira folha verdadeira, totalmente

expandida, deixando-se quatro plantas/vaso. Nas espécies daninhas, com germinação em período mais longo, fez-se desbaste adicional para manter o mesmo número. A umidade foi mantida colocando-se bandejas sob os vasos as quais receberam a mesma quantidade de água, suficiente para suprir a demanda das plantas. Os turnos de rega repetiram-se a cada dois dias.

As seguintes características foram usadas na comparação entre os tratamentos: comprimento e largura (cm), da sétima folha, após as cotiledonares, totalmente expandida; cor da nervura principal e do pecíolo, na maturação fisiológica; ramificação do caule (1 - menos ramificado; 4 - mais ramificado), tipo (determinado ou indeterminado), comprimento e largura da panícula; ocorrência da antese (dias após a emergência); peso, cor, quantidade e germinação da semente. Os dados relativos a tamanho de folhas e pecíolo, altura da planta, número de sementes/planta e peso para cada tratamento foram analisados e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em amaranto cultivado, BRS Alegria (*A. cruentus*) e nas espécies de plantas daninhas, na fase vegetativa, a planta pode variar nos aspectos de coloração e tamanho das folhas (Tabela 3). Entretanto, depois da floração, as diferenças se acentuam: ramificação nas plantas daninhas, com inflorescências axilares e apicais em todos os ramos, em contraste com amaranto cultivado, no qual as panículas são apicais, com diversas colorações, entre amarelo e vermelho-escuro. O crescimento do amaranto cultivado é mais vigoroso, e a biomassa produzida constitui alternativa para proteção do solo em plantio direto no Cerrado (SPEHAR, 1998; SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001).

Ainda que a coloração avermelhada das nervuras na folha, em *Amaranthus hybridus* ssp. *paniculatus*, possa confundir-se com BRS Alegria, as diferenças se verificam na altura de plantas e na coloração da semente - escura e dormente na primeira, típica de planta daninha. As sementes, desta e das demais espécies, são menores; com grande quantidade por planta, germinam gradativamente e permanecem no solo por longo período, podendo infestar as áreas agrícolas (COONS, 1981; SPEHAR et al., 2003).

Os dados experimentais, relativos à altura de plantas, tamanho de folha, tipo de caule e de panícula, ocorrência da antese, tamanho, cor, quantidade e germinação de sementes (Tabela 3), mostram que a cultivar BRS Alegria apresenta plantas muito mais altas com folhas e pecíolos maiores do que as espécies de planta daninha; nestas as flores ocorrem distribuídas pelas ramificações do caule. As espécies *A. viridis* e *A. retroflexus*, com menor ramificação dentre as plantas daninhas, contrastam com o amaranto, no qual se concentram na inflorescência principal.

Quanto à densidade e tamanho, a inflorescência em amaranto cultivado é compacta ou laxa, enquanto a planta daninha ramifica-se; as sementes nas espécies de plantas daninhas apresentam tamanho variando entre 0,23, em *A. spinosus* a 0,39 g/1000 sementes, em *A. hybridus. ssp. paniculatus*; a taxa de germinação, nessas espécies, após a maturação fisiológica, é reduzida quando comparada à do amaranto BRS Alegria; o ciclo total (número de dias da emergência à maturação) é maior no amaranto cultivado. Parte das características morfológicas de diferenciação da planta e da semente de amaranto cultivado e planta daninha estão apresentadas (Figura 2).

As espécies de amaranto planta daninha, com inflorescência ramificada, menor tamanho da apical e sementes menores e escuras, tornam-nas distintas das espécies cultivadas. A reduzida germinação das sementes ocorre por baixa permeabilidade da casca ou testa. No amaranto BRS Alegria, as características de maturação uniforme, panículas com dominância apical concentradas no topo da planta, característica favorável à colheita mecanizada e sementes claras, não dormentes, eliminam a possibilidade de ela se tornar invasora (SPEHAR et al., 2003).

Em áreas infestadas com espécies de planta daninha, quando a germinação coincide com a do amaranto cultivado, a produção de sementes e o cultivo comercial ficam comprometidos. Algumas espécies podem produzir híbridos férteis entre si por cruzamentos naturais. Nesse caso, o caráter indesejável de cor da semente pode ser transferido ao amaranto cultivado; ademais, pode-se excluí-lo via seleção, pois é de herança simples, condicionado a um par de genes dominantes (BRENNER et al., 2000).

Tabela 3. Diferenças fenotípicas entre amaranto (*A. cruentus*, cv. BRS Alegria), e caruru (*A. viridis* - AV, *A. retroflexus* - AR, *A. hybridus ssp. Patulus* - AHPT, *A. hybridus ssp. paniculatus* - AHPA, *A. spinosus* - AS) relativas a folha, planta, inflorescência e semente.

Caráter	BRS Alegria	AV	AR	AHT	AHPA	AS	CV (%)
Folha							
Comprimento (cm)	20,0 a ¹	15,6 b	9,5 d	12,5 c	11,0 c	8,9 d	7,4
Largura (cm)	10,5 a	7,9 b	6,5 bc	7,5 b	7,5 b	5,8 c	8,9
Pecíolo (cm)	15,0 a	10,7 b	5,7 cd	8,7 bc	8,5 bc	7,3 c	6,7
Cor do pecíolo**	rosa	verde	rosa	rosa	rosa	rosa	
Cor da nervura*	rosa	verde	rosa	rosa	rosa	rosa	
*na maturação fisiológica Planta/Inflorescência							
Ramificação**	1	2	2	4	3	4	
Altura (cm)	172a	133b	86d	115c	105cd	81d	11,3
Antese (dias)	45	35	35	33	33	30	
Tipo***	D	D	I	I	I	I	
Comprimento (cm)	35,0	20,0	40,0	32,0	40,0	26,0	
Largura (cm)	13,0	3,0	8,0	5,0	7,0	7,5	
1 = pouco ramificado; 4 = muito ramificado *D = determinado; I = Indeterminado							
Semente							
Peso (g/1000)	0,70 a	0,35 b	0,35 b	0,34 b	0,39 b	0,23 c	4,8
Cor	bege	preta	preta	preta	preta	preta	
Sementes/Planta	1243 a	972 b	834 b	643 c	785 bc	436 d	7,9
Germinação***	99	15	16	13	18	23	

¹ Números seguidos pela mesma letra, em uma mesma linha, não diferem entre si (Tukey, p≤0,05)
 Porcentagem de germinação obtida trinta dias após a maturação fisiológica.
 Fonte: Embrapa Cerrados, entressafra, 2002.

No Brasil, registrou-se híbrido espontâneo entre BRS Alegria e o caruru de mancha (classificado como *A. viridis*). Esse evento requer precaução em cultivos comerciais; será necessário manejo adequado do amaranto planta daninha anterior à semeadura, no caso de grandes infestações, sob risco de contaminar o material colhido.

Na produção de sementes, o rigor na exclusão do amaranto planta daninha deverá ser ainda maior. A experimentação tem mostrado que, em sistemas integrados lavoura-pastagem, a semeadura do amaranto BRS Alegria, depois da dessecação da gramínea, resulta em cultivos com baixa incidência das espécies daninhas do mesmo gênero e tornam a produção viável (SPEHAR et al., 2003).

Com base nas diferenças morfológicas, o amaranto cultivado BRS Alegria (*A. cruentus*), além de distinguir-se das espécies do mesmo gênero, invasoras de ampla dispersão nas áreas agrícolas, apresenta características agrônômicas desejáveis ao cultivo comercial.



Figura 2. Plantas e sementes de *Amaranthus cruentus*, cultivar BRS Alegria, da direita para a esquerda: *A. viridis*, *A. retroflexus*, *A. hybridus* ssp. *paniculatus*.

Foto: Carlos Roberto Spehar

Composição Organo-mineral

*Carlos Roberto Spehar
José Luís Ramirez Ascheri
Jaime Amaya Farfan
José Alfredo Gomes Arêas
Angel Mujica-Sánchez*

O amaranto apresenta uma composição em substâncias orgânicas e em elementos químicos que o torna utilizável na alimentação humana e animal, com vantagens sobre cereais e leguminosas. Com a sua incorporação aos alimentos, dever-se-ão aprimorar as dietas com perspectiva de equilíbrio em nutrientes essenciais, sem os inconvenientes de substâncias indesejáveis, como o colesterol.

As folhas de amaranto são excelente fonte de proteína, fibras, minerais e vitaminas (Tabela 4). Seu uso na culinária deve ser em misturas com outras plantas ou em preparados que contribuam para diluir a quantidade de nitratos. Quando usada na alimentação animal, a presença dessas substâncias pode causar problemas e se recomenda o uso em misturas (SLEUGH, 1999). O nível dessa substância na planta pode ser modificado por seleção e manejo da fertilidade do solo. Na análise da composição foliar, supera o espinafre em alguns compostos, como cálcio, ferro e niacina e podem ser consumidas como complemento alimentar (TAPIA, 1997). As espécies de amaranto que têm sido usadas como hortaliças são: *A. blitum*, *A. tricolor*, *A. cruentus*, *A. dubius*, e *A. hypochondriacus* (DALOZ, 1979; MAPES et al., 1997).

A planta inteira apresenta considerável quantidade de proteína e energia, com palatabilidade que estimula o consumo pelos animais domésticos. Portanto, em cultivos sucessivos, pode ser empregada na produção de forragem, pura ou em consórcio (Tabela 5).

Tabela 4. Composição organo-mineral de amaranto e do espinafre, em 100 g de folhas.

Componente	Amaranto	Espinafre
Materia seca (g)	13,1	9,3
Energia (cal)	36	26
Proteína (g)	3,5	3,2
Gordura (g)	0,5	0,3
Carboidratos	-	-
Total (g)	6,5	4,3
Fibra (g)	1,3	0,6
Cinzas (g)	2,6	1,5
Cálcio (mg)	267	93
Fósforo (mg)	67	51
Ferro (mg)	3,9	3,1
Sódio (mg)	-	71
Potássio (mg)	411	470
Vitamina A (IU)	6100	8100
Tiamina (mg)	0,08	0,10
Riboflavina (mg)	0,16	0,20
Niacina (mg)	1,4	0,6
Vitamina C (mg)	80	51

Fonte: Saunders e Becker (1984).

Tabela 5. Composição da planta de amaranto, aos 90 dias após a semeadura

Componente	Folha	Caule	Planta completa
Matéria seca (g 100g ⁻¹)	18,49	24,08	22,10
Matéria orgânica (g 100g ⁻¹)	88,27	90,62	90,74
Celulose (g 100g ⁻¹)	44,27	43,34	48,85
Proteína bruta (g 100g ⁻¹)	14,40	9,80	12,00
N amoniacal (mg kg ⁻¹)	-	-	379,10
Energia (kcal)	-	-	3911,10
Nitratos (NO ₃) (mg kg ⁻¹)	-	-	841,80
pH	6,20	6,10	5,70

Fonte: Cervantes (1986).

Há variação no teor de proteína das diferentes espécies de amaranto; o *A. cruentus* pode superar os 20 g 100 g⁻¹ (Tabela 6). Em geral, o amaranto apresenta teores mais elevados do que os cereais (arroz, milho, cevada e trigo), em proteínas (Tabela 7) e fibras, mas está abaixo das leguminosas (feijão e soja). O valor energético é semelhante ao dos cereais e inferior ao da soja. Na Tabela 8, comparam-se os teores de compostos orgânicos e o valor energético em quilo calorias (Kcal).

Tabela 6. Composição protéica de genótipos em espécies de amaranto.

Espécie	Número de Genótipos	Intervalo	Média
<i>A. Caudatus</i>	36	11,1 - 19,4	13,5
<i>A. hypochondriacus</i>	26	12,7 - 17,9	15,5
<i>A. cruentus</i>	21	13,0 - 20,6	15,7
<i>A. hybridus</i>	2	13,1 - 14,3	13,7

Fonte: Bressani, 1989.

Tabela 7. Composição protéica (g 100g⁻¹) dos grãos de amaranto relativa à de cereais.

Espécie	Composição
Amaranto	13,6 - 18,0
Cevada	9,5 - 17,0
Milho	9,4 - 14,2
Arroz	7,5
Trigo	14,0 - 17,0
Centeio	9,4 - 14,0

Fonte: USDA (1963)

A seguir, é apresentada uma descrição resumida das características de cada componente do grão de amaranto e seus prováveis usos:

Gorduras – A semente de amaranto contém entre 5 e 8 g 100 g⁻¹ de lipídeos (Tabela 9) e seu óleo é reconhecido por ser a fonte vegetal de maior

concentração de esqualeno, um poderoso oxidante, com aproximadamente 6 g 100 g⁻¹ do total (BECKER, 1994; LYON; BECKER, 1987; RAYAS-DUARTE; JOEB, 1992). Os principais ácidos graxos presentes no óleo de amaranto são o oléico e o linolênico. O óleo de amaranto apresenta extraordinária estabilidade e resistência à rancificação.

Proteínas – A proteína do amaranto, localizada principalmente no embrião (65%), é diferente dos cereais como milho, arroz e soja, nos quais 80% encontram-se no endosperma (BRESSANI, 1989). Existe importante variação no conteúdo de proteína nas diferentes espécies de amaranto (Tabela 6) que, em média, supera os cereais no conteúdo de proteína, com base na matéria seca (Tabela 7). Os teores dos aminoácidos essenciais por serem elevados possibilitam combinações favoráveis com cereais e leguminosas e tornam a dieta mais equilibrada e comparativamente superior à lisina e à metionina (Tabela 8).

Tabela 8. Composição de amaranto (*A. caudatus* - ACa, *A. hypochondriacus* - AH e *A. cruentus* - ACr) em aminoácidos essenciais, relativa ao padrão da FAO.

Aminoácido	Padrão FAO	ACa	AH	ACr
isoleucina	28	52	39	36
leucina	66	46	57	51
lisina	58	67	55	51
metionina + cistina	25	35	47	40
fenilalanina + tirosina	63	63	73	60
treonina	34	51	36	34
triptofano	11	11	-	-
valina	35	45	45	42
histidina	19	25	25	24

Fonte: FAO/OMS/ONU (1985).

A combinação de alimentos para melhorar seu valor nutritivo torna a oferta de aminoácidos comparável à da carne ou do leite. A farinha dp

amaranto, por exemplo, apresenta teores médios de 17 g 100 g⁻¹ (MARCILIO et al., 2003). Entretanto, por não se consumirem os produtos na forma seca, após processado e com acréscimo de água, torna-se necessário ingerir um volume de amaranto cozido pelo menos duas vezes ao da carne, para equivalência do produto.

Amido - Os grãos de amaranto apresentam a maior parte dos carboidratos em forma de amido cujos grânulos são consideravelmente menores que os de milho e trigo. Quanto menor o tamanho dos grãos, mais estáveis, o que possibilita o uso do amido na indústria de alimentos (KOZIOL, 1990). Apresenta temperatura de gelatinização menor do que a do arroz. Isso influi na estabilidade dos alimentos quando se pensam em congelados.

Vitaminas - Além da composição favorável em compostos maiores, o amaranto apresenta ainda vitaminas do grupo B (niacina, riboflavina, tiamina), vitamina A e considerável quantidade de vitamina E (alfa-tocoferol).

Entre os minerais, o amaranto é uma importante fonte de ferro, superando os cereais. A eficiência do ferro, administrado via amaranto, é elevada e comparável ao suprido pelo sulfato ferroso. Por essa característica e pelas vitaminas, seria um alimento complementar ou nutracêutico.

A composição do grão de amaranto (Tabelas 5 e 9), para um conjunto de genótipos, mostra haver variabilidade, principalmente, no conteúdo de proteínas e lipídios, tornando possível a seleção para aumento nos teores dessas substâncias.

A adaptação do amaranto permitirá obter matéria-prima que atenda à demanda específica. Assim, cultivares de amaranto, como fonte energética, apresentarão maiores teores de lipídeos e de carboidratos. O teor de proteína pode superar 20g/100g e colocar o amaranto entre as principais fontes protéicas, com a vantagem do elevado valor biológico (SPEHAR et al., 2003).

Tabela 9. Composição do grão em genótipos de amaranto.

Componente	Quantidade
Proteína (g)	12 - 19
Carboidratos (g)	71,8
Lípidios (g)	6,1 - 8,1
Fibra (g)	3,5 - 5,0
Cinzas (g)	3,0 - 3,3
Energia (kcal)	391
Cálcio (mg)	130 - 164
Fósforo (mg)	530
Potássio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1,5

Fonte: Nieto (1990).

Introdução

A adaptação do amaranto aos sistemas de produção agropecuária depende da obtenção de genótipos com características agronômicas de rapidez de crescimento, ausência de acamamento, insensibilidade ao fotoperíodo, indeiscência do fruto, maturação uniforme e sincronizada da panícula e do caule, ciclos variados (entre precoce a médio), elevado rendimento de grãos e biomassa, sementes claras, com qualidade e elevado peso do hectolitro, superior a 1,0 g/1000 sementes (SPEHAR et al., 2003; BRENNER et al., 2000).

No Brasil, não ocorrem as principais pragas e doenças do amaranto. Entretanto, é necessário manter o germoplasma com ampla variabilidade para uso em programas de melhoramento que objetivem prevenir problemas. Ações da FAO e da Embrapa têm contribuído para obter germoplasma com diversidade. A partir do material existente na Embrapa, podem ser obtidas cultivares com fenologia desejável (SPEHAR, 1999; SPEHAR e LARA CABEZAS, 2001).

Variabilidade

As espécies cultivadas de amaranto apresentam ampla variabilidade genética, com mudanças no hábito de crescimento (plantas com

inflorescências eretas ou decumbentes), na coloração do grão, no ciclo (número de dias para a maturação), conteúdo de proteína no grão e na folha, adaptabilidade a diferentes condições ambientais (solos, fotoperíodo, temperatura, precipitação).

Essa diversidade torna o amaranto uma planta flexível, podendo ser moldada às diferentes demandas como: maior rendimento de grãos e de biomassa, resistência a pragas e a doenças, conteúdo de amarantina (corantes), proporção e tipos de amido, quantidade de proteína e óleo, tipos de grãos (cristalinos e amiláceos) além de outras características industriais, como capacidade de expansão e sabor.

No melhoramento, pode-se contar com espécies cultivadas, semidomesticadas e silvestres. As espécies de amaranto, por se originarem em ambientes diversos de clima e solo, apresentam plasticidade genética que permite adaptá-lo ao cultivo em diferentes sistemas produtivos. As variedades graníferas estão mais difundidas no continente americano (México, Guatemala, Peru, Equador, Bolívia e Argentina). Nessa imensa região, com diferentes condições ambientais, encontra-se a maior diversidade (BRENNER, 2000).

Diferenciam-se no gênero *Amaranthus* mais de 60 espécies com difícil taxonomia, devido a grande semelhança entre elas e a ampla distribuição geográfica. Daí, a dificuldade na nomenclatura e na classificação. Com apoio da citogenética e da biologia molecular, é possível agrupá-las, com objetivo no melhoramento genético.

Germoplasma

Na área andina, nas Américas Central e do Norte, encontra-se valioso germoplasma, conservado em bancos ativos e coleções de base. Nestes, são mantidos, viáveis, milhares de acessos. Em muitos casos, a conservação não se realiza em condições desejáveis de câmara fria e escura.

No Peru, os acessos com predominância de *A. caudatus* encontram-se conservados nos seguintes locais: Estación Experimental Kayra-Cusco;

Centro de Investigación de Cultivos Andinos (CICA); Estación Experimental Andenes-Cusco; Estación Experimental Canaan-Ayacucho; Estación Experimental Baños del Inca-Cajamarca; Estación Experimental Santa Ana-Huancayo; Estación Experimental Tinguá-Huaraz, Universidad Nacional Agraria, UNA, La Molina, Lima, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga-Ayacucho, Universidad Nacional del Centro Huancayo, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Na Bolívia, participam da conservação o Centro de Investigación Fitotécnica de Pahirumani, Cochabamba, Estación Experimental de Toralapa, Cochabamba, Universidad Nacional Técnica de Oruro-UTO. No Equador, encontram-se a Estación Experimental de Santa Catalina, Quito, Universidad Central del Ecuador-Quito y Escuela Superior Politécnica del Chimborazo-ESPOCH, Riobamba; na Argentina, Universidad Nacional de Jujuy-Jujuy, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Universidad Nacional de Tucumán (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

No México e na Guatemala conservam principalmente acessos de *A. cruetus* e *A. hypochondriacus*, as seguintes instituições: INIFAP-CEVAMEX-El Horno, Chapingo, Colegio de Postgraduados de Chapingo, Chapingo, Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR-Unidad Durango, Vicente Guerrero e o INCAP-Guatemala.

Nos Estados Unidos, encontra-se uma considerável coleção de germoplasma das três espécies graníferas e outras como *A. hybridus*, localizada na Universidade de Iowa (BRENNER, 1996). No Brasil, o germoplasma corresponde a pouco mais de mil acessos das três principais espécies graníferas. Foram introduzidos de Ames, Iowa, EUA, da região andina e obtidos por seleção na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF (SPEHAR et al., 2003).

O bom relacionamento entre pesquisadores americanos tem resultado na ampliação das coleções (SUMAR, 1986). Entretanto, o intercâmbio de material segregante ainda tem sido limitado, pois o melhoramento por hibridações encontra-se nas primeiras fases do seu desenvolvimento (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). No passado, a National

Academy of Sciences dos Estados Unidos apoiou a pesquisa do amaranto granífero em locais de cinco países: Chapingo, México, INCAP-Guatemala, CICA, Cuzco, Peru, Tailândia e Quênia (KAUFFMAN, 1986), além da iniciativa privada da Rodale Research Center, na Pensilvânia, EUA, com o objetivo comum de selecionar variedades melhoradas e elevados rendimentos, criavam meios para viabilidade econômica de exploração, ao mesmo tempo em que desenvolviam estudos sobre sua utilização.

Variedades

As variedades obtidas de programas de melhoramento são ainda em número reduzido, tendo sido selecionadas e uniformizadas a partir de populações e de variedades locais, por suas características agrônômicas, ciclo (número de dias da emergência à maturação), rendimento de grãos e de biomassa, indeiscência do fruto, qualidade de sementes (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Entre as variedades obtidas de *A. caudatus*, no Peru, encontram-se Ayacuchana-INIA, 10-C, 41-F, San Luís, Otusco, Rojo Cajamarca, E-13, E-2008, Consuelo e Oscar Blanco, originárias de seleções locais em Cusco, Cajamarca e Ayacucho, a partir das melhores populações dos bancos de germoplasma (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). No Equador, foram selecionadas INIAP-ALEGRIA (MONTEROS et al., 1994) e INIAP-ATACO, com rendimento médio de 3750 kg ha⁻¹, além de outras linhagens promissoras. Na Bolívia obtiveram-se as variedades UTAB-Cahuayuma e ICTA-01-0012-0, com planta decumbente. Dentre as variedades locais, destacam-se C.Va.Z.MEJEZ-SUDYUNGAS, T-12, Pairumani compuesto 1 e Pairumani compuesto 2.

No Instituto de Biología de la Altura-INBA, Jujuy, Argentina, obteve-se cultivar de *Amaranthus mantegazzianus* com alto rendimento naquele país e no Chile. Neste foi obtida cultivar a partir de *A. cruentus*, além da introdução de "Plainsman" (K 343), dos EUA, ambas com alto rendimento. (KAUFFMAN; WEBER, 1990; BALTENSPERGER, 1991; BRENNER, 1992). No México, obtiveram-se Revancha, em *Amaranthus hypochondriacus*, derivada

da raça Mercado (ESPITIA, 1991a), com alto rendimento (4518 kg ha⁻¹); Durango-HI, Durango-CI, com ampla adaptação; e as linhagens INIFAP-653, INIFAP-654, INIFAP-655 (SÁNCHEZ et al., 1997).

Ideótipo

Embora o cultivo do amaranto apresente algumas dificuldades para o agricultor moderno, elas podem ser reduzidas por técnicas de cultivo. Entretanto, falta um esforço concentrado para o melhoramento, à semelhança do que ocorre em culturas de maior destaque em nosso país, como a soja, o arroz e o feijão. Todavia, pode-se indicar que uma planta ideal de amaranto para a agricultura moderna deve apresentar as seguintes características:

- Altura de planta reduzida, panícula grande, compacta e ereta para se evitar o acamamento. Nos bancos de germoplasma, essas características são encontradas com muita frequência, daí a possibilidade de sucesso na seleção.
- Período vegetativo e reprodutivo curto e maturação rápida, ainda que exista uma correlação negativa entre ciclo e rendimento a qual deve ser levada em conta na seleção.
- Elevado potencial de rendimento, associado a outras características desejáveis, como menor ciclo, resistência a seca.
- Uniformidade na maturação da planta e indeiscência dos grãos.
- Sincronismo entre maturação dos grãos e da planta para se evitar a fermentação e o apodrecimento dos grãos depois da colheita mecanizada (KAUFFMAN, 1986).
- Qualidade alimentícia, como teor de proteína, coeficiente de expansão, moagem.
- Características específicas de composição para a agroindústria.
- Resistência a doenças e ao ataque de pragas.

- Tolerância a estresses abióticos como acidez e alumínio na camada subsuperficial do solo; altos níveis de tensão de água.
- Adaptabilidade a sistemas não convencionais de cultivo como sobressemeadura e plantio direto.

Para se obter o ideótipo que reúna as características mencionadas, é necessário um programa de melhoramento de médio a longo prazos. Muitos cruzamentos e progênes terão de ser gerados; quanto maior o número de atributos, menor a probabilidade de obter o genótipo que os reúna simultaneamente. O fator-chave é a escolha de genitores provenientes dos melhores genótipos.

Rendimento

O conhecimento da herança genética é fundamental no melhoramento para altos rendimentos na produção de grãos e de biomassa em amaranto. Em geral, a produtividade está associada a características fenotípicas ou a componentes de rendimento; a seleção deve-se basear nesses caracteres para resultar em ganho genético.

Os componentes de rendimento apresentam correlação genética e fenotípica positivas. Assim, foi determinado que as variáveis: dias para a floração, altura de planta na floração, número de folhas, diâmetro do caule, altura de planta na maturação fisiológica, comprimento da inflorescência, matéria seca foliar do caule, da semente e total, índice de colheita, peso hectolétrico, relação semente/palha e índice de enchimento das sementes apresentassem correlação genética positiva significativa com rendimento (ESPITIA 1986). Como a expressão desses caracteres é comandada por grupos de genes, todos com efeito no rendimento, a seleção deverá basear-se neles.

As características de largura, área e matéria seca da folha intermediária, comprimento do pecíolo e enchimento de grãos têm correlação positiva entre elas e negativa com rendimento. Portanto, a baixa expressão desses parâmetros é desejável na seleção de linhagens produtivas.

Na prática, a seleção tem-se baseado nos seguintes componentes: dias para a floração, número de folhas, diâmetro do caule, altura da planta e comprimento da panícula na maturação fisiológica, índices de colheita e de enchimento de grãos e ramificação do caule. (HAUPTLI; JAIN, 1980; MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Estabilidade produtiva

Estabilidade de rendimento é a capacidade de o genótipo apresentar níveis satisfatórios de desempenho em diferentes ambientes de cultivo. Identificar a interação com o ambiente é necessário no processo de seleção. Daí a repetição de experimentos de competição de linhagens no tempo (ao longo dos anos ou safras agrícolas) e no espaço, em condições de solo, clima e topografia diferentes. Em média, os genótipos mais produtivos, de pelo menos três locais, por dois anos, são recomendados ao cultivo regional (SPEHAR et al., 2003).

A estabilidade do amaranto é determinada por coeficientes de regressão, com os respectivos desvios, e pela média nos ambientes. A variedade é tida como estável ou pouco interativa com o ambiente quando, sob cultivo, em diferentes condições, apresenta coeficiente igual a um; o contrário, para uma variedade instável, esse valor está próximo de zero (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Entretanto, é possível obterem-se genótipos estáveis e pouco produtivos, daí considerar-se o rendimento médio em complemento à estabilidade.

Pode-se, por ciclos de seleção, associar estabilidade a altos rendimentos, como o que se tem conseguido com a soja, para o cultivo nos trópicos (SPEHAR, 1994). A plasticidade do amaranto, reflexo das variações genéticas, permite modificar a fenologia para elevar o potencial de rendimento econômico e biológico (ESPITIA, 1991B; ESPITIA et al., 1991).

Em ensaios uniformes, com cultivares das diferentes espécies de amaranto, conduzidos no Peru e no México, identificaram-se INIAP-Ataco,

com alta estabilidade; Oscar Blanco e ICTA-01-0012, com desempenho satisfatório em ambientes de baixa fertilidade do solo, porém instáveis; Noel Vietmeyer, 41-F e Selección Durango-HI foram responsivos à fertilidade do solo, ainda que instáveis. Entretanto, com base no rendimento, Oscar Blanco, 41-F, INIAP-ATACO e ICTA-01-0012 foram os que apresentaram valores acima da média (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Métodos

Os métodos de seleção dependem das características reprodutivas. Em amaranto, considera-se que a autogamia seja predominante, Entretanto, há relatos de polinização cruzada em até 34%, variando com os ambientes, coincidência de floração e distância entre plantas de genótipos diferentes (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997; BRENNER et al., 2000). No Brasil, a taxa de alogamia pode ser maior do que a relatada por interferência de insetos, principalmente abelhas, que visitam as flores durante a antese.

Os métodos de seleção em amaranto podem ser ajustados aos do algodão, ainda que se apliquem os princípios usados em plantas autógamas, devido à ampla variabilidade genética, com predominância da variância aditiva, como em soja (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997; SPEHAR et al., 1995). O melhoramento de amaranto baseia-se na seleção massal e de indivíduo em populações (panícula/sulco), hibridações naturais e controladas, estas de uso mais recente.

Seleção massal

Este método tem sido usado pelos próprios agricultores nos centros de origem e dispersão do amaranto. Ele é útil para purificar uma variedade local de plantas atípicas e obter novos genótipos, com base em características fáceis de serem fixadas, como cor da panícula.

O procedimento usado na região andina consiste na semeadura de um genótipo ou população, em área de 2000 m², isolada no espaço de outros cultivos de amaranto por, pelo menos, 50 m ou no tempo, por

semeadura em diferentes épocas. Divide-se a área em até 50 lotes, nos quais selecionam-se plantas com as características agronômicas desejadas e misturam-se as sementes, padronizando por tamanho. Este constitui o primeiro ciclo ou SM1. A variedade ou população original e o novo genótipo são semeados lado a lado para verificar ganho genético por seleção; a cada ciclo, faz-se a avaliação incluindo o material selecionado anteriormente. O processo pára quando não mais há avanços (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Entretanto, no genótipo obtido, pode haver variações por causa das taxas de alogamia que podem ser mantidas e tornarem-se vantajosas no cultivo em diferentes ambientes sujeitos à incidência de pragas e doenças.

Os seguintes cultivares foram obtidos por seleção massal: Oscar Blanco, Noel Vietmeyer, Revancha, Iniap-Ataco, Iniap-Alegría e BRS Alegria (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997; SPEHAR, et al., 2003). Esse método é prático e pode ser empregado pelo próprio agricultor ou com sua participação direta.

Seleção de progênies por indivíduos

Este método tem permitido aproveitar a grande variação presente nos cultivos de amaranto nas regiões de origem, como nos vales peruanos e bolivianos e América Central (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Indivíduos que se destacam por características morfológicas, como precocidade, tamanho de semente, altura de planta, forma, tamanho e cor de panícula são colhidos, identificados e suas sementes mantidas separadamente. A eficácia do método depende de se prestabelecerem as características a serem melhoradas.

A semeadura da variedade se realiza em condição semelhante ao usado na seleção massal. Na parcela de 2.000 m², selecionam-se plantas com características fenológicas desejáveis, das quais pelo menos 100 serão autofecundadas; Estas devem estar submetidas às mesmas condições competitivas.

No segundo ciclo, sementes individuais são semeadas em panícula/sulco, no mesmo espaçamento de cultivo, assim como as plantas autofecundadas. A seleção é conduzida por linha, com base nas características agrônômicas preestabelecidas. Colhe-se todo o sulco ou parte, dependendo da quantidade de sementes desejada. Eliminam-se as discrepantes e as indesejáveis, com pressão de seleção de 10%.

No terceiro ano, semeia-se o material selecionado, em blocos aumentados (SPEHAR et al., 2001) para avaliação de rendimento e outras características agrônômicas. As melhores linhas são avaliadas no quarto e no quinto ciclo, com repetições do espaço e no tempo. O material que se destaca tem suas sementes multiplicadas a partir do penúltimo ciclo, de tal forma que, ao ser recomendado ao cultivo, os agricultores tenham pronto acesso à semente melhorada.

Hibridação

A hibridação planejada do amaranto possibilita avanços em características como rendimento, tamanho de sementes, resistência a doenças, pois é feita de genitores selecionados. Quando várias características desejáveis estão em jogo, esse é o método de melhoramento que se tem de empregar.

A heterose ou vigor híbrido tem sido encontrado quando se realizam cruzamentos interespecíficos, como, por exemplo, *A. cruentus* e *A. hypochondriacus* e pouco freqüentes quando se hibridam genótipos da mesma espécie (LEHMAN et al., 1991). Entretanto, para explorar a heterose nesses híbridos, tem-se dificuldade de emasculação, o que limita a produção de sementes.

A melhor forma de realizar cruzamentos é em casa de vegetação, agitando-se as plantas que se pretende usar como genitoras, umas contra as outras, por ocasião da antese (BRENNER et al., 2000); as híbridas são identificadas pelos marcadores morfológicos (Tabela 2). Dentre eles, destacam-se cor da planta, do fruto, da semente e da inflorescência, forma

da inflorescência ((KULAKOW et al., 1985; KULAKOW; JAIN, 1985; KULAKOW; JAIN, 1987). Há possibilidade de se empregar marcadores moleculares na identificação de híbridos e em seleção assistida.

Na combinação de várias características, é possível recorrer a cruzamentos múltiplos, pois cada genitor tem sua contribuição específica. Os cruzamentos dialélicos permitem estabelecer a herdabilidade dos caracteres nas variedades componentes para escolher as que mais contribuem genes favoráveis (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). A grande produção de sementes por planta, na geração F_1 , possibilita avaliação do desempenho de variedades em cruzamentos a partir da F_2 quando se escolhem os melhores recombinantes (SPEHAR et al., 2001).

O manuseio na população segregante que se origina das hibridações pode ser por seleção massal. Neste, a semente F_1 proveniente de cruzamento é semeada em condições de gerar grandes quantidades de sementes para a geração F_2 . Semeia-se em blocos até a geração F_6 , a partir da qual se selecionam plantas individuais com características buscadas nos progenitores; a partir daí, usa-se o critério de panícula/sulco para identificar linhagens superiores no delineamento de blocos aumentados. Os demais testes serão repetidos no tempo e no espaço até a recomendação ao cultivo dos genótipos superiores.

Na hibridação seguida por seleção genealógica, realizam-se seleções de plantas individuais a partir da geração F_2 que apresentam características fenotípicas desejáveis. Cada planta gera uma família F_3 a ser plantada em sulcos, e as indesejáveis são descartadas. Dentro das famílias que reúnem as melhores características, são selecionados os melhores indivíduos para obter a geração seguinte. Na F_4 , selecionam-se famílias completas ou linhas de uma família, repetindo-se na F_5 . As linhas selecionadas na F_6 serão avaliadas em locais diferentes por, pelo menos, dois anos até a recomendação.

O método de retrocruzamentos pode ser completo (até a recuperação dos genes do genitor recorrente) pode ser empregado para a

transferência de caracteres condicionados por poucos genes ou parcial em hibridações que envolvam genitores com caracteres poligênicos, de grande distância genética e adaptabilidade, como em soja (SPEHAR, 1995).

Neste último, após três ou quatro retrocruzamentos no sentido do genitor mais adaptado, emprega-se o método genealógico ou massal de seleção. A seleção para resistência a *Sclerotinea sclerotiorum*, um fungo de solo de herança complexa, pode ser empregada, com sucesso, por cruzamentos, a partir de genótipos com reação a diferentes isolados do patógeno que serão repetidos com indivíduos resistentes (MUJICA-SÁNCHEZ, 1994).

Como variação no manuseio da população híbrida, tem-se o emprego do método genealógico modificado, sugerido para plantas com grande proporção de variância genética aditiva (SPEHAR, 1995). A partir da geração F_2 , colhe-se pequena amostra de sementes (10 a 50) de todos os indivíduos, menos aqueles que apresentam notórias características indesejáveis, como semente preta, acamamento, suscetibilidade a doenças.

As sementes são misturadas e semeadas em blocos. Continua-se o procedimento até a geração ciclos de F_6 , quando são selecionadas linhas para as avaliações de rendimento. Com a manipulação do fotoperíodo, pode-se encurtar o ciclo das plantas e obter grande número de gerações em pouco tempo, acelerando o processo (BRENNER; WIDRLECHNER, 1998).

Multiplicação de semente

A multiplicação de sementes é de fundamental importância em todas as espécies graníferas; em amaranto, não poderia ser diferente. Devido à possibilidade de cruzamentos naturais entre as espécies e variedades, é necessário renovar as sementes de cultivares para mantê-las com as características originais, principalmente de rendimento, ausência de doenças e de sementes pretas (SPEHAR et al., 2001).

Os campos de sementes devem ser instalados em áreas livres de amaranto cultivado ou planta daninha. As sementes do cultivo anterior podem germinar e crescer junto às plantas da cultivar a ser multiplicada.

Recomendam-se distâncias mínimas de 100 m de outras cultivares ou plantios com intervalo de pelo menos um mês, para evitar coincidência na floração.

Há um conjunto de práticas que difere o cultivo comercial do de produção de sementes. Desde a semeadura, fertilização do solo, controle fitossanitário, inspeção até a eliminação de plantas atípicas, são vários os passos, conforme descrito a seguir.

Inicia-se pela colheita de pelo menos 100 panículas individuais de plantas que correspondam à descrição da cultivar, em área o mais homogênea possível. Quando há plantas atípicas, não se recomenda a colheita do amaranto próximo a elas, para evitar as chances de polinização cruzada. Essas plantas serão trilhadas separadamente e semeadas em canteiros por planta, guardando-se a semente remanescente. Os canteiros são comparados entre si, eliminando-se os que apresentarem plantas atípicas antes da antese.

Os restantes serão acompanhados até a maturação, para misturar apenas os que preenchem as características da cultivar, mantendo um padrão no tamanho de sementes. Na próxima multiplicação, usam-se as sementes remanescentes apenas de indivíduos que geram progênes uniformes. Como é controlada pelo melhorista, recebe o nome de genética.

Na colheita, deve-se ter o cuidado de evitar o excesso de umidade que pode vir com o colmo (caule), o que contribui para a queda na germinação. Deve-se evitar que plantas daninhas sejam colhidas junto, causando contaminação, principalmente, de amaranto silvestre. Nessa fase, deve-se acompanhar o desenvolvimento da cultura no campo, durante todo o ciclo, para eliminar alguma possível planta atípica (mistura) e invasoras.

Cuidado especial se deve ter quando a colheita é mecanizada, o que é comum nas fases posteriores – semente básica (obtida da genética) e certificada. A máquina deve passar por processo de limpeza criteriosa, sobretudo, quando utilizada na colheita de outras variedades de amaranto. Nas áreas maiores, o desafio é colher e manter as sementes em condições de baixa umidade (12 g 100 g⁻¹). A multiplicação em semeaduras que

completem o ciclo na época da seca é a solução para o problema. Após a colheita, retiram-se as impurezas, uniformizam-se as sementes e faz-se análise da germinação. Na embalagem, deverá constar o percentual de germinação, a origem da semente, as condições de cultivo, o percentual de pureza e a instituição certificadora.

Na certificação, deve-se informar, também, a quantidade de semente produzida, as características agronômicas relativas a outras variedades disponíveis, a estabilidade fenotípica e de rendimento nas regiões onde se deseja difundir a cultivar.

Na propriedade familiar, é desejável que as cultivares recomendadas apresentem uniformidade em algumas características como cor da semente, ciclo, cor da panícula. Entretanto, devem conter variabilidade que possa ser explorada pelo produtor, para atender à demanda específica, como seleção para resistência a pragas e a doenças.

Obtenção varietal no Brasil

A pesquisa em amaranto no Brasil teve início com a introdução de germoplasma - populações e variedades das principais espécies produtoras de grãos (*Amaranthus caudatus*, *A. cruentus*, e *A. hypochondriacus*). A triagem tem indicado que muitos genótipos, principalmente em *A. caudatus*, foram sensíveis ao fotoperíodo, florescendo cedo, reduzindo altura das plantas, tamanho da inflorescência e rendimento de grãos (SPEHAR et al., 2001). Entretanto, esse tem sido o principal método de melhoramento nessa fase inicial de cultivo.

Metodologia

Avaliação preliminar de germoplasma

O germoplasma de amaranto da Embrapa é composto, em sua maior parte, de acessos provenientes de Iowa, EUA e seleção de linhagens

(BRENNER, 1996), os trabalhos têm sido conduzidos na Embrapa Cerrados. Depois de submetidos a quarentena na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, passam por avaliação preliminar e multiplicação.

Amostras de sementes de cada acesso foram semeadas em vasos e cultivadas em casas de vegetação na Embrapa Cerrados. Utilizou-se, como substrato, Latossolo Vermelho-Escuro distrófico cuja composição foi de 44 g 100 g⁻¹ de areia, 19 g 100 g⁻¹ de silte, 46 g 100 g⁻¹ de argila. O solo, corrigido com calagem e fertilizantes, foi acrescido de adubo orgânico mineralizado, 200 mL L⁻¹ em volume. Aplicaram-se doses de N (sulfato de amônio), K₂O (cloreto de potássio), P₂O₅ (superfosfato triplo) e FTE BR-12 (fonte de micronutrientes), próximas ao recomendado por Brenner (1996), para atender às exigências da planta em vaso. A temperatura foi monitorada em torno de 25° C. Para complementar o suprimento de N e K, a cada 15 dias, aplicaram-se doses equivalentes a 20 kg ha⁻¹, na forma de sulfato de amônio e 15 kg ha⁻¹, na forma de cloreto de potássio (BRENNER, 1996).

Até a colheita, foram realizadas as seguintes coletas de dados: hábito de crescimento, cor de planta, da inflorescência e da semente, altura de planta e ciclo. Ao final da colheita, os grãos foram identificados e armazenados em câmara fria a 5 ± 1° C. Os resultados da primeira triagem encontram-se a Tabela 10.

A grande variabilidade detectada nos resultados indicou a possibilidade selecionar amaranto com adaptabilidade ao cultivo no Cerrado (Tabela 11). Não se verificou nenhuma doença ou praga em casa de vegetação. Foram observados espinhos na inflorescência de 16 acessos. Estes não foram de interesse porque poderiam ter sido um obstáculo no manuseio das plantas.

Alguns acessos, embora tivessem germinado e crescido, não produziram inflorescências. Isto pode ser devido a reação ao fotoperíodo e terem sido selecionados para florescimento muito tardio. Os exemplos com essa característica são: PI511731, AM21057, AM5461, AM5465, AM5469 e PI337611 cujas sementes remanescentes podem ser usadas em futuros programas de melhoramento (TEIXEIRA et al., 2000).

Tabela 10. Características de acessos de amaranto para altura de planta (AP), hábito de crescimento (HC), tipo de inflorescência (TI), Ciclo (dias para a maturação), cor da planta (CP), cor da inflorescência (CI), cor de sementes (CS). * Inflorescências com espinhos; - Sem informação.

Acesso	AP (m)	HC	TI	Ciclo	CP	CI	CS
AM02015	0,92	Ereto	Amarantiforme laxa	70	Verde	Verde	Preta
AM02244	1,57	Ereto	Amarantiforme laxa*	70	verde	Laranja	branca
AM02264	1,37	Ereto	Amarantiforme laxa	70	vermelha	Vermelha	branca
AM02265	0,93	Ereto	Amarantiforme densa*	70	verde	Verde	branca
AM05168	1,41	Ereto	Amarantiforme densa	85	verde	Vermelha	branca
AM05189	1,41	Ereto	Amarantiforme laxa	70	verde	Rosa	branca
AM05461	0,92	Ereto	Amarantiforme densa	-	verde	Verde	-
AM05465	0,82	Ereto	Amarantiforme densa	-	verde	Verde	-
AM05469	0,72	Ereto	Amarantiforme densa	-	verde	Verde	-
AM05646	1,14	Ereto	Amarantiforme densa	70	verde	Vermelha	branca
AM05656	0,88	Ereto	Amarantiforme laxa*	80	verde	Verde	branca
AM05691	0,78	Ereto	Amarantiforme densa	90	verde	Vermelha	branca
AM15114	1,63	Decumbente	Amarantiforme densa	85	verde	Verde	branca
AM15129	1,65	Ereto	Amarantiforme densa*	80	verde	Verde	branca
AM15198	1,53	Ereto	Amarantiforme laxa	70	verde	Rosa	branca
AM15673	1,36	Ereto	Amarantiforme laxa	70	verde	Verde	branca
AM21046	1,34	Ereto	Amarantiforme densa	90	verde	Verde	branca

Continua...

Tabela 10. Continuação.

Acesso	AP (m)	HC	TI	Ciclo	CP	CI	CS
AM2 1047	1,57	Ereto	Amarantiforme laxa*	85	verde	Verde	branca
AM2 1048	1,70	Ereto	amarantiforme densa	70	verde	Verde	branca
AM2 1049	1,18	Ereto	amarantiforme densa*	90	verde	Verde	branca
AM2 1050	0,64	Ereto	amarantiforme densa*	90	verde	Verde	branca
AM2 1051	0,63	Ereto	amarantiforme densa*	-	verde	Verde	-
AM2 1052	1,23	Decumbente	amarantiforme densa	80	verde	Verde	branca
AM2 1053	1,28	Ereto	amarantiforme densa*	80	verde	Verde	branca
AM2 1054	1,06	Ereto	amarantiforme densa	70	verde	Vermelha	branca
AM2 1055	0,75	Ereto	amarantiforme densa	90	verde	Verde	branca
AM2 1056	0,67	Ereto	amarantiforme densa	90	verde	Verde	branca
AM2 1057	0,43	Decumbente	amarantiforme densa	-	-	-	-
PI337611	0,38	Ereto	amarantiforme densa	-	-	-	-
PI477913	1,24	Ereto	amarantiforme laxa	70	verde	Verde	branca
PI477914	0,81	Ereto	amarantiforme laxa	85	verde	Vermelha	branca
PI477915	0,39	Ereto	amarantiforme laxa*	70	verde	Rosa	branca
PI477916	0,99	Ereto	amarantiforme densa	80	verde	Verde	branca
PI477917	1,04	Ereto	amarantiforme laxa*	80	verde	Verde	branca
PI481134	0,92	Ereto	amarantiforme densa	70	verde	Verde	branca
PI490458	0,76	Ereto	amarantiforme densa	85	verde	Verde	branca

Continua...

Tabela 10. Continuação.

Acesso	AP (m)	HC	TI	Ciclo	CP	CI	CS
PI490757	0,54	Ereto	amarantiforme densa*	90	verde	Verde	preta
PI490758	0,84	Ereto	amarantiforme densa*	90	verde	Verde	branca
PI511679	1,07	Decumbente	glomerulada densa	90	laranja	Laranja	branca
PI511713	0,80	Ereto	amarantiforme laxa	-	verde	Verde	-
PI511719	0,79	Ereto	amarantiforme densa*	90	verde	Verde	branca
PI515959	0,90	Ereto	amarantiforme densa	80	verde	Rosa	branca
PI538319	0,57	Ereto	amarantiforme densa	90	verde	Vermelha	branca
PI538320	0,65	Ereto	amarantiforme laxa	90	verde	Verde	branca
PI538321	0,95	Ereto	amarantiforme densa*	90	verde	Verde	branca
PI538322	0,94	Ereto	amarantiforme densa*	80	verde	Verde	branca
PI538323	0,55	Ereto	amarantiforme densa	90	verde	Vermelha	branca
PI540446	0,65	Ereto	amarantiforme densa	75	rosa	Rosa	preta
PI566897	0,62	Ereto	amarantiforme densa	80	verde	Verde	preta

Os acessos AM02015, PI490757, PI540446 e PI566897 apresentam sementes pretas e, por isso, foram mantidos separados pela possibilidade de risco devido à dormência. Os acessos com hábito de crescimento decumbente também foram separados, por dificultar a colheita mecanizada. Na avaliação dos acessos em casa de vegetação, selecionou-se maior quantidade de sementes para os testes de campo.

Avaliação no campo

Nas avaliações de campo, realizadas na entressafra, empregaram-se os genótipos selecionados na triagem preliminar do germoplasma por ausência de espinhos, hábito de crescimento ereto, sementes claras, maior vigor no grupo de ciclo curto (período emergência-maturação de 90 a 100 dias). Na primeira avaliação, foram incluídos os acessos Japônica (*A. cruentus*, japonês), Oscar Blanco (*A. cruentus*, peruano) e L403A (*A. caudatus*, peruano).

O plantio foi realizado na área experimental da Embrapa Cerrados (15°35'30'' S e 47°42'30'' W) em Latossolo Vermelho-Escuro (34 g 100 g⁻¹ de areia, 19 g 100 g⁻¹ de silte e 46 g 100 g⁻¹ de argila) corrigido com calcário e fertilizado (Tabela 11). Para adubação de manutenção, utilizaram-se doses equivalentes a 500 kg ha⁻¹ da fórmula 04-24-16, 10 kg ha⁻¹ de bórax e 10 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco; na fase de início da formação de panículas, aplicaram-se 80 kg ha⁻¹ de N (uréia) (KAUFFMAN, 1992).

Tabela 11. Análise química do solo da área experimental.

Profundidade	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	M.O.
	H ₂ O	cmol _c	cmol _c	Cmol _c	cmol _c	g 100 g ⁻¹
0-20	5,5	0,1	5,30	1,8	0,65	2,6
20-40	5,0	0,1	5,10	0,7	0,20	2,0
	P	Cu	Fe	Mn	Zn	K
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
0-20	7,0	1,10	85,0	4,60	2,50	160,5
20-40	3,0	0,95	78,0	3,75	2,15	118,5

A semeadura de entressafra foi realizada no final de junho. Utilizam-se 2 g de sementes de cada acesso em parcelas de 2 x 3 m, no espaçamento de 50 cm entre linhas. Procurou-se manter a população final de 200.000 plantas/ha. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em três repetições.

A umidade foi suprida por irrigação até as plantas atingirem a fase final de enchimento de grãos para manter o solo com a capacidade de campo. No período de cultivo, a temperatura média diária foi de 21,5 °C, com mínima de 18,3 °C e máxima de 23,7 °C.

Realizaram-se, no início da formação dos grãos (fase leitosa), quando cessou o crescimento das plantas, as mensurações de: altura de planta, diâmetro de caule e inflorescência, tamanho, tipo (laxa ou densa), cor da inflorescência, presença de espinhos, ponto de inserção no caule, e porcentagem da inflorescência em relação a haste principal (RIVERO, 1994). A possível ocorrência de insetos-praga foi observada ao longo do ciclo da planta. O ciclo e a produção de grãos foram avaliados durante a colheita (WILLIAMS; BRENNER, 1995), realizada manualmente, aos 90-100 dias após a emergência.

Para se atingir uniformidade populacional, cerca de 15 dias após a germinação, fez-se o desbaste para manter o mesmo número de plantas. Assim, as comparações entre genótipos foram realizadas nas mesmas condições de cultivo. Durante o processo, fez-se a eliminação de plantas atípicas (*roguing*) continuando até o período imediatamente anterior à antese. Isto permitiu reduzir a possibilidade de perpetuação de misturas genéticas decorrentes da polinização cruzada e da mistura de sementes.

Usou-se a análise multivariada, com a inclusão de todos os parâmetros, na média de pelo menos dois anos de experimento. Para avaliar o grau de diversidade da coleção, empregou-se a análise de componentes principais, e, para a classificação de genótipos em grupos homogêneos, utilizou-se o método dos vizinhos mais próximos para os

componentes principais (CRUZ; REGAZZI, 1994). Nas análises, empregou-se o pacote estatístico LISA (FRANCILLION et al., 1987). A metodologia de análise estatística encontra-se descrita por Morrison (1976), Mardia et al. (1979) e Cruz e Regazzi (1994).

No campo, os acessos florescem, em geral, aos 45 dias após a emergência, e as plantas continuam a crescer até o enchimento dos grãos que ocorre durante 20 a 30 dias. As plantas atingem a maturação fisiológica entre 80 e 95 dias após emergência. Essas pequenas variações, provavelmente, ocorrem devido à similaridade de resposta dos genótipos ao fotoperíodo e à temperatura predominantes no Cerrado.

Em relação a pragas, têm-se verificado ataque de vaquinha (*Diabrotica speciosa*), lagarta enroladeira (*Omiodes indicatus*) e lagarta do caruru (*Herpetograma phsacopteralis*) às parcelas de amaranto, durante todo o ciclo e até mesmo após a maturação fisiológica). Quando em grande intensidade, as plantas atacadas podem reduzir o rendimento e requerem aplicação de inseticida. Entretanto, o monitoramento para determinar o momento da aplicação baseia-se na perda de área foliar e danos à panícula; a planta apresenta capacidade de compensar perdas na área foliar. Caso o dano foliar provocado pela vaquinha ocorra nos primeiros dias após a emergência, pode haver falha na lavoura.

Os coeficientes de correlação simples de Pearson, entre as características medidas nos testes de campo, possibilitam avaliar as relações de características morfológicas com rendimento (Tabela 12). Os acessos com maior altura de planta são os que apresentam maior diâmetro de caule e altura de inserção da inflorescência. Em geral, estes apresentam menor proporção da inflorescência em relação à haste da planta. A inexistência de relação entre rendimento de grãos e as demais características confirma que os parâmetros relativos ao vigor da planta são úteis no melhoramento.

Tabela 12. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r^2) calculados para altura de planta (ALT), diâmetro de caule (DIC), tamanho da inflorescência (TAI), diâmetro da inflorescência (DII), produção de grãos (PRO), inserção da inflorescência na haste (INS) e proporção da inflorescência na haste (PER).

	ALT	DIC	TAI	DII	PRO	INS
DIC	0,949 *					
TAI	-0,008	-0,181				
DII	0,968*	0,951*	-0,046			
PRO	0,233	0,271	0,486	0,333		
INS	0,967*	0,961*	-0,257	0,949*	0,099	
PER	-0,889**	-0,922*	0,452	-0,878**	-0,004	-0,974*

* $p \leq 0,01$ ** $p \leq 0,05$ 14 pares

Neste experimento, a análise de componentes principais mostra que os dois primeiros representam 92,2% da variação contida na matriz dos dados. Definiram-se três grupos de similaridade pelo método dos vizinhos mais próximos que explicaram 86,0% da variação total. Na Tabela 13, são apresentadas as médias das variáveis para cada grupo de similaridade. Observa-se variabilidade para todos os caracteres, demonstrando que o conjunto de acessos possui ampla base genética para as características consideradas e esta pode ser explorada em programas de melhoramento que visem à estabilidade de produção dessa cultura.

Tabela 13. Médias para os grupos de similaridade de 14 acessos de amaranto.

Variáveis	Grupos de similaridade		
	1	2	3
Altura da planta (cm)	162,87	93,23	131,47
Diâmetro de caule (cm)	5,91	2,70	4,20
Tamanho de inflorescência (cm)	45,24	43,23	61,13
Diâmetro de inflorescência (cm)	13,31	3,66	8,63
Inserção de inflorescência na haste (cm)	118,01	50,00	72,27
Proporção da inflorescência na haste (cm)	27,90	48,76	46,60
Produção de grãos (kg/ha)	1630,97	1171,60	1933,33

Nas Figuras 3 e 4, representam-se respectivamente a dispersão dos acessos, a direção e a intensidade dos vetores das variáveis em relação aos dois primeiros componentes principais. O teste é considerado eficiente para separar as espécies em grupos diferentes.

O primeiro grupo, composto de acessos de *A. cruentus*, é aquele que possui maior altura de planta (ALT), diâmetro de caule e diâmetro de inflorescência. Esse fato leva a inferir que essa espécie é a maior produtora de matéria seca. Esse resultado confirma o obtido por Carmo e Aguiar (2000). Alguns dos acessos comuns produzem quantidade significativa de biomassa.

O segundo grupo, constituído em sua totalidade por *A. hypochondriacus*, de origem indiana, tem como principais características o pequeno porte de planta e a baixa produção de grãos. Ainda que as plantas sejam menores, a proporção da inflorescência na haste é maior. Esses acessos podem ser considerados pouco promissores para adaptação no Cerrado. Todavia, não podem ser eliminados do banco de germoplasma por constituírem fonte de outros genes desejáveis.

No grupo três, os acessos com maior rendimento foram PI477916, Oscar Blanco, Japônica e L403A. Devido à dispersão do acesso Japônica em relação aos demais desse grupo, pode-se supor que foi melhorado quanto à produção de grãos.

Esses resultados mostram que, independentemente da origem, há potencial produtivo e que tanto *A. cruentus* quanto *A. caudatus* e *A. hypochondriacus* podem ser explorados para plantio na entressafra do Cerrado.

Por ser de rápido estabelecimento e ciclo curto o amaranto tem potencial para cultivo em safrinha assim como a quinoa, outro pseudocereal. (SPEHAR, 2003). Um aspecto que contribui na escolha do amaranto como uma nova planta do sistema de produção do Cerrado é a sua produção de biomassa que é comparável à do sorgo e à do milho aos 90 dias após a emergência (CARMO; AGUIAR, 2000; TEIXEIRA et al., 2000).

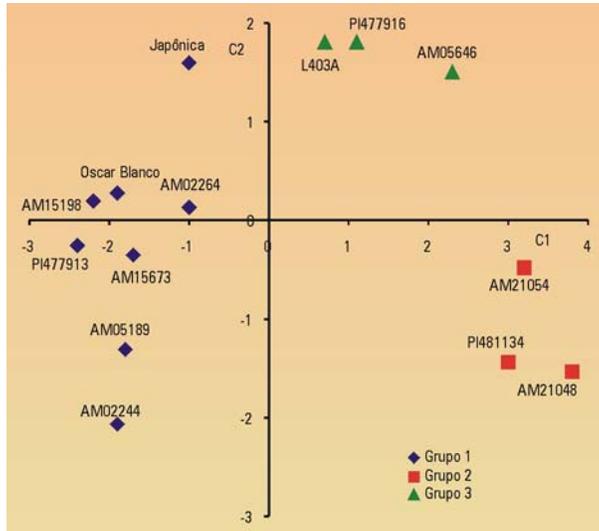


Figura 3. Dispersão dos acessos em relação aos dois primeiros componentes principais.

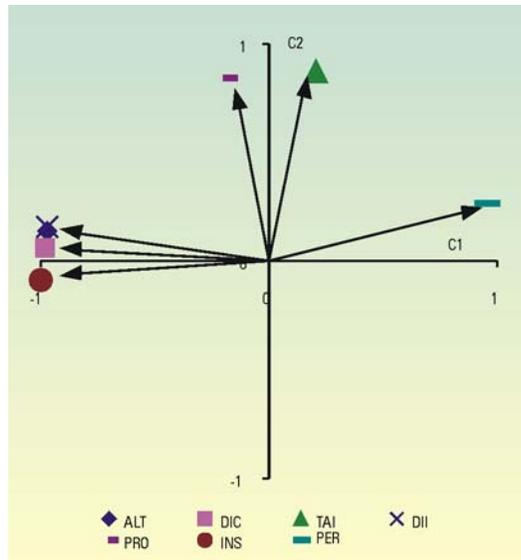


Figura 4. Direção e intensidade dos vetores de altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DIC), tamanho da inflorescência (TAI), diâmetro da inflorescência (DII), produção de grãos (PRO), inserção da inflorescência na haste (INS) e proporção da inflorescência na haste (PER) no primeiro e no segundo componentes principais.

Recomendação de cultivar

O advento do sistema plantio direto, como alternativa para o manejo do solo, torna possível semear o cultivo principal (soja e milho, por exemplo) na época correta para se atingir máximos rendimentos (SPEHAR, 1994; SPEHAR; LANDERS, 1997). Por sua vez, o uso de cultivares precoces viabiliza a produção de amaranto, em sucessão, para estabelecimento da agricultura em bases sustentáveis (SPEHAR et al., 1997; SPEHAR, 1998).

A Embrapa Cerrados, juntamente com as Universidades Federais de Brasília, Uberlândia e Tocantins, a Associação de Plantio Direto no Cerrado, vem estudando a adaptação de espécies de plantas para diversificar o sistema produtivo. A seleção baseia-se, principalmente, no rápido estabelecimento, tolerância ao déficit hídrico, produção de biomassa, ciclagem de nutrientes e utilização na alimentação tanto humana quanto na animal (SPEHAR, 1998; SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001).

As principais espécies de amaranto apresentam essas características, com elevado rendimento de grãos, sementes claras, ausência de dormência. Têm sido usadas nos sistemas de produção em várias partes do mundo (BRENNER; WILLIAMS, 1995).

O amaranto pode ser utilizado na proteção do solo e como forragem, no período de entressafra. Os grãos destinam-se à alimentação humana e animal. Inúmeros alimentos podem ser derivados para atender a demanda por dietas especiais como, por exemplo, farinhas, cereais matinais, massas, biscoitos isentos de glúten. São úteis aos que buscam alternativas a proteínas animais, livres de colesterol e a pacientes celíacos. Na alimentação de monogástricos (suínos) e aves, apresenta vantagem sobre o milho ou a soja, isoladamente, como fonte de proteína de alto valor biológico (RIVERO, 1994; BRENNER; WILLIAMS, 1995).

Nos primeiros dias após a emergência, a planta apresenta crescimento lento. Entretanto, desenvolvem-se vigorosas, com inflorescências (panículas ou cachos) coloridas, com variações do amarelo ao roxo, vistosas. Trinta dias depois da emergência, apresentam rápido

crescimento e podem atingir até 2,0 m, com a inflorescência de até 0,6 m, dependendo do manejo populacional e do suprimento de água. As sementes são muito pequenas e arredondadas. Quando amadurecem, ao cair no solo, germinam rapidamente na presença de umidade.

O *Amaranthus cruentus*, BRS Alegria, originou-se da linhagem de *Amaranthus cruentus* AM 5189, procedente dos Estados Unidos. Depois de dois anos de ensaios, a partir de 1998, realizou-se seleção massal em AM 5189 e uniformizando-o pelos marcadores morfológicos. Na safrinha, na ausência de estresse hídrico e, irrigado na entressafra, apresentou produção de biomassa e de grãos desejáveis. Essas duas características, associadas ao curto período da emergência à maturação, tornam-na um potencial componente do sistema plantio direto.

Com o plantio direto, eleva-se a probabilidade de semear a cultura principal como, por exemplo, a soja ou o milho com ciclos precoces, na época correta para se atingir máximos rendimentos. A safrinha, em semeadura direta após a soja, viabiliza a produção de amaranto para o estabelecimento de agricultura em bases sustentáveis (SPEHAR et al., 1997; SPEHAR et al., 2000).

Características fenológicas

A cultivar BRS Alegria possui hipocótilo com coloração rosada. As folhas grandes e alongadas são verdes, com coloração rósea da nervura, na face abaxial. O caule ereto apresenta coloração rósea. A inflorescência, diferenciada é terminal, compacta e apresenta coloração rósea que permanece mesmo depois de a planta atingir a maturação fisiológica. Os grãos estão contidos em frutos do tipo pixídio, deiscente; são arredondados, de coloração bege. As plantas demoram a secar após a maturação; quando a semeadura é feita no período da safrinha, as plantas amadurecem em pleno período da seca, no Cerrado, o que permite a secagem e a colheita dos grãos.

A planta apresenta estatura média de 180 cm, sendo que a inflorescência ocupa 48 cm. A diferenciação floral ocorre aos 30 dias após a emergência e a antese, aos 45 dias. O período entre a emergência e a

maturação fisiológica é de 90 dias. As plantas são resistentes ao acamamento. Os grãos prontos para o armazenamento, com umidade de 12 g 100 g⁻¹, apresentam peso médio de 0,68 g/ 1000 sementes e conteúdo de 15 g 100g⁻¹ de proteína.

O rendimento médio de grãos, em dois anos de ensaio, obtido na maturação fisiológica foi de 2359 kg ha⁻¹ (Tabela 14) e superior ao das testemunhas AM 2264 (2,028 kg ha⁻¹) e AM 15673 (2,218 kg ha⁻¹). Esses valores, obtidos de experimentos de semeadura direta, são elevados quando se considera que a planta apresenta apenas 90 dias de ciclo (período entre a emergência e a maturação fisiológica) e superam os resultados obtidos em países andinos, nos quais o ciclo é pelo menos 30 dias mais longo (Tapia, 1997). No Brasil, a produtividade, o ciclo curto e o baixo consumo de sementes no plantio, possibilitam atender rapidamente à demanda dos agricultores interessados.

Tabela 14. Rendimento de grãos de amaranto cultivar BRS Alegria⁽¹⁾.

Local	BRS Alegria		Testemunhas	
		AM 2264	AM 15673	Média
..... (kg ha ⁻¹)				
1999				
Planaltina	2.625	2.160	1.860	2.010
Cristalina	2.452		2.362	2.363
Média	2.538	2.160	2.111	2.135
2000				
Planaltina	1.990	1.362		1.362
Cristalina	2.370	2.430	2.325	2.377
Média	2.180	1.896	2.325	1.869

¹ Os valores de produtividade foram obtidos em cultivo após a soja, com 250-300 mm de precipitação.

Por se tratar de planta nova no sistema produtivo do Cerrado, cujo ambiente é distinto da região onde foi domesticado, não apresenta as pragas e as doenças típicas da espécie. Entretanto, houve incidência de *Herpetograma phacopteralis*, (Guinée, 1854), um lepidóptero associado a

outras plantas do gênero *Amaranthus*, sem causar dano econômico. Em áreas onde havia elevada população de vaquinha (*Diabrotica speciosa*), houve algum dano na fase inicial; após a emergência, na fase vegetativa, causou perda de área foliar, sem comprometer a produção. Sobre os grãos armazenados, ocorreu infestação da traça de cereais *Ephestia elutella* (Huebner, 1796), ainda que em baixa incidência. No futuro, em plantio comercial, deve-se estar atento a essas e outras possíveis pragas.

O amaranto, cultivar BRS Alegria, possui sementes pequenas (0,68 g 1000⁻¹ sementes). Na semeadura, utilizam-se entre 2 e 8 kg ha⁻¹, a depender do sistema empregado: sulcos espaçados de 40 a 50 cm ou a lanço, com escarificação do solo. A semeadura a lanço, sobre a soja, na fase final do ciclo e após a colheita, é possível, porém necessita mais experimentação (SPEHAR et al., 2003).

A baixa capacidade competitiva do amaranto, no início da fase vegetativa, pode causar problemas com as plantas daninhas. Quando a semeadura é feita em sulcos, sobre a palha do cultivo anterior, os resíduos remanescentes atrasam a emergência das invasoras e possibilitam a competitividade do amaranto. O melhor desempenho foi obtido em rotação com pastagem, quando houve baixa infestação de plantas daninhas (SPEHAR; Lara CABEZAS, 2001).

O plantio mais uniforme resultou da mistura de sementes e fosfato natural granulado cuja granulometria e densidade eram semelhantes às da semente na caixa de adubo da plantadeira. Alternativamente, pode-se utilizar a terceira caixa das plantadeiras que apresentam esse dispositivo. Não se deve cobrir as sementes com mais de 1 cm de terra, sob o risco de se afetar a emergência e a uniformidade da lavoura.

O amaranto BRS Alegria pode ser cultivado em qualquer época do ano, dependendo da finalidade, ou seja, para a produção de grãos, as semeaduras de safrinha (outono) e de entressafra (inverno) são as que produzem melhor resultado; para a produção de forragem, a semeadura de verão é ideal. Semeaduras de verão atrasadas podem, também, ser úteis na produção de grãos, uma vez que a maturação não ocorrerá no período chuvoso.

Para que o amaranto tenha sua adaptação aos sistemas produtivos no Brasil, torna-se necessário investir em pesquisa, como é feito com as grandes culturas como a soja, o milho, o feijão, o trigo. Espera-se obter ganhos por seleção que tornem seu cultivo cada vez mais competitivo e demandado pelos produtores que querem ampliar sua renda. Na Figura 5, encontra-se esquematizada uma seqüência mínima para que se atinja o objetivo do melhoramento. As técnicas de manejo, desde a semeadura, fertilidade do solo, uniformidade de lavoura, colheita até o armazenamento devem complementar os avanços genéticos.

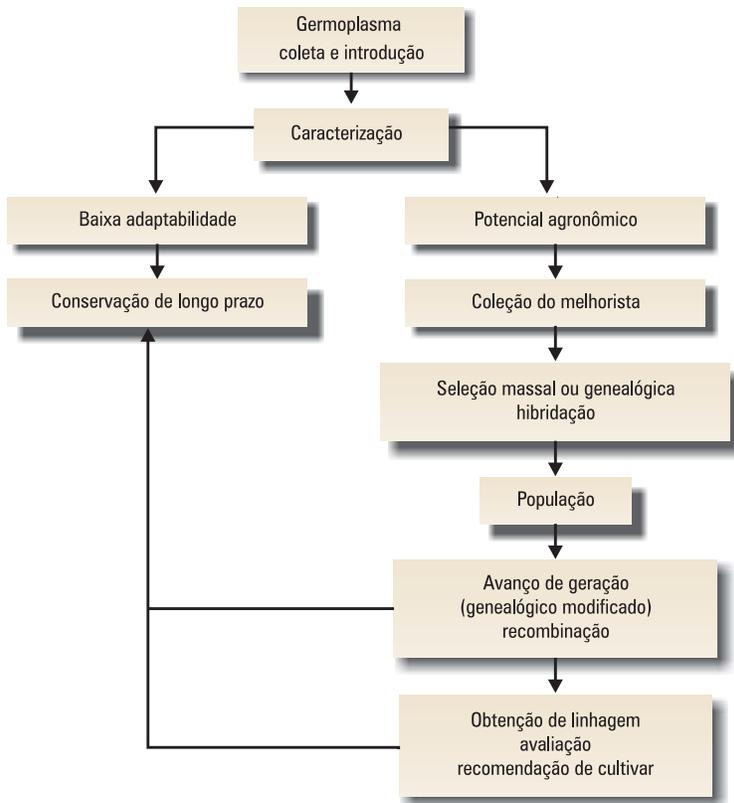


Figura 5. Esquema a ser empregado no melhoramento genético de amaranto, a partir do germoplasma.

Carlos Roberto Spehar

Danielly Leite Teixeira

David Brenner

Características da semente

A semente é protegida no interior do fruto. Depois da maturação fisiológica, ocorre a deiscência, tornando-a exposta aos fatores ambientais. Assim, se chover antes da maturação, não haverá grandes danos à qualidade e à germinação. Depois dessa fase, o excesso de umidade pode comprometer a qualidade do produto seja ele semente, seja grão para o consumo e indústria.

O ganho e a perda de umidade podem fazer com que se iniciem as transformações que induzem a semente a germinar. Esse processo ao ser interrompido, causa danos com perda de germinação e do vigor. O material colhido perde suas características de composição e industriais, como a expansão ou capacidade de pipocar – fator importante na produção de alimentos; pode desenvolver fungos danosos à saúde, mudar a cor original e depreciar o produto.

Para se atingir os níveis desejados de qualidade e conseqüente sanidade e uniformidade de lavoura, torna-se necessário adotar critérios que levem em conta as peculiaridades da planta de amaranto.

Programação da sementeira e da fertilização

A sementeira deve ser programada em função do número de dias para a maturação a fim de que a colheita ocorra quando a umidade do ar estiver reduzida. No momento, a cultivar disponível, BRS Alegria, com ciclo de 90 a 100 dias, poderá ser plantada a partir de final de dezembro, pois a maturação ocorrerá em fins de março, abril quando escassearem as chuvas.

Na fase anterior à maturação fisiológica (grãos cheios) e, principalmente, após o ponto de colheita, as sementes se deterioram caso o material colhido não passe por secagem adicional. Com chuvas e alta umidade, o caule permanece úmido por mais tempo do que as sementes. Quando estas amadurecem, os frutos tendem a se abrir liberando-as com grandes perdas. Daí, o plantio em safrinha ser mais vantajoso, pois a maturação ocorre em plena seca, possibilitando colheita uniforme e com baixa umidade dos grãos.

No cultivo em sucessão à soja ou ao milho, em áreas favoráveis à safrinha, a sementeira é direta para aproveitar o resíduo de nutrientes ou com uma adubação de manutenção de 60 a 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, quando se objetiva elevada produtividade de grãos (>2 t ha⁻¹). O nitrogênio deve ser parcelado: 30 kg ha⁻¹ na sementeira e 30 kg ha⁻¹ em cobertura aos 30 ou 40 dias após a emergência. Nas áreas sujeitas a maiores riscos, cultiva-se no resíduo da safra principal.

Monitoramento da umidade

As sementes podem perder ou ganhar umidade, caso incidam chuvas sobre as plantas maduras. Quando as plantas atingem o ponto de colheita, é interessante acompanhar o nível de umidade. Isto se faz por dois meios: (i) debulha manual de sementes, retirada de amostras e avaliação do teor de umidade; se estiver abaixo de 20 g 100 g⁻¹, realiza-se a colheita; (ii) fricção das panículas, se as sementes se desprenderem ao movimento das mãos, porém, se estiverem úmidas, adiar a colheita; caso se desprendam, poder-se-á colhê-las, e, com secagem adicional, se agregarem ao aperto da mão.

Colheita e beneficiamento

O ponto de colheita é definido pelo teor de umidade desejável abaixo de 20 g 100 g⁻¹ para diminuir perdas no processo e no armazenamento. Com base em observações, é possível afirmar que sementes colhidas com níveis superiores àquele valor podem fermentar e perder rapidamente a germinação e o vigor.

A semente do amaranto é muito pequena em relação aos principais grãos cultivados no Brasil. As espécies que mais se aproximam em tamanho são as crucíferas (colza e mostarda). Quando se realiza colheita manual, as plantas são cortadas com os talos ainda verdes e a panícula na fase final do amadurecimento, deixando-os secar em posição vertical, apoiadas umas nas outras, formando medas. Na colheita mecanizada, ajustes são feitos para que os grãos contenham o mínimo de restos da planta, sem haver grandes perdas, o que não é tarefa fácil. No plantio de safrinha, em sucessão à soja ou ao milho, a secagem do caule é maior, o que é vantajoso para obter produto de qualidade.

A colheita mecanizada do amaranto requer ajustes na máquina (SPEHAR et al., 2003). Em plantio pioneiro de lavoura comercial de amaranto¹, foram observadas perdas de pelo menos 20% dos grãos nas primeiras colheitas. Com o passar do tempo e maior experiência, em plantio de safrinha, esses valores tenderam a se reduzir. Depois da colheita, foi necessário revolver os grãos até que atingissem teor de umidade em 12 g 100 g⁻¹; a baixa umidade relativa do ar no período da entressafra favorece a operação e tem resultado em produto de melhor qualidade.

Limpeza, secagem e armazenamento

Depois de colhidas, as sementes devem passar por limpeza adicional, antes e depois da secagem, quando esta for necessária. Nessa fase, pode-se

¹ Comunicação pessoal do Eng. Agrônomo Sebastião Conrado de Andrade, da Fazenda Dom Bosco, Cristalina, GO, ao primeiro autor, em 2004.

armazenar as sementes por longo prazo, mesmo sob as condições ambientes do Cerrado. Entretanto, o uso de embalagens herméticas, mantém o poder germinativo por longos períodos, além de prevenir pragas de grãos armazenados.

Sementes e pureza varietal

Na produção de sementes comerciais, deve-se levar em conta a taxa de polinização natural ou alogamia. Como foi visto, ainda que seja uma planta predominantemente autógama, a taxa de alogamia é variável e pode afetar a pureza varietal, caso sejam multiplicadas, lado a lado, espécies, cultivares ou linhagens de amaranto com ciclo semelhante. A possível ocorrência de cruzamentos naturais com espécies de plantas daninhas é mais um obstáculo. Portanto, antes de se instalar os campos de produção, deve-se avaliar o histórico da área relativo a sua distribuição e frequência.

Para evitar cruzamentos naturais, o recomendável é que se multipliquem as sementes em parcelas intercaladas com outras espécies como milho, quinoa, sorgo, girassol, kenaf. Alternativamente, utiliza-se o isolamento físico, com distância mínima de pelo menos 100 m ou que se realizam plantios em datas espaçadas para evitar coincidência na floração entre variedades de mesmo ciclo. Essas precauções tornam viável a produção de sementes para manter as características originais da cultivar.

Necessidade de sementes e forma de semeadura

Com as vantagens de utilizar baixa quantidade de sementes, diversificar o sistema produtivo, reduzir custos do cultivo principal e oferecer matéria-prima para utilização humana e animal, o amaranto torna-se um cultivo atrativo, insere-se rapidamente no sistema e supre a demanda da cadeia produtiva. Em pequena área na propriedade, o agricultor pode produzir a própria semente. Devido ao baixo consumo, em uma lavoura bem conduzida, com área de apenas 0,20 ha, pode-se produzir a quantidade necessária ao cultivo de 100 ha.

A semeadura pode ser direta (sem preparo do solo), com dispositivo apropriado para sementes pequenas; alternativamente, utiliza-se veículo da mesma densidade, como por exemplo quirera de milho, misturado às sementes na caixa de adubo. Nas semeadeiras que apresentam a terceira caixa, deve ser usado o mecanismo para semeadura de forrageiras (cilindro canelado). As sementes devem ser cobertas com no máximo 1,0 cm de solo, para não afetar a uniformidade da lavoura. Na sobressemeadura, deve-se elevar a densidade para assegurar estabelecimento de lavoura.

Época de semeadura

O plantio direto da soja ou do milho, na época correta para se atingir máximos rendimentos, cria oportunidade para a sucessão (SPEHAR, 1994; SPEHAR; LANDERS, 1997). Por sua vez, em sistemas irrigados e no período da primavera-verão, também há opção para o cultivo do amaranto, com o objetivo de diversificar a produção de grãos (SPEHAR; LARA CABEZAS, 2001; SPEHAR, 1998). Portanto, é fundamental definir a época de semeadura mais adequada para se atingir altos rendimentos, com produto que apresente padrões aceitáveis de qualidade.

No Brasil Central, experimentos e parcelas demonstrativas de amaranto são conduzidos na primavera-verão, no verão-outono e no inverno (entressafra) para definir a resposta da planta a diferentes condições climáticas. Genótipos têm sido avaliados na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, em Latossolo Vermelho-Escuro, com características físicas e químicas semelhantes às mencionadas no Capítulo 3. No plantio, tem-se utilizado 60 kg ha⁻¹ N, 46 kg ha⁻¹ P e 60 kg ha⁻¹ K, aplicados, ao lado e abaixo das sementes, como adubação de manutenção.

Os dados sobre ciclo da planta, altura da planta, produção de grãos, produção total de biomassa, comprimento da inflorescência, diâmetro da inflorescência, cor do caule e diâmetro do caule têm sido coletados.

Em todas as épocas, os genótipos com melhor comportamento agronômico têm confirmado que a seleção pode ser feita com base nos componentes de rendimento. No processo de seleção para o cultivo, os

acessos foram inicialmente testados no plantio de entressafra em dias curtos. Nesse período, foram favorecidas as linhagens menos sensíveis ao fotoperíodo. Portanto, as recomendadas, como a BRS Alegria, apresentam desempenho satisfatório em qualquer época de semeadura.

Na ausência de fatores limitantes, como geadas e estresse hídrico na fase inicial do crescimento vegetativo, é possível a obtenção de altos rendimentos. Portanto, a exploração do potencial genotípico, passa a depender mais da fertilização do solo, da uniformidade de lavoura, da população e da distribuição espacial das plantas.

População

A definição de espaçamento e da densidade que resulte em cobertura do solo, no período o mais curto possível, é necessária para se obter elevado rendimento com os genótipos ou variedades selecionados. Na fase inicial do crescimento, a cobertura do solo é crucial na competitividade do amaranto com as plantas daninhas (SPEHAR et al., 2003). A forma de crescimento, própria de cada variedade, é mais bem explorada pelo arranjo espacial que resulte em maior competitividade da cultura com as plantas daninhas, sem prejuízo ao potencial produtivo.

Um fator que pode afetar a uniformidade da germinação e da lavoura é o tamanho das sementes. Isto significa que elas não devem ser semeadas em profundidade, pois podem não germinar. Na definição da densidade de sementes, deve-se levar em conta a forma de semeadura.

Em solo sob preparo convencional, o estabelecimento de lavoura é feito com a densidade de 2 kg ha⁻¹, usando-se semeadeiras de hortaliças. Em plantio direto, deve-se elevar a pelo menos 5 kg ha⁻¹, a depender do tipo de solo: arenoso, textura média ou argiloso. Neste, quando há formação de torrões e nos arenosos, com ocorrência de crosta superficial, pode ser necessária uma compensação pelas sementes que não conseguirão emergir, com densidade de até 10 kg ha⁻¹. Em todas as situações, a profundidade não deve exceder 1 cm, sob pena de se perder a semeadura.

Os testes de semeadura com a soja ou o milho, antes da colheita, (sobressemeadura), para aproveitar a umidade residual e estabelecer uma segunda safra com amaranto, indicam ser possível seu estabelecimento. Entretanto, o sucesso da operação depende da umidade no solo e da cobertura dele com resíduos dos cultivos anteriores.

Em solo sob plantio direto, cujo cultivo anterior foi milho, há considerável quantidade de resíduos. Estes impedem o contato direto da semente com o solo. Portanto, para compensar as sementes não-germinadas, aumenta-se a dosagem para até 18 kg ha⁻¹. Fator de sucesso na sobresseadura é a ocorrência logo após a operação de chuvas. A superfície do solo perde umidade facilmente. Como as sementes estarão depositadas sobre ela, o ideal é que se realize a operação antes das chuvas. Assim, a semente inicia a germinação, emite a radícula que deve penetrar o solo antes de o ambiente tornar-se desfavorável.

Um fator que leva ao aumento na dosagem de sementes é a inexistência de máquinas apropriadas à semeadura uniforme no solo, em profundidade e com preparo do ambiente físico para impedir selamento e deposição de torrões que impeçam a emergência. Recomenda-se aumentar a quantidade de sementes para se atingir a densidade desejada.

No Cerrado, a experimentação, em vários locais, tem mostrado que a distância entre fileiras ou sulcos deve ser de 0,4 a 0,5 m ou a mesma da soja, com população de até 400.000 plantas/ha. A população recomendada em outros ambientes é de 173.000 plantas/ha, no espaçamento de 0,6 m entre sulcos. Isso equivale à densidade de 12 plantas/m (HENDERSO, 1993). O importante é que a semente utilizada apresente boa qualidade, com germinação e vigor de pelo menos 80%.

A densidade de semeadura no Peru, para sementes com 90% de germinação, é de 4 a 6 kg ha⁻¹. Nessa densidade, há excesso de plantas que depois será reduzido para 100.000 ou 150.000 plantas/ha, após o raleio manual. Essa técnica se aplica a áreas pequenas, na propriedade familiar (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Essa operação deve ser realizada, no

máximo, após 20 dias da emergência, sob pena de afetar o desenvolvimento e o rendimento das plantas. Em áreas grandes, como o Cerrado, aumenta-se a densidade no plantio direto para obter lavouras uniformes.

Estratégia de adubação em safrinha

O amaranto, cultivado em sucessão à soja ou ao milho, pode aproveitar o resíduo de nutrientes ou receber adubação de manutenção, sugerida com base na composição da planta, de 60 a 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, quando se objetiva atingir o máximo rendimento econômico de grãos, nas regiões favoráveis à segunda safra. O nitrogênio que pode variar entre 60 e 100 kg ha⁻¹ deve ser aplicado, preferencialmente, em duas doses: metade na sementeira e o restante aos 45 dias após a emergência.

Em regiões onde o risco é grande para a safrinha ou quando se realiza a sobressemeadura, fertiliza-se em excesso o cultivo principal e semeia-se o amaranto para que as plantas aproveitem o resíduo de nutrientes deixados pela soja ou pelo milho. Caso tenha sido milho, e as chuvas residuais permitem crescimento satisfatório na fase vegetativa, aduba-se com nitrogênio na dose de 60 kg ha⁻¹ aos 30 ou 45 dias da emergência.

*Carlos Roberto Spehar
Eduardo Andreas Lemus Erasmo*

Estudos sobre fertilização do solo, visando atender às exigências do amaranto e que propiciem rendimento econômico ainda são necessários. Entretanto, no Brasil, a informação sobre níveis de nutrientes encontra-se em fase de geração. Nos países andinos, quando o amaranto é semeado em rotação com os cultivos principais, não recebe adubação. Este é um cultivo de subsistência, com baixo rendimento. Nos Estados Unidos, onde se realiza cultivo comercial, as adubações visam atender às exigências da planta, com base na análise de solo.

Na fase de adaptação do amaranto ao cultivo comercial, os níveis críticos têm sido baseados, inicialmente, na correção com calcário e fertilizantes recomendados para as grandes culturas, como soja e milho (SPEHAR et al., 2003). Entretanto, o suprimento de nutrientes na safra (adubação de manutenção) deve ser baseado na composição da planta. Os macronutrientes, N, P, K, encontram-se em maior concentração nos frutos e nas folhas; em concentração intermediária, no caule; e a menor, nas raízes. K e N ocorrem em alta concentração na panícula; Ca e Mg acumulam-se nas folhas e nas raízes; Fe é encontrado em níveis elevados na folha, na raiz e na semente.

Cálcio e Magnésio

Os dados da análise foliar indicam que o amaranto extrai quantidades consideráveis de cálcio e de magnésio. Os solos de Cerrado, corrigidos para

os cultivos anuais como soja e o milho, são também os ideais para amaranto. Nesse ambiente, quando se incorporam áreas virgens, necessitam-se cerca de 4 t/ha de calcário PRNT 100% para elevar os teores de cálcio, magnésio, pH e reduzir o nível de Al trocável a zero, em solos com mais de 30 g 100 g⁻¹ de argila. Nessas condições, atendem-se as exigências do amaranto. Em qualquer circunstância, deve-se evitar o excesso de calagem ou que o pH atinja valores acima de 6,5. Acima desse valor, ocorrem deficiências de micronutrientes.

Nitrogênio

O suprimento de nitrogênio (N) está diretamente ligado a altos conteúdos de proteína na semente e na folha de amaranto (WALTERS et al., 1988). O amaranto requer em torno de 25 kg ha⁻¹ de N por tonelada de grãos que se espera produzir. Em cultivo de sucessão (safrinha), com probabilidade de redução no rendimento por estresse hídrico, procura-se reduzir o custo de estabelecimento da lavoura. Nessas condições, cultiva-se o amaranto com pequena quantidade de N na base (entre 10 a 30 kg ha⁻¹). Caso a ameaça climática diminua, o restante pode provir do resíduo deixado no solo, no cultivo após a soja; quando necessário, complementa-se a dosagem para atender à demanda exigida pelo crescimento das plantas.

Respostas a N em até 180 kg ha⁻¹ foram encontradas em amaranto, quando não houve fatores limitantes ao cultivo (SEPÚLVEDA, 1989; ELBEHRI et al., 1993; CLARK; MYERS, 1994). Na semeadura, realizada em fevereiro, após o cultivo do feijão ou do milho, ou estendida a março, após a soja, em regiões com maior disponibilidade de umidade, pode-se aplicar até 80 kg de N e obter rendimento em torno de 3 t ha⁻¹.

O melhor resultado foi obtido quando se aplicou metade da dose de N na semeadura e o restante cerca de 45 dias após a emergência. O cultivo do amaranto em sucessão (safrinha) é mais econômico, após a soja, pela vantagem de aproveitamento do resíduo de N deixado no solo.

Fósforo

No Cerrado, o fósforo (P) é requerido em doses de 60 a 80 kg ha⁻¹, como manutenção, em condições ótimas de cultivo: semeadura de entressafra irrigada ou em safrinha, em regiões favorecidas, quando não há estresse hídrico. Em experimentos nos Estados Unidos, foi verificado, para cada quilograma de P aplicado, que o rendimento de grãos aumenta em 28,1 kg (ELBEHRI et al., 1993).

No Cerrado da Região Central do Brasil e em outras regiões, os solos nos quais se pretende cultivar amarantho devem estar previamente corrigidos em Ca, Mg e P para satisfazer a demanda das grandes culturas como a soja e o milho. Nas situações em que se esperam elevados rendimentos, aplica-se a dose máxima, como manutenção; caso os riscos e ou estresses na fase final do desenvolvimento das plantas sejam elevados, reduz-se a quantidade aplicada para conseguir o rendimento esperado. Quando os riscos são ainda maiores, semeia-se sem adubar, aproveitando o resíduo do cultivo anterior (soja, feijão ou milho).

Potássio

O suprimento de potássio em amarantho deve ser superior ao que se emprega na soja, com base na demanda da planta. Para cada tonelada de grãos, retiram-se cerca de 25 kg ha⁻¹ de K₂O. Quando se espera atingir rendimentos superiores a 2,0 t/ha, aplicam-se pelo menos 80 kg ha⁻¹. Da mesma forma que, para os demais elementos, caso a safrinha seja uma atividade de alto risco, reduzem-se custos, e a lavoura é estabelecida sem adubo, aproveitando o resíduo do cultivo principal.

Enxofre e micronutrientes

Assim como para os grandes cultivos, a falta de enxofre (S) pode limitar a produção do amarantho. Entretanto, com a prática da gessagem para suprir S, diminuir acidez e Al trocável no perfil do solo, realizada

regularmente para atender a demanda do cultivo principal, não deverá surgir deficiência desse elemento. Da mesma forma, os micronutrientes, aplicados nos cultivos principais, sob fontes de baixa liberação, formam resíduo suficiente para suprir a necessidade do cultivo de amaranto. Com o suprimento adequado desses e dos demais nutrientes no solo, dispensam-se as adubações foliares que, em geral, oneram o custo de produção.

O cultivo de amaranto no Brasil é recente. Entretanto, ainda que não se espere incidência de pragas e doenças, comuns no ambiente dos centros de origem e de cultivo há mais tempo, deve haver a preocupação com elas, principalmente, porque há espécies silvestres de amaranto associadas à expansão agrícola no Brasil (COONS, 1981). Algumas das pragas potenciais têm sido detectadas nas áreas experimentais e de multiplicação de sementes (SPEHAR et al., 2003). Pretende-se apresentar a perspectiva de controle de plantas daninhas por métodos alternativos (não-químicos), ao tempo em que serão apresentadas as principais pragas e doenças que atacam o amaranto.

Plantas invasoras

A integração do amaranto aos sistemas de produção, depende do manejo adequado de plantas invasoras. O controle químico é comum para grandes cultivos como soja, milho, feijão, arroz e trigo, em amaranto, no entanto, não há herbicidas que atuem de maneira satisfatória. Os produtos existentes foram desenvolvidos para proteger plantios cultivados, com grande expressão comercial, nos quais os carurus, espécies do gênero *Amaranthus*, ocorrem e devem ser controlados.

No cultivo em áreas de pequenos produtores (agricultura familiar), pode-se empregar o controle mecânico, a iniciar quando as plantas de

amaranto apresentam de 10 a 15 cm de altura; trinta dias após a emergência, faz-se a eliminação das últimas plantas daninhas. A competitividade da cultura do amaranto aumenta daí em diante, e as invasoras não constituirão problema até o final do ciclo. Por sua vez, o cultivo mecanizado em grandes áreas, ainda que seja a melhor forma do ponto de vista ambiental, é pouco viável.

Uma opção ao cultivo mecânico é o cultural, alterando-se o espaçamento. Neste caso, escolhe-se semear o amaranto em área com baixa infestação de invasoras. O plantio em espaçamento reduzido a 40 cm, permite que as plantas iniciem a competição mais cedo, devido à cobertura do espaço entre as linhas.

O cultivo químico apresenta limitação, pois a maioria dos herbicidas produz efeitos letais para o amaranto. Os gramínicos *trifluralin*, *setoxydin*, *fluazifop-butil* e *alachlor* podem ser empregados sem problemas. Entretanto, não são eficientes no controle de plantas de folhas largas. No controle de plantas com essas características, uma possibilidade é a aplicação dirigida, com protetores aos sulcos, para evitar que o herbicida toque a planta de amaranto; neste caso, têm apresentado relativa eficiência o metabentiazuron (Tribunil) e o linuron (Afalon), nas aplicações pós-emergência, na dose de 1,5 L/ha⁻¹ (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997).

Em áreas de Cerrado, em plantio direto, a semeadura de amaranto sobre área cultivada com braquiária (*Brachiaria decumbens*), previamente dessecada com *glifosato*, produziu resultados favoráveis, com baixa infestação de plantas daninhas. Ademais, em áreas cobertas com palha, após o cultivo de milho e com controle por herbicida sem efeito residual, foi igualmente possível realizar manejo razoável de plantas invasoras (SPEHAR et al., 2003).

Espera-se, à medida que o amaranto se torne um cultivo comercial no Brasil, sejam selecionados herbicidas adequados ao manejo de plantas invasoras.

Insetos

Como no Brasil o amaranto ainda se restringe a áreas experimentais e de pequenas lavouras, não se registraram as pragas típicas que ocorrem na região andina e no México. Entretanto, há insetos que têm causado algum tipo de dano à planta, como cortadores de folhas (*Atta* spp.); cortadores de plântulas (*Agrotis ipsilon*.); destruidores de plântula e redutores de área foliar (*Diabrotica speciosa* e *Omiodes indicatus*.); destruidores de sementes em desenvolvimento e da panícula na fase reprodutiva (*Herpetogramma phacopteralis*); destruidores de grãos armazenados (*Ephestia* sp.).

No processo de adaptação do amaranto ao cultivo no Brasil, buscou-se, via quarentena, evitar a introdução dos insetos que ocorrem nos países de origem. Entretanto, são pragas potenciais que eventualmente virão a ocorrer em nosso país e devem ser conhecidas. A seguir, são apresentadas as principais pragas causadoras de danos que ocorrem nas regiões de origem ou em países que se tornaram produtores.

Eurysacca melanocampta

Essa praga, um lepidóptero encontrado nas altitudes acima dos 2000 m nos Andes, é de grande importância (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Entretanto, o ambiente do Cerrado pode ser desfavorável ao seu desenvolvimento. Sua oviposição se realiza na face abaxial da folha. Transforma-se em larvas minadoras que, ao crescer, migram para outras folhas novas e brotos que permanecem unidos como em um tubo compacto dentro do qual se encasulam. As larvas que completam o desenvolvimento nas folhas empupam no solo. Formam ainda galerias e fragmentação de panícula, com total destruição da planta.

O controle se faz por eliminação de hospedeiros naturais (amaranto silvestre), variedades resistentes (aquelas com inflorescência colorida são menos preferidas) e inimigos naturais.

Herpetograma bipunctalis* e *Spoladea recurvalis

Esses insetos são considerados pragas-chave do amaranto na zona costeira do Peru (VERGARA; SÁNCHEZ, 1983); o primeiro é do mesmo gênero da *H. phacopteralis* que ocorre no Brasil. No início, as larvas são de cor creme mudando para verde-claro e amarelado quando apresentam 20 mm de comprimento. As larvas escondem-se entre os glomérulos onde formam um ninho e aí se desenvolvem em pupa. Em grandes infestações, podem causar a desfolha total da planta. O hospedeiro principal é o *Amaranthus hybridus*, planta daninha comum no Brasil.

As infestações dessas duas pragas começam depois do início da floração, atacando as folhas e o primórdio floral, formando um cartucho onde se alimentam e empupam. Na infestação da panícula, localizam-se no conjunto dos eixos florais onde se alimentam, causando danos maiores no verão (LÁZARO; SARMIENTO, 1988).

O controle se faz por eliminação das espécies silvestres (caruru), rotação de culturas, semeaduras de entressafra, uso de inimigos naturais e aplicação de inseticidas (antes da penetração da larva na inflorescência).

Lygus lineolaris

Dos sugadores, o que pode se tornar praga em nosso país é o *Lygus lineolaris*, um percevejo pequeno, causador de danos à planta e, em especial, aos grãos, durante sua fase de enchimento. Constitui praga nos Estados Unidos nas áreas onde o amaranto tem sido cultivado. É provável que, com o cultivo comercial do amaranto no Brasil, esse sugador venha a ocorrer.

Há ainda um número de pragas potenciais, das quais citam-se: *Spodoptera eridania* (lagarta-militar), *Pseudoplusia includens* (falso-medidor), *Spoladea recurvalis* (lagarta-de-folhas e inflorescências), *Heliothis titicacae* (perfurador-de-inflorescência), *Mythimna unipunctata* (comedor-de-folhas), *Aphis spp.*, *Myzus persicae* (pulgões) e *Contrachelus seniculus* (gorgulho).

Doenças fúngicas

***Alternaria* spp.**

Essa doença apresenta diversas espécies do mesmo gênero ou agentes causais: *Alternaria tenuis* (México), *Alternaria alternantherde* (Estados Unidos), *Alternaria amaranthi* (Índia, Quênia), *Alternaria* spp. (Peru, Nepal, Equador), assim como as diversas espécies do gênero *Amaranthus*. Produz lesões típicas, com círculos concêntricos e halo amarelado nas folhas e no colmo. Reduz o vigor das plantas e, em alguns casos, pode atacar as inflorescências, e, nas fases avançadas, causar manchas negras nas folhas (SÁNCHEZ et al., 1991a; GARDMENIA, 1985; MONTEROS et al., 1994).

***Macrophoma* sp.**

Essa doença causa sintomas de manchas escuras na base do caule ou do colmo que o enegrecem, estrangulando-o e avançando para a parte superior da planta. O caule acaba por debilitar-se e se divide ao meio, causando a morte da planta; quando o ataque é severo, a porcentagem de incidência varia de 30% a 100%. Certas condições ambientais favorecem seu desenvolvimento, como veranicos (SÁNCHEZ et al., 1991b).

No México, causando grandes danos e com sintomas semelhantes, debilitando o caule e induzindo sua ruptura e morte, foi identificado o fungo *Phoma longissima* (ESPITIA, 1986). A diferenciação é feita quando se descobrem psilídios ou pequenos pontos escuros sobre as manchas necróticas, no centro da lesão, com tamanho de 5 cm que podem aparecer nas folhas, ramos e pecíolo.

Sclerotinea sclerotiorum

A doença é causada por um fungo de solo que ataca a planta inteira, produzindo lesões de cor marrom no caule e nas inflorescências; nas folhas produz clorose e morte. Em ataques severos, origina podridão ao longo do eixo central para causar murcha (MONTEROS et al., 1994; GARMENDIA,

1985). Em áreas de Cerrado do Brasil Central, essa doença tem aumentado a incidência, principalmente, associada ao cultivo do feijão irrigado na entressafra e da soja, sob temperaturas amenas. Espera-se que, em um programa de rotação de cultivos, com o uso de gramíneas como o milho, o arroz, o trigo, o sorgo e o milheto, diminua em importância.

Há outras doenças fúngicas que têm sido relatadas em associação com amaranto, sem causar danos expressivos como *Cercospora brachiata*, *Cercospora* sp. (cercosporiose), *Phytium aphanidermatum*, *Phytium* sp. (tombamento em plântulas), *Fusarium* sp. e *Rhizoctonia* sp. (podridão na base do caule e da raiz), *Albugo bliti* (ferrugem-branca), *Choanephora cucurbitarum* (podridão-úmida), *Erysiphe* sp. (oídio),

No controle das doenças fúngicas, recomenda-se o uso de sementes de procedência conhecida, livres de patógenos. As sementes devem ser tratadas com fungicidas, dos quais se destaca o carbendazim (Vitavax), na dose de 2,5 g/kg. A prevenção se faz evitando o excesso de umidade do solo e por eliminação de plantas doentes. Como não se conhecem a etiologia dos patógenos, as medidas de controle são preventivas.

Doenças causadas por micoplasma e vírus

O micoplasma produz elevada porcentagem de plantas estéreis, pois os órgãos florais transformam-se em brácteas de cor verde, com ausência de anteras e óvulos (ESPITIA, 1986). O recomendável é a eliminação das plantas atacadas, utilização de semente livre do patógeno e rotação de cultivos.

Plantas que apresentam brotação em forma de roseta, achatamento do caule e clorose das folhas ocorrem, com frequência, nos vales interandinos. Esses são sintomas de viroses que atacam o amaranto. Da mesma forma, eliminam-se plantas com sintomas. As sementes devem ser de procedência conhecida e livres de patógenos.

As doenças viróticas afetam a qualidade das sementes e do grão, não apenas em tamanho e vigor, desvalorizando o produto e causando perdas econômicas nos ataques severos. Essas doenças podem ainda afetar a qualidade das folhas, quando o cultivo se destina à hortaliça.

Doenças causadas por agentes abióticos

Geadas, excesso de umidade, *deficit* hídrico, deficiência de nutrientes, ataques aos grãos causados por roedores e pássaros são algumas das doenças abióticas. O efeito de baixas temperaturas é mais pronunciado na fase reprodutiva do amaranto. Podem ser importantes no cultivo de entressafra no Sul do Brasil. Temperaturas abaixo de 4°C podem causar a perda completa da lavoura. Da mesma forma, as chuvas de granizo podem provocar perdas totais de sementes maduras ao destroçar a planta.

O excesso de umidade do solo causa perdas, por podridão radicular e maior incidência de doenças, com reflexo a partir dos primeiros estádios de desenvolvimento. O *deficit* hídrico afeta principalmente a germinação, a emergência e a fase de ramificação; dessa fase em diante, a planta encontra-se mais vigorosa e com sistema radicular profundo, resistindo ao estresse.

O amaranto é exigente em nutrientes, extraindo quantidades consideráveis de N, P, K e Ca. A deficiência de N se manifesta por amarelecimento das folhas, atraso no crescimento, emergência prematura na panícula; o P causa manchas amarronzadas na folha que é de menor tamanho; o K causa amarelecimento nas folhas a começar pelos bordos que, na fase avançada tornam-se necróticos; dos micronutrientes, o Mn é que mais se evidencia, sob pH acima de 6,5 em solo de Cerrado, com o limbo foliar esbranquiçado, enquanto as nervuras permanecem verdes.

Na maturação, os ataques de pássaros são intensos, principalmente, as rolinhas que podem causar grandes perdas². Depois da colheita, deve-se ter a precaução de armazenar os grãos de tal forma que fiquem livres de roedores que podem causar danos consideráveis, tanto pelo consumo quanto pela deposição de urina e excrementos sobre o material armazenado, depreciando seu valor.

² Spehar, observação pessoal, 2003.

Carlos Roberto Spehar

Danielly Leite Teixeira

Jaime Amaya Farfan

José Alfredo Gomes Arêas

José Luís Ascheri

Humberto Pellizzaro

A composição do grão e da planta de amaranto torna-os atrativos aos produtores e à agroindústria. Nas regiões de origem, o grão e seus derivados constituem alimento importante. A composição em aminoácidos essenciais é vantajosa, bastante aproximada à da caseína, fração protéica do leite. A folha também é empregada como hortaliça nas regiões de origem. Essas características favoráveis são a provável razão para difundir-lo como nutriente.

O amaranto pode ser empregado na alimentação humana e animal, diretamente ou por produtos transformados pela indústria. A farinha pode ser incluída no pão até o nível de 20 g 100 g⁻¹ para enriquecê-lo; além desse valor, diminui o volume e a textura engrossa (BRÜMMER; MORGENSTERN, 1992; DOMINGO, 1986). Em até 25 g 100 g⁻¹, produziu-se macarrão sem mudanças importantes na cor, sabor e qualidade culinária, isto permite obter produto com maior conteúdo de proteína e lisina (NECOECHEA et al., 1986; RAYAS-DUARTE et al., 1996).

A inclusão do grão em rações de aves em 25 g 100 g⁻¹ propiciou vantagens nutricionais. O processamento por extrusão melhora o consumo pelos animais que apresentam maior ganho de peso (CERVELLINI et al., 1994; CONNOR et al., 1980; WALDROUP; HELLWING, 1985; VALDIVIÉ et al., 1989).

Até a formação da inflorescência, a planta é um alimento para o gado, principalmente, quando combinada a outras espécies forrageiras. O

amaranto pode ser utilizado na produção de concentrados protéicos foliares devido ao alto rendimento de biomassa verde e de proteína em até 700 kg ha⁻¹ (MASONI; ERCOLI, 1994).

O amaranto tem aplicação medicinal pelo conteúdo de algumas vitaminas importantes, como a E, elementos minerais como o cálcio e o ferro, além de se utilizar como planta decorativa por causa das diversas cores do caule, da inflorescência e das folhas. Na indústria, utilizam-se os corantes dele derivados, principalmente a amarantina, que ocorre com maior intensidade na panícula; a ceulose dos talos pode ser empregada na produção de papelão (LEHMAN, 1990).

Na alimentação humana, emprega-se o grão inteiro, expandido (pipoca) ou moído em forma de farinhas. As folhas podem ser utilizadas como as das hortaliças. Com os grãos inteiros ou moídos é possível preparar cereais matinais, sopas, alimentos infantis, tortas pudins, dentre outros (SPEHAR et al., 2003).

Os grãos, em forma de pipoca, podem ser agregados com mel, melado ou malte e formar o que denominamos de **barra nutritiva**, também conhecidas como **torrão de kiwicha**, no Peru e Bolívia; **alegria** no México e **tadoo** na Índia (SINGHAL e KULKARNI, 1988). No Nepal, as sementes são cozidas no leite, como arroz-doce (**satoo**), e a farinha é convertida em um pão achatado, semelhante ao pão sírio, o **chappati** (SINGHAL; KULKARNI, 1988). No México, com as sementes tostadas, moídas ou inteiras, é preparado um prato denominado **atole** ou **pinole**, semelhante ao arroz-doce; lá também se elaboram pamonhas (**hoauhquilitl**) com farinha de milho, talos e folhas de amaranto, prato conhecido antes mesmo da conquista espanhola (JIMENEZ; CORDERO, 1986). Nos Estados Unidos, preparam-se pães de consistência esponjosa, além de cereais matinais, farinhas, massas, biscoitos dietéticos.

Na alimentação de humanos adultos, contribui na melhoria da qualidade alimentar e adiciona sabor típico aos pratos, sendo útil a idosos e convalescentes. Na alimentação animal, o grão e a planta inteira podem ser

utilizados com vantagens sobre os produtos concorrentes. Amido especial, gorduras, vitaminas B e E, minerais também encontrados no grão, possibilitam novas oportunidades de aproveitamento (SPEHAR et al., 2003).

O seu emprego em dietas especiais a pacientes celíacos - pessoas alérgicas ao glúten - (SPEHAR et al., 2003) e com problemas de colesterol alto, constitui mais uma possibilidade no campo da inovação alimentar. Grande parcela da população sofre as conseqüências de alimentação desbalanceada e vida sedentária, que se reflete na deterioração da saúde. Os níveis de colesterol de pacientes do INCOR em São Paulo tiveram redução, após o emprego de dietas à base de grãos de amaranto e confirmam resultados anteriores (CHATURVEDI et al., 1993).

O cultivo do amaranto apresenta grandes possibilidades, haja vista a rapidez com que novas formas de usos são incorporadas aos hábitos alimentares. Daí surge a demanda que impulsiona o mercado; o agricultor passa a cultivá-lo e desencadeia-se o processo produtivo. Assim se deu o estabelecimento de outras cadeias produtivas tão importantes no mundo, como a da soja e a do milho.

A planta pode ser utilizada em todos os estádios do seu desenvolvimento. As folhas tenras e as plântulas inteiras, até a fase do início da ramificação, são consumidas como hortaliças; prepada da mesma forma que o suflê. As folhas inteiras podem ser misturadas com batata ou outros tubérculos, acrescentando sabor típico, agradável e peculiar (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997) ou podem ser adicionadas a sopas, o que se denomina **jatacco** na zona andina.

Com o avanço na fase reprodutiva, pode-se utilizar a planta triturada, como forragem para os animais domésticos; em variedades tardias, o corte pode ser realizado pouco antes da floração. A planta rebrota e ainda produz grãos.

No Brasil, o grão colhido e armazenado a 12 g 100 g⁻¹ de umidade, pode ser consumido de várias formas: cozido em água e temperado depois,

como salada; cozido com temperos, da mesma forma que se faz com o arroz; em sopas e molhos. A farinha derivada do grão pode ser empregada na elaboração de mingaus, na alimentação infantil, pudins, pão enriquecido, panquecas, biscoitos e bebidas (MARCILIO et al., 2003; SPEHAR et al., 2003).

Abaixo algumas sugestões sobre as formas mais práticas e simples de utilização. Há outras formas desenvolvidas pelos habitantes das regiões de origem. Esses preparos aqui apresentados se aproximam de alimentos que são conhecidos do público brasileiro, com a vantagem do enriquecimento protéico.

Receitas básicas de alimentos domésticos com os grãos de amaranto

Pão enriquecido

Ingredientes

Uma xícara de farinha de amaranto
três xícaras de farinha de trigo
uma xícara de água
uma colher e meia de sopa de açúcar
uma colher de chá de sal
uma colher de fermento biológico granulado (ou um tablete de 15 g de fermento fresco)
meia xícara de óleo

Forma de preparo

Amorne a água (aproximadamente 30 a 40°C). Adicione o açúcar, o sal e o fermento. Misture as farinhas e o óleo. Despeje a água com a mistura de açúcar, sal e fermento; amasse e deixe crescer até dobrar o volume. Amasse novamente, coloque em forma e deixe crescer. Leve ao forno pré-aquecido a 180°C por cerca de 15 minutos.

Salada

Ingredientes

Duas xícaras de amaranto em grãos
duas xícaras de água
um a dois dentes de alho (médios)
meia cebola média
meia xícara de cebolinha (picada)
meia xícara de salsa ou coentro (picado)
meia xícara de tomate (picado)
meia xícara de pepino (picado)
uma colher de sopa de suco de limão
três colheres de sopa de azeite de oliva

Modo de preparo

Lave os grãos, adicione água e coloque para cozinhar por cerca de oito minutos. Oito minutos após o início da fervura, desligue e espere esfriar. Adicione os temperos, o suco de limão e o azeite; adicione sal a gosto, misture bem e está pronta para servir.

Biscoito

Ingredientes

Uma xícara de amaranto em grão
uma xícara de farinha de amaranto
duas xícaras de amido de milho
três quartos de xícara de água (ou leite)
dois ovos
meia xícara de manteiga
meia xícara de açúcar
uma colher de sobremesa de fermento químico
uma colher de sobremesa de sal

Modo de preparo

Deixe os grãos de molho por uma noite. Bata no liquidificador, com água e adicione os ovos, o sal e o açúcar. Despeje em uma tigela, bata com a

manteiga, o amido e a farinha; adicione o fermento por último. Unte bandejas e despeje em pequenas quantidades. Leve ao forno pré-aquecido a 180°C. Retire quando começar a dourar (20 a 30 minutos).

Panqueca

Ingredientes

Duas xícaras de amaranto em grão
uma xícara de farinha de trigo ou amido de milho
uma colher de manteiga
dois ovos
duas xícaras de água ou leite
uma pitada de sal

Modo de preparo

Deixe os grãos de molho por uma noite. Bata no liquidificador com pouca água no início e após a adição de todos os ingredientes, adicione o restante. Aqueça uma frigideira e adicione um fio de óleo. Coloque quantidade suficiente para cobrir o fundo da frigideira, vire após um minuto. Pode ser consumida como doce ou salgada.

Processamento e agregação de valor

O processamento pode ser feito tanto em pequenas propriedades, com a transformação de matéria-prima produzida no local quanto na indústria de pequena escala, realizado pelas pequenas indústrias comunitárias ou, ainda, na industrial de larga escala, pela indústria de alimentos.

Na propriedade familiar, pode-se preparar alimentos para consumo local como pão enriquecido, grão cozido para salada e temperado como arroz, pancueca, biscoitos e a barra nutritiva. Alguns destes podem ser comercializados como produtos alternativos e enriquecidos. Estes apresentam valor agregado, pela procura como opção de alimento rico e livre de colesterol, tornando viável a produção agrônômica em pequena escala.

Outra possibilidade é o emprego do grão excedente, isto é não comercializado ou processado, ou aquele que tenha menor qualidade para o mercado, na alimentação de aves de corte e poedeiras, suínos e outros animais domésticos. A carne, os ovos e o leite podem ser comercializados com vantagem sobre aqueles obtidos como o uso de rações artificialmente balanceadas. Esta também é uma forma de agregar valor.

Na indústria comunitária, esses produtos ou mesmo outros podem ser obtidos como a pipoca, matéria-prima para a confecção de barra pura ou enriquecida e cereal matinal.

Em escala industrial, pode-se obter por extrusão farinha instantânea e expansos, como os populares *chips*. Além desses, outras substâncias podem ser extraídas para alimentação humana e nutracêutica. Abaixo encontram-se a forma de obtenção e as sugestões de preparo com o amaranto expandido.

Sugestões de preparos com o amaranto expandido

Amaranto expandido (pipoca)

Ingredientes

Amaranto em grãos

Modo de preparo

Aquecer uma panela ou frigideira por cerca de cinco minutos. Colocar uma colher de sopa de amaranto; cobrir e mexer até pipocarem todas as sementes. Repetir tantas vezes quanto necessário para a quantidade de pipoca desejada

Barra nutritiva

Ingredientes

Quinze xícaras de amaranto expandido (pipoca)

uma xícara de mel ou melado de cana
uma e meia xícara de uvas-passas
duas xícaras de flocos de cereais

Modo de preparo

Prepare a pipoca. Numa panela coloque o mel e aqueça-o ligeiramente. Desligue o fogo e adicione a pipoca, as uvas-passas e os flocos de cereais. Coloque em uma assadeira forrada com papel filme. Com auxílio de uma colher vá prensando, aguarde alguns minutos e preme novamente até atingir a consistência adequada para cortar.

Granola

Ingredientes

duas xícaras de aveia
duas colheres de melado
cinco colheres flocos de cereais
três colheres de coco ralado
cinco xícaras de grão expandido (pipoca)
uma colher uvas-passas

Modo de preparo

Adicione numa panela o melado e duas colheres de água e aqueça ligeiramente. Misture numa assadeira aveia, coco e o caldo resultante. Leve ao forno por 15 minutos aproximadamente. Tire do forno e imediatamente misture bem até esfriar. Junte os outros ingredientes. Tomar com leite ou iogurte natural.

Em quaisquer níveis de transformação, encontram-se usos para a planta e os grãos. Na Figura 6, sumariza-se o processamento do amaranto, com as várias etapas para transformá-lo em produtos de valor agregado.

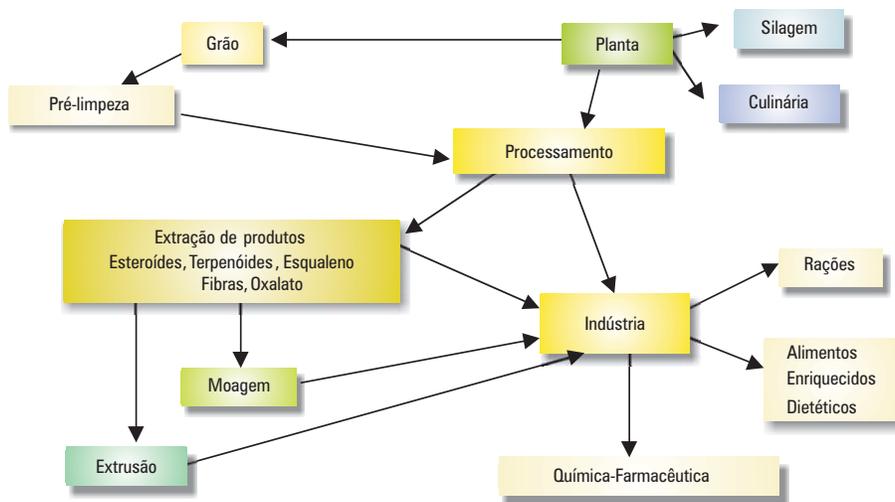


Figura 6. Fluxo de processamento de amaranto e os produtos derivados.

Oportunidade para novos produtos

Os produtos que contêm amaranto têm interesse para saúde pública. A divulgação das vantagens poderá criar perspectivas para seu aproveitamento desde na merenda escolar enriquecida até alimentos sofisticados para consumo da classe de maior poder aquisitivo. A busca constante de alimentos variados e saudáveis enseja a oportunidade que se divulguem as propriedades nutritivas e nutracêuticas do amaranto, como por exemplo, proteína com alto valor biológico, ausência de glúten e redução de colesterol.

Na indústria de congelados, o amido do amaranto, com grânulos muito pequenos, comparável ao da quinoa - outro pseudocereal - (SPEHAR et al., 2003), pode ser um aditivo interessante. Por ser mais estável, atua como espessante de alimentos e, no congelamento, não perde as características originais (KOZIOL, 1990).

A composição de alimentos processados por extrusão mostra que o amaranto supera com grande diferença o milho e o arroz polido em lipídios, proteínas e fibras. Portanto, pode ser empregado como enriquecedor de alimentos e na elaboração de farinhas instantâneas.

De todos os alimentos que se preparam com amaranto, a barra nutritiva é a mais promissora, pois pode ser elaborada com facilidade, a partir da pipoca produzida tanto em escala doméstica como industrial. Além de saborosa, apresenta características de nutrição que a tornam elegível para um programa de enriquecimento da merenda escolar. Os adultos, idosos e convalescentes podem ingeri-la sem restrições e obter os benefícios desse consumo.

Com novos produtos que contenham amaranto, incorporados gradativamente à alimentação humana, crescerá a demanda e desencadear-se-á o mercado. A suinocultura e avicultura de escala aumentarão a procura por alimentos naturalmente balanceados e que resultem em produto final rastreável, de maior aceitação, como carne e ovos com maior qualidade e baixo colesterol. O seu emprego em produção intensiva de leite pode se acentuar, por conter considerável quantidade de metionina, aminoácido essencial altamente demandado nesse sistema. A participação efetiva do amaranto na agricultura mundial, certamente, será concretizada e com sua produção, graças ao aprimoramento da dieta alimentar.

*Carlos Roberto Spehar
Wellington Pereira de Carvalho
Rui Fonseca Veloso
Sebastião Conrado de Andrade*

A incorporação do amaranto aos sistemas de produção agropecuária, no Cerrado, depende da sua competitividade econômica. Para que atinja o melhor desempenho, torna-se necessário concentrar esforços na produção de semente com qualidade, no emprego de variedades selecionadas, na definição de época de semeadura que possibilite produzir grãos e biomassa (forragem ou cobertura do solo) em quantidade e qualidade.

A fertilização do solo deverá apoiar-se na análise e na demanda de nutrientes, com base na projeção de rendimento. Quando se obedecem a esses critérios, maximiza-se a relação rendimento/insumo. A colheita e o armazenamento devem levar em conta peculiaridades da planta, para que a qualidade do produto final seja semente, seja grão, atenda as especificidades do consumidor, da indústria de alimentos, farmacêutica e de rações.

Produção de sementes

Para manter a qualidade das sementes de amaranto quanto à germinação e ao vigor, é necessário tomar algumas precauções. Os campos destinados à produção de sementes devem ser diferenciados dos de produção de grãos, com isolamento físico, no tempo ou cultivo intercalado com outras espécies cultivadas.

Com consumo (quantidade de sementes/ha) baixo, o fator de multiplicação é grande, ou seja, com rendimento potencial de 2,5 t/ha, gera-se um volume suficiente para cultivar uma área 200 vezes maior na safra subsequente, com qualidade e baixo custo.

Inicialmente, adota-se a estratégia de produzir a própria semente, tanto a destinada ao cultivo em grandes propriedades, como nas pequenas e médias; nestas últimas, a multiplicação pode ser comunitária. Em todos os casos, para garantia de qualidade, é necessária a assistência de técnico com experiência em produção de sementes. O cultivo do amaranto no período de safrinha pode apresentar riscos por falta de umidade que limita o potencial de rendimento. Entretanto, com custo baixo no estabelecimento, pode-se tornar opção até mesmo para os agricultores que planejaram inicialmente outros cultivos, como milho ou sorgo e que perderam os plantios, na fase inicial, por deficiência hídrica.

Escolha da cultivar e da época de plantio

A cultivar de amaranto, atualmente disponível, BRS Alegria, foi recomendado para o Cerrado onde se iniciou a experimentação; tem sido empregado, também, em outras regiões, como o Nordeste, Sul e Sudeste. Representa a primeira opção disponível e pode ser cultivado durante todo o ano. Entretanto, novas variedades com maior potencial produtivo estão sendo desenvolvidas e poderão ser recomendadas, à medida que aumente a demanda.

Por apresentar ciclo precoce, deverá ser cultivado em semeaduras tardias no período da chuva ou da safrinha, para que a maturação não coincida com período de elevada umidade, na produção de grãos. Quando se objetiva a produção de biomassa para forragem ou proteção do solo, pode-se ampliar a época de semeadura.

Cuidados na semeadura

A semeadura pode ser desde superficial até, no máximo, 1 cm de profundidade, sob pena de haver falha na emergência. O plantio direto surge como alternativa para a diversificação, mesmo para espécies com sementes pequenas, como a do amaranto. O importante tanto em sobressemeadura, quanto em sulcos é que estejam em contato com o solo, na presença de umidade, para rápido início da germinação.

A semeadura em sulcos, após dessecação de gramíneas perenes, no sistema integrado de cultivo, ou depois do manejo de guandu (*Cajanus cajan*) ou girassol-selvagem (*Thitonia diversifolia*), resultam em melhor estabelecimento de lavoura, com menores problemas de plantas daninhas. Essa forma de semeadura adapta-se ao cultivo orgânico que deve atender as especificações quanto aos fertilizantes e ao controle de pragas e doenças.

A densidade de semeadura em sulcos é de 40 a 50 sementes viáveis/m; no sistema a lanço ou sobressemeadura, utilizam-se 150 a 250 sementes/m². O excesso de população causa redução no porte das plantas e se for muito intenso, pode diminuir o rendimento. A competição entre plantas pode ser útil quando se deseja que a planta diminua o porte para facilitar a colheita.

Os melhores rendimentos têm sido obtidos quando as plantas se aproximam da equidistância, no espaçamento de 40 cm na sobressemeadura, uma prática que precisa ser mais bem estudada. Resultados preliminares indicam que a densidade deve ser pelo menos três vezes maior do que a empregada em sulcos no plantio direto. A cobertura do solo aos 30 ou 40 dias após a emergência é satisfatória (Figura 7). A partir deste ponto, a planta torna-se competitiva e diminui a desuniformidade de lavoura.



Figura 7. Planta de amaranto, cultivar BRS Alegria, aos 40 dias após a emergência - emissão floral, pré-antese (acima); maturação fisiológica, aos 90 dias (abaixo).

Manejo de plantas daninhas

Não há herbicidas para o controle de plantas de folhas largas, selecionados para a cultura do amaranto. Portanto, torna-se necessário conhecer o histórico da área onde se pretende cultivá-lo, para evitar as infestadas. O controle químico de plantas de folhas estreitas (gramíneas),

pode ser feito com o herbicida *alachlor* ou o *setoxydin* nas dosagens de 1,14 kg ha⁻¹ e 0,43 L ha⁻¹ dos respectivos ingredientes ativos (SPEHAR et al., 2003).

O maior problema do amaranto é o manejo das invasoras de folhas largas, pois não há produtos satisfatórios. O plantio direto em área anteriormente coberta com gramíneas forrageiras e dessecadas e sorgo, ambos com reduzida infestação é uma alternativa viável; outra, é o emprego de espaçamento menor, aumentando a capacidade competitiva na fase inicial.

Na produção orgânica, emprega-se a cobertura do solo com guandu ou girassol-selvagem, no período antecedente ao plantio do amaranto. Alternativa de planta anual pode ser o sorgo; apresenta efeito alelopático, suprimindo plantas daninhas. Pouco antes da semeadura, faz-se o manejo das plantas de cobertura, com cortes o mais próximo possível do solo para evitar o rebrotamento, e planta-se diretamente, sem revolver o solo.

Cuidados na colheita e no armazenamento

A colheita se faz cerca de 15 a 20 dias após a maturação fisiológica, quando os grãos e a planta estão secos. Realizam-se testes com debulhas manuais, para verificar se a trilha se dá com facilidade. Recomenda-se esperar algumas horas, depois do nascer do sol, antes de iniciar a operação de colheita. Na Figura 8, pode-se ver a colheita do amaranto, na fase próxima ao ponto de baixa umidade. Torna-se importante verificar a umidade do caule, antes de iniciar a colheita. Se ele estiver úmido, ainda que as panículas estejam maduras, o material colhido deverá passar por secagem.

As impurezas, presentes nas sementes colhidas, podem ser separadas por ventilação e mesa de gravidade, durante o beneficiamento. Caso a umidade esteja entre 15 e 20 g 100 g⁻¹ e a colheita tenha-se realizado no período da seca, o simples revolvimento permite uma perda da umidade até atingir os 12-13 g 100 g⁻¹ desejáveis no armazenamento das sementes

por longo prazo. Se o ambiente estiver úmido, isso reflete no grão, torna-se necessário secá-lo. O armazenamento com umidade excessiva pode causar a perda da germinação e do vigor da semente, além de depreciar o produto por baixa qualidade.



Figura 8. Colheita de amaranto, cultivar BRS Alegria, em sementeira de safrinha, com umidade ao redor de $18 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. (baixa altura das plantas devida à alta densidade).

Custo de produção e de comercialização

Como nos grandes cultivos graníferos, o custo de produção de amaranto inclui: sementes, fertilizantes, herbicida para folhas estreitas (cultivo convencional), manejo de plantas daninhas (cultivo orgânico), operações de sementeira, colheita, beneficiamento e armazenamento. Alguns desses itens integram custos diretos e outros, custos indiretos. Na Tabela 15 estão comparadas as estimativas de custos de produção de milho e de amaranto, com as respectivas receitas. No cultivo orgânico, o manejo de plantas daninhas será realizado pelo uso de espécies supressoras, como o sorgo, o guandu e o girassol-selvagem.

Considerou-se o preço de R\$ 2,00/kg (US\$ 0,700) de amaranto, pago ao produtor em setembro de 2004. Esse valor é factível, em função de uma demanda atual pouco suprida, em contraste com o preço, na mesma época, de R\$ 0,22/kg (US\$ 0,072) de milho grão.

Tabela 15. Estimativas de custos, rendimento, receita e lucro operacional, em US\$ corrente, por hectare de milho e de amaranto grão.

Item	Unid	Milho			Amaranto		
		quantia	preço	valor	quantia	preço	valor
Custos diretos							
Óleo mineral	lt	0,90	1,98	1,78			
Dessecante	kg	1,35	6,24	8,42	-	-	-
Semente	kg	20,00	2,88	57,52	8,00	2,00	16,00
Inseticida trat. semente	lt	0,18	23,77	4,28	-	-	-
Adubo 05-25-15+0,3% Zn	t	0,47	126,99	59,94			
Adubo 08-20-20	t				0,40	110,00	44,00
Inseticida	lt	1,20	22,10	26,52	-	-	-
Herbicida1	lt	0,77	27,11	20,87	-	-	-
Herbicida2	lt	3,30	2,54	8,38	-	-	-
Cobertura1 - uréia	t	0,16	181,46	29,87	0,08	181,46	14,52
Cobertura2 - uréia	t				0,06	181,46	10,89
Manejo cobertura	dh				12,00	5,00	60,00
Total 1				217,59			145,40
Custos Indiretos⁽¹⁾							
Mão-de-obra				19,43			19,43
Óleo diesel				15,05			15,05
Lubrificantes				2,25			2,25
Manutenção – implementos				1,20			1,20
Manutenção - tratores				4,47			4,47
Manutenção - colhedeiros				5,14			5,14
Depreciação máq. e equip.				30,04			30,04
Rateio - custos administração				61,14			61,14

Continua...

Tabela 15. Continuação.

Item	Unid	Milho			Amaranto		
		quantia	preço	valor	quantia	preço	valor
Depreciação de outros ativos				7,90			7,90
Custo empréstimo de custeio				40,67			40,67
Total 2				187,29			187,29
Custo (Total1 + Total 2)				404,88			332,69
Rendimento e receita	t	7,20	75,86	546,21	1,80	689,88	1241,79
Lucro operacional				141,33			909,10

⁽¹⁾ Fonte: Projeto de P&D: Bases de dados de um sistema de Informações gerenciais para avaliação de tecnologia em fazenda familiar. Custos indiretos em área e 959 hectares, ano agrícola 2002-2003.

O cenário é amplamente favorável ao cultivo do amaranto em relação ao do milho. Considera-se que, com aumento da oferta e possível elevação do custo de produção, a receita líquida esperada seja menor, mas ainda competitiva em relação às de outros cultivos de grãos. Consistirá, possivelmente, em excelente opção de plantio para pequenos e médios produtores que visam concentrar-se na exploração de nichos de mercado como, por exemplo, orgânico e dietéticos.

Vale acrescentar que, nos mercados consumidores: países europeus e Japão, o preço ao consumidor variou, em setembro de 2004, entre R\$ 9,00 a 15,00, por aumento de demanda e reduzida oferta. Isso estimula associações de pequenos produtores que poderão, por incentivo governamental, exportar com baixo nível de intermediação, beneficiados por uma política de incentivos governamentais.

Quando se pensa no mercado interno, a transformação do grão em **barra nutritiva** apresenta valor agregado de pelo menos dez vezes o preço do grão pago ao produtor. Por ser variável a produção em escala familiar (indústria caseira ou comunitária), viabiliza a produção em pequenas propriedades, nas quais o excedente possibilitará agregar valor na produção animal. A produção em grandes áreas poderá ser direcionada à indústria de alimentos e rações animais em escala industrial.

A comercialização do produto final tem sido a principal limitação, quando se cultiva uma nova espécie, como o amaranto. Os agricultores interessados são estimulados a, em um primeiro momento, experimentar o cultivo em pequenas áreas e ao mesmo tempo que se familiarizam com a planta, sondam possibilidades de comercialização e uso.

Concomitante aos primeiros cultivos, o intercâmbio das indústrias de alimentos humanos e de ração animal com os produtores deve ser incentivado. Os contratos de produção entre parceiros podem ser firmados, a exemplo do que ocorre com outras espécies com nichos específicos de mercado, como a ervilha. Outras via de intermediação entre produtores e outros setores de mercado são: restaurantes, associações de celíacos e pequenos provedores de alimentos e rações animais.

Espera-se que, na pequena propriedade, pela diversificação natural de exploração, sejam comercializados produtos e subprodutos desenvolvidos à base de amaranto. Dessa forma, o excedente, transformado com agregação de valor, poderá ser comercializado.

Cabe à Embrapa associar-se à iniciativa privada para intermediar e coordenar as iniciativas que resultem no estabelecimento da cadeia produtiva, mediante a criação de banco de informação entre demanda e oferta que agilize o estabelecimento de vínculos comerciais.

Os resultados da pesquisa, as experiências e as recomendações técnicas, objeto deste trabalho, são uma primeira aproximação para o êxito no cultivo do amaranto. O aproveitamento de sua ampla variabilidade genética, na adaptação ao sistema produtivo, depende da continuidade do melhoramento, de estudos sobre a exigência nutricional e o manejo da planta, de validação de tecnologia e da identificação de oportunidades de mercado. A promoção entre os agricultores que têm iniciativa pioneira, estimula os demais segmentos a se interessar pelo cultivo.

Ainda que não tenha integrado o sistema produtivo, como a soja e o milho, o procedimento para adaptar o amaranto ao cultivo econômico depende da formação de equipes, uma tarefa hercúlea para os dias que virão. Certamente, a iniciativa de ampliarem-se os trabalhos caberá, em um primeiro momento, às instituições oficiais de pesquisa e de ensino. Com o estabelecimento da demanda e o início da produção comercial, a iniciativa privada passará a interessar-se e, com colaboração de parcerias, o amaranto fará parte do elenco das grandes culturas.

As recompensas da iniciativa pioneira refletir-se-ão na pesquisa agrônômica que identifica a oportunidade do cultivo e contribui para a adaptação dessa nova espécie ao sistema produtivo; a assistência técnica, que valida a tecnologia e divulga os resultados, familiarizando o agricultor com a planta; o produtor que, ao diversificar, eleva a eficiência do sistema

produtivo, com menores custos e impacto ambiental negativo, aumentando a renda; a pesquisa em alimentos e nutrição, que desenvolve novos produtos e identifica formas de uso; ao consumidor que pode melhorar a dieta alimentar, condicionante de mais saúde e expectativa de vida. Quanto mais utilidade, maior a demanda, estabelecendo-se o mercado e a cadeia produtiva.

A indústria de transformação passa a incorporar matéria-prima de qualidade a novos produtos. Com o crescimento em importância, crescem as perspectivas de melhorar a saúde da população e prevenção de doenças disfuncionais. O apoio oficial à diversidade alimentar contribui para a redução de doenças devidas à carência e alergênicos, poupando recursos destinados a áreas essenciais, como educação e saneamento. A política educacional e o estímulo à diversidade alimentar contribuirão efetivamente para elevar os padrões de saúde em nosso país.

A atuação dos segmentos sociais, nas diversas especialidades, contribuirá decisivamente para a inserção do amaranto e seus produtos no Brasil. Em uma fase mais avançada, pelo potencial que possui em sua agricultura, nosso país deverá ocupar lugar de destaque na oferta e no aprimoramento da dieta alimentar em todo o mundo.

Uma população mais saudável estará mais apta ao desenvolvimento de suas potencialidades. Ao melhorar o nível de saúde física, criam-se condições para o desenvolvimento mental e o melhor desempenho da cidadania. Espera-se que as oportunidades se multipliquem para o bem-estar do ser humano.

Referências

- BALTENSPERGER, D. Release of Plainsman (Pl. 538322) grain amaranth. **Legacy**, v.4, p:7. 1991
- BECKER, R. E. Preparation, Composition and Nutricional Implications of Amaranth Seed Oil. **Cereal Food World**, St. Paul, v.34, p.950-956. 1994.
- BRENNER, D. Seed shattering control with indehiscent utricles in grain amaranths. **Legacy**, v. 3, p. 2-3. 1990.
- BRENNER, D. The Plainsman story. **Legacy**, v. 5, p.12-13. 1992.
- BRENNER, D. **Horticultural Suggestions for Amaranthus Germplasm Users**. Plant Introduction Station, Iowa State University Publications. 1996. 5 p.
- BRENNER, D. M.; BALTENSPERGER, D. D.; KULAKOW, P. A.; LEHMAN, J. W.; MYERS, H. L.; SLABBERT, M. M.; SLEUGH, B. B. Genetic resources and breeding of *Amaranthus*. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant Breeding Reviews**, v.19. p.227-285. 2000.
- BRENNER, D. M.; WIDRLECHNER *Amaranthus* seed regeneration in plastic tents in greenhouses. FAO/IPGRI **Plant Genetic Resources Newsletter**, v. 116, p. 1-4. 1998.
- BRENNER, D. M.; WILLIAMS, J. T. Grain amaranth (*Amaranthus* species). In: WILLIAMS, J.T. (Ed.). **Underutilized Crops: Cereals and pseudocereals**. London : Chapman e Hall. 1995. p.128-186.
- BRESSANI, R. The proteins of grain amaranth. **Foods Reviews International**, v.51, p. 1338. 1989.
- BRÜMMER, J. M.; MORGENSTERN, G. Backeig enschaften der Pseudo-Cerealien Amarant und Quinoa. Getreide, **Mehl und Botanische**, v. 46, n.3, p. 78-84. 1992

CAI Y.; SUN, M.; WU, H.; HUANG, R.; CORKE, H. Characterization and quantification of betacyanin pigments from diverse *Amaranthus* species. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 46, p. 2063-270. 1998.

CARMO, R. A. C.; AGUIAR, L. G. **Adaptação de espécies para produção de grãos, proteção do solo e diversificação do sistema produtivo**, UFU, Uberlândia – MG, 2000.

CERVANTES, M. J. El amaranto como alimento para animales. *In*: PRIMER SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO. Chapingo , México. p. 354-360. 1986.

CERVELLINI, J. E.; BRAUN, R. O.; ESTÉVES, R.; COVAS, F. Efecto de la sustitución parcial del maíz (*Zea mays* L.) por grano de amaranto (*A. mantegazzianus* Passer) suministrado en dos modalidades integrando la dieta de terminación de pollos parrilleros. **El Amaranto y su Potencial**, v.1-2, p.24-25. 1994.

CHAN, K. M.; SUN, M. Genetic diversity and relationships detected by isozyme and RAPD analysis of crop and wild species of *Amaranthus*. **Theoretical and Applied Genetics**, v.95, p.865-873.1997.

CHATURVEDI, A.; SAROJINI, G.; DEVI, N. L. Hypocholesterolemic effect of amaranth seeds (*A. esculentus*). **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 44, p.63-70. 1993.

CLARK, K. M.; MYERS, R. L. Intercrop performance of pearl millet, amaranth, cowpea, soybean and guar in response to planting pattern and nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, v. 86, p.1097-1102. 1994.

CONNOR, J. K.; GARTNER, M. R.; RUNGE, B. M.; AMOS, R. N. 1980. *Amaranthus edulis*: an ancient food source re-examined. **Aust.ralian Journal of Experimental Animal Husbandry**, v. 20, p.156-161. 1994.

COONS, M. P. O gênero *Amaranthus* em Minas Gerais. **Experientia**, Viçosa, Minas Gerais, v.27, n.6, p.115-158. 1981.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vicosá: UFV, 1994. 390p.

DALOZ, C. Amaranth as a leaf vegetable: Horticultural observations in a temperate climate. In AMARANTH CONFERENCE, 2. Rodade Research Center, Kutztown, PA, EUA. p. 68-73. 1979.

DEUTSCH, J. Genetic variation of yield and nutritional value in several *Amaranthus* species used as leafy vegetable. Ph.D. thesis. Cornell University, Ithaca, NY. (**Dissertation Abstracts**, v. 78, p.1650). 1977.

DOMINGO, V. M. V. Utilización de la harina de amaranto, en la elaboración de pan tipo caja. *In*: PRIMER SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO. Chapingo, México. p: 406-419. 1986.

- EARLY, K. D. Cultivo y usos del *Amaranthus* (kiwicha) en dos centros de domesticación: México y Perú. *In*: CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS AGROPECUARIOS ANDINOS, 5. Puno, marzo. PISA, IID-CANADA.: Puno, Peru. 1986.
- ELBEHRI, A.; PUTMAN, D. H.; SCHMITT, Y. M. Nitrogen fertilizer and effects on yield and nitrogen efficiency of grain amaranth. **Agronomy Journal**, v. 85, n.1, p. 120-128. 1993.
- ESPITIA, R. E. Plagas y enfermedades del amaranto (*Amaranthus* spp.) en México. *In*: PRIMER SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO. Chapingo, México. p: 233-238. 1986.
- ESPITIA, R. E. Revancha: variedad mejorada de amaranto para los valles altos de México *In*: PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DEL AMARANTO. Oaxtepec, Morelos. p. 64. 1991a.
- ESPITIA, R. E. Estabilidad del rendimiento en amaranto. *In*: PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DEL AMARANTO. Oaxtepec, Morelos, México. p. 65. 1991b.
- ESPITIA, R.E., Gonzales, C.F.; Miranda, C.S. Asociación genética del rendimiento y sus componentes en razas de amaranto. *In*: PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DEL AMARANTO. Oaxtepec, Morelos, México. p. 39. 1991.
- FAO. Contenido de Aminoácidos de los Alimentos. **Oficina Regional de la FAO para América Latina y Caribe. Santiago de Chile. 1972.**
- FAO/OMS/UNU. Necesidades de energía y proteínas. OMS : Ginebra. Serie de Informes técnicos N° 724. 1985.
- FRANCILLION, G.; SICARD, J. C.; SADATAILLY, P. Manuel d'utilisation de LISA – Logiciel Intégré des Systèmes Agraires. CIRAD, Montpellier, 1987.
- GARMENDIA, A. Enfermedades del amaranto. Programa de Investigación del Amaranto. Informe 83-2. Cusco, Peru. 1985.
- GREIZERSTEIN, E. J.; POGGIO, I. Meiotic studies of spontaneous hybrids in amaranth: Genome analysis. **Plant Breeding**, v. 114, p. 448-450. 1995
- GUDU, S.; GUPTA, V. K. Male sterility in the grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* ex Nepal) variety Jumla, **Euphytica**, v. 37, p.23-26. 1988.
- GUPTA, V. K.; GUDU, S. Inheritance of some morphological traits in grain amaranthus. **Euphytica**, v.46, p. 79-84. 1990.
- HAUPTLI, H.; JAIN, Y. K. Genetic polymorphisms and yield components in a population of amaranth. **The Journal of Heredity**, v.71, p 290-292. 1980.

HENDERSON, T. L. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Tesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA. 1993.

IRVING, D. W.; BETSCHART, A. A.; SAUNDERS, R. M. Morphologic studies on *Amaranthus cruentus*. **Journal of Food Science**, v.46, p. 1170-1173. 1981.

JAIN, S. K.; KULAKOW, P. A.; PETERS, I. Genetics and breeding of grain amaranths. In. AMARANTH CONFERENCE, 3. Rodade Research Center, Kutztown, PA, EUA. p. 174-181. 1984

JIMENEZ, P. R.; CORDERO, E. S. *Amaranthus* spp en la alimentación xochimilca y su proyección en la alimentación básica/n: PRIMER SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO. Chapingo, México. p. 56-64. 1986.

JORDAN, N. Effects of the triazine-resistance mutation on fitness in *Amaranthus hybridus* (smooth pigweed). **Journal of Applied Ecology**, v. 33, p.141-150. 1996.

KAUFFMAN, C. The Status of Grain Amaranth for the 1990's. **Food Review International**, New York, v. 8 n. 1, p. 165-185, 1992.

KAUFFMAN, C. S. Observaciones sobre las investigaciones preliminares para el desarrollo de variedades mejoradas de amaranto de grano en cinco países. /n: PRIMER SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO. Chapingo, México. p. 280-285. 1986.

KAUFFMAN, C. S.; WEBER, L. E. Grain amaranth. /n: JANICK, J.; SIMON, J.E. (Eds.). **Advances in New Crops**. Timber Press. Portland, OR. p. 127-139. 1990.

KOZIOL, M. J. Composición química. In: WAHLI, C. **Quinoa hacia su cultivo comercial**. Quito, Ecuador: Latinreco. p. 137-159. 1990.

KULAKOW, P. A. Genetics of grain amaranths. II. The inheritance of determinance, panicle orientation, dwarfism, and embryo color in *Amaranthus caudatus*. **Journal of Heredity**, v. 78, p.293-297. 1987.

KULAKOW, P. A.; HAUPTLI, H.; JAIN, S. K. Genetics of grain amaranths. I. Mendelian analysis of six color characteristics. **Journal of Heredity**, v.76, p.27-30. 1985.

KULAKOW, P. A.; JAIN, S. K. The inheritance of flowering in *Amaranthus* species. **Journal of Genetics**. V.64, p.85-100. 1985.

KULAKOW, P. A.; JAIN, S. K. Genetics of grain amaranths. IV. Variation in early generation response to selection in *Amaranthus cruentus* L. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 74, p.113-120. 1987.

LÁZARO, E.; SARMIENTO, J. Estudio de la abundancia relativa de las plagas de los cultivos de quinua y kiwicha en la Molina. /n: VI Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. INIAP, CIID-CANADA. Quito, Ecuador. p. 75-180. 1988.

- LEHMAN, J. W. Pigments of grain and feral amaranths. **Legacy**, v.3, p.3-4. 1990.
- LEHMAN, J. W.; CLARK, R. L.; FREY, K. J. Biomass heterosis and combining ability in interspecific and intraspecific rating of grain amaranths. **Crop Science**, v.31, p.1111-1116. 1991.
- LYON, C. K.; BECKER, R. Extraction and refining of oil from amaranth seed. **Journal of American Oil Chemistry Society**, 64: 233. 1987.
- MAPES, C .J.; CABALLERO, E.; ESPITIA, E.; BYE, R. A. Morphological variation in some Mexican species of vegetable *Amaranthus*: Evolutionary tendencies under domestication. *Genetic Research and Crop Evolution*, v. 43, p.283-290. 1996.
- MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; CIACCO, C. F.; SPEHAR, C. R. Fracionamento do grão de *Amaranthus cruentus* brasileiro por moagem e suas características composicionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3, p.511-516. 2003.
- MATSUMURA, S. Genetische Studien bei *Amaranthus tricolor* L. Part 2. Weitere Untersuchungen über Blattfärbung. **Japanese Journal of Genetics**, v.13, p.456-465. 1938.
- MASONI, A.; ERCOLI, L. Influencia de la época de cosecha sobre el rendimiento de concentrado de proteína foliar de amaranto. **El Amaranto y su Potencial**, v.1-2, p.17-23. 1994.
- MONTEROS, J. C.; NIETO, C.; CAICEDO, C.; RIVERA, M.; VIMOS, C. INIAP-Alegria, Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra Ecuatoriana. INIAP. Boletín Divulgativo N° 245 . Ecuador . 1994.
- MARDIA, K. V., KENT, J. T. and BIBBY, J. M. **Multivariate Analysis**. Academic Press. 1979.
- MORRISON, D. F. **Multivariate statistical methods**. 2. ed. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, 1976. 415 p
- MUJICA-SÁNCHEZ A. Resistencia duradera en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *in*: TALLER SOBRE RESISTENCIA DURADERA EN CULTIVOS ALTO ANDINOS. 30 may - 2 junio. Quito. INIAP-WAU-DGIS. Ecuador. p. 23-24. 1994.
- MUJICA-SÁNCHEZ, A.; BERTI-DÍAZ, M.; IZQUIERDO, J. El Cultivo del Amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización. FAO - Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe : Santiago, Chile. 1997
- MUJICA-SÁNCHEZ, A.; QUILLAHUAMAN, A. Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *In*: CURSO TALLER FENOLOGÍA DE CULTIVOS ANDINOS Y USO DE LA INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA. Puno, 7-10 agosto. INIA, PICA. Peru. p. 29-31. 1989.

MURRAY, M. J. Environmental vegetative heterosis. **Agonomy Journal**, v. 52, p.509. 1960.

NECOECHEA, M. H.; CAMACHO, C. J.; PEREZ, G. R. Elaboración de una pasta a base de Alegria (*Amaranthus leucocarpus* S.Wats.). In: PRIMER SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO. Chapingo, México. p. 459-478. 1986.

NIETO, C. El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp): una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N°52. Quito, Ecuador. 1990.

OKUNO, K.; SAKAGUCHI, S. Inheritance of starch characteristics in perisperms of *Amaranthus hypochondriacus*. **Journal of Heredity**, v. 73, p. 467. 1982.

PAL, M.; PANDEY, R. M.; KHOSHOO, T. N. 1982. Evolution and improvement of cultivated amaranths. IX Cytogenetic relationship between the two basic chromosome numbers. **Journal of Heredity**, v. 73, p. 353-358. 1982.

PANDEY, R. M. Genetics of agronomic traits in amaranths. **SABRAO Journal**, v. 14, p. 93-99. 1982.

PETERS, I.; JAIN, S. K. Genetics of grain amaranths. III. Gene-cytoplasmic male sterility. **Journal of Heredity**, v.78, 251-256. 1987.

RAYAS-DUARTE, P.; JOEB, R. Study on the squalene content in amaranth grains (Abstracts). Annual National Meeting of the Amaranth Institute, 6. North Dakota State University, Fargo, N.D. 1992.

RAYAS-DUARTE, P.; MOCK, C. M.; SATTERLEE, L. D. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth and lupin flours. **Cereal Chemistry**, v. 73, n.3, p. 381-387. 1996.

RIVERO, J. L. L. **Genética y Mejoramiento de cultivos altoandinos**. Puno, Peru : PIWA. 1994. 459 p.

ROBERTSON, K. R. The General of Amarantaceae in the south eastern United States. **Journal of The Arnold Arboretum**, v.62, n.3, p. 267-314. 1981.

SAKAMOTO, S. Origin and ethonobotany of glutinous perisperm starch found in a species of grain amaranths, *Amaranthus hypochondriacus* L. **Intercultural Studies**, v. 1, p.124-133. 1997.

SÁNCHEZ, M. A. **Potencial Agroindustrial del Amaranto**. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México. 1980.

SÁNCHEZ, E. M., ESPITIA, R. E.; OSADA, K. S. Etiología del Tizón (*Alternaria tenuis*) en Amaranto (*Amaranthus* sp.). In: PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DEL AMARANTO. Oaxtepec, Morelos, México. p. 66. 1991a.

- SÁNCHEZ, E. M.; ESPITIA, R. E.; OSADA, K. S. Etiologia de la mancha negra del tallo (*Macrophoma* sp.) en el Amaranto (*Amaranthus* sp.). In: PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DEL AMARANTO. Oaxtepec, Morelos, México. p.
- SAUER, J. D. Historical geography of crop plants: A select roster. CRC Press : Boca Raton, Florida, EUA.
- SAUER, J. D. The grain amaranthus. A survey of their history and classification. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.37, p.561-632. 1950.
- SAUNDERS, R. M.; BECKER, R. Amaranthus: A potential food and feed resource. In: **Advances in Science and Technology**, v.VI. AACC. Ed. Pomeranz. 1984.
- SEPÚLVEDA, H. Quinoa y amaranto: dos pseudocereales con gran perspectiva. **El Campesino**, v. 120, n.10, p.970. 1989.
- SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Review: amaranth and under utilized resource. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 23, p.125-139. 1988.
- SPEHAR, C. R. Quinoa: Alternativa para a diversidade agrícola e alimentar. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 104 p. 2003.
- SPEHAR, C. R. Diferenças morfológicas entre *Amaranthus cruentus*, cv. BRS Alegria e as plantas daninhas *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. viridis* e *A. spinosus*. **Planta Daninha**, Viçosa,-MG, v.21, n.3, p.481-485. 2003.
- SPEHAR, C. R. Validación, difusión y desarrollo del amaranto y quinua para los sistemas de producción de granos en las sabanas del Brasil. In Sánchez, A. M.; Izquierdo, J.; Marathe, J. P.; Morón, C.; Jacobsen, S. E. (eds.) Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional Sobre Producción y Nutrición Humana en Base a Cultivos Andinos. Arequipa, Peru, 1998. p.165-169. Lima : FAO/UNAP/UNSA/CIP. 1999.
- SPEHAR, C. R. Production systems in the savannas of Brazil: Key factors to sustainability. In LAL, R. (Ed.) **Soil quality and agricultural sustainability**. Chelsea, Michigan: Ann Arbor Press, 1998. p.301-318.
- SPEHAR, C. R. Diallel analysis for aluminium tolerance in tropical [*Glycine max* (L) Merrill]. **Theoretical And Applied Genetics**, Munchen, v.92, p.267-272, 1996.
- SPEHAR, C. R. Breeding soybeans to the low latitudes of Brazilian Cerrados (Savannahs). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1.167-1.180, 1994.
- SPEHAR, C. R.; LARA CABEZAS, W. A. R. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos Cerrados. In: LARA CABEZAS, W. A. R.;

FREITAS, P. L. (Eds.). **Plantio Direto na Integração Lavoura Pecuária**. Uberlândia, MG: UFU. 2001. p.179-188.

SPEHAR, C. R.; LANDERS, J. N. Características, limitações e futuro do plantio direto nos Cerrados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, RS, 1997, **Anais**. Passo Fundo, RS: Embrapa-Trigo, 1997. p. 127-131.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B.; SOUZA, P. I. M. Novas espécies de plantas de cobertura para o plantio direto. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, RS, 1997, **Anais**. Passo Fundo, RS: Embrapa-Trigo, 1997. p. 169-172.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. M.; MOREIRA, C. T.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. F.; FARIAS NETO, A. L.; AMABILE, R. F.; MONTEIRO, P. M. F. O.; FARIA, L. C.; URBEN FILHO, G. MONTEIRO; P. M. F. O. BRS Carla – alternativa de soja com ciclo médio para os sistemas de produção de grãos nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 661-664. 2000.

SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; LARA CABEZAS, W. A. L.; ERASMO, E. A. L. Amaranto BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.85-91, 2003.

SPEHAR, C. R., TEIXEIRA, D. L.; SANTOS, R. L.; Barros. Adaptação de pseudocereais ao cultivo no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1, 2001, **Anais**. Goiânia, GO. 2001. v. único. p.1-4.

SUMAR, K. L. 1993. La kiwicha y su cultivo. Centro Bartolomé de las Casas. Cusco, Peru.

SUMAR, K. L. Avances del programa de investigación de *Amaranthus* del CICA, Cusco, Perú. In PRIMER SEMINARIO NACIONAL DEL AMARANTO, Chapingo, México. p. 141-151. 1986.

TAPIA, M. **Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación**. Oficina Regional de la FAO para la América Latina y Caribe: Santiago, Chile. 217p. 1997.

TEIXEIRA, D. L. **Introdução e caracterização agrônômica de amaranto (*Amaranthus spp. L.*) na entressafra no Cerrado**. 2000. 26 f. Tese B.Sc. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2000.

TEIXEIRA, D. L., SPEHAR, C. R., SOUZA, L. A. C. Caracterização agrônômica de amaranto na entressafra do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.1, p.85-91, 2002.

TRANSUE, D. K.; FAIRBANKS, D. J.; ROBINSON, L. R.; ANDERSEN, W. R. Plant genetic resources. **Crop Science**, v.34, p.1385-1389. 1994.

- VALDIVIÉ, M.; ALFONSO, H. A.; FRAGA, L. M. 1994. *Amaranthus*: Un cereal antiguo con posibilidades en la avicultura moderna. **Avicultura Profesional**, v.6 n.4, p.140-144. 1989.
- VERGARA, C.; SÁNCHEZ, G. 1983. **Pyralidae registrados en el Museo de Entomología de la Universidad Nacional Agraria La Molina**. Ministerio de Agricultura. Segunda Edición. Lima, Peru.
- WALDROUP, P. W.; HELLWING, H. M. The utilization of grain amaranth by broiler chickens. **Poultry Science**, v.64, p. 759-762. 1985.
- WALTON, P. D. The use of *Amaranthus caudatus* in simulating the breeding behavior of commercial *Gossypium* species. *Journal of Heredity*, v. 50, p. 17-19. 1968.
- WALTERS, R. D., COFFEY, D. L.; SAMS, C.E. Fiber, nitrate and protein content of *Amaranthus* accessions as affected by soil nitrogen application and harvest date. **Horticultural Science**, v. 23, n.2, p. 338-341. 1988.
- WEBER, L. E.; KAUFFMAN, C. S. 1990. Plant breeding and seed production. In: NATIONAL AMARANTH SYMPOSIUM, 4: PERSPECTIVES ON PRODUCTION, PROCESSING AND MARKETING. p.115-128. Minneapolis, MN, EUA. 1990
- WILLIAMS, J. T.; BRENNER, D. Grain amaranth (*Amaranthus* species). In: WILLIAMS, J.T. (Ed.). **Underutilized Crops: Cereals and pseudocereals**. p.128-186. Chapman e Hall, London. 1995.
- WU, H. Development of grain *Amaranthus* as a starch crop in China. Ph.D. thesis. University of Hong Kong: Hong Kong, China. 1998.

Glossário

Acamamento	Tombamento das plantas no solo por causas internas da planta (fragilidade do caule ou raiz) ou externas (ventos, chuvas fortes).
Agregação de valor	Transformação da matéria-prima, grãos ou planta em alimentos ou produtos como carne, leite e ovos cujos valores de mercado possibilitam maior lucro do que o obtido na comercialização do material primário.
Alelo	Genes de um par ou de uma série. Por estarem situados em um mesmo loco de cromossomos homólogos, estão sujeitos à herança alternada.
Alelo múltiplo	Formas alternativas do gene, ocorridas em um mesmo loco.
Alogamia	Fenômeno que ocorre quando o pólen chega ao estigma procedente de outra flor da mesma planta ou de outra da mesma espécie e realiza a fecundação.
Alotetraplóide	Espécie originária de outras cujos genomas são diferentes o suficiente para não ocorrer pareamento; por duplicação de cromossomos de cada genoma, tornam-se férteis e apresentam segregação diplóide.
Ambiente	Conjunto de condições externas que interferem no crescimento e no desenvolvimento dos indivíduos.
Amento	Agrupamento de dicásios que pode definir a inflorescência como (i) amarantiforme, quando retilíneos ou compostos e dirigidos para cima; (ii) glomerulada, quando formam glomérulos de diferentes tamanhos.

Aminoácido ou ácidos aminados	Em número de 20, formam a cadeia protéica dos seres vivos; destes, oito são classificados como essenciais ao ser humano e monogástricos, pois não são sintetizados no organismo e devem ser ingeridos pelos alimentos.
Antese	Momento de abertura das anteras para liberação do pólen que se encontra pronto para germinar sobre o estigma e fertilizar o gineceu ou órgão feminino.
Autogamia	Fenômeno em que o pólen, procedente da mesma flor, chega ao estigma e realiza a fecundação.
Autopolinização	Fusão dos gametas masculino e feminino do mesmo indivíduo.
Pixídio	Tipo de fruto seco que apresenta um opérculo, como uma tampa.
Amaranthaceae	Família botânica que compreende gêneros e espécies cultivadas para alimento e ornamentação e silvestres (caruru ou bredo).
<i>Amaranthus</i>	Gênero a que pertence o amaranto cultivado e o silvestre (caruru ou bredo).
<i>Amaranthus silvestres</i>	Conjunto de espécies invasoras (<i>A. blitum</i> , <i>A. hybridus</i> , <i>A. retroflexus</i> , <i>A. spinosus</i>), do mesmo gênero que o amaranto, algumas com diferenças genéticas ou barreiras naturais a cruzamentos interespecíficos e outras com probabilidade de hibridação; possuem semelhança morfológica no início do ciclo biológico.
<i>Amaranthus cultivado</i>	Conjunto de espécies domesticadas com ampla adaptação ao clima e ao solo e aos sistemas agrícolas modernos.
Cercosporiose	Doença que ocorre nas folhas, caracterizada por manchas arredondadas, com necrose na fase mais avançada.
Cultivar	Variedade cultivada
Cultivo orgânico	Atividade que, para a obtenção do produto final, a ser consumido ou industrializado, não utiliza substâncias químicas, sintetizadas por meios artificiais que resultem em desequilíbrio na composição esperada ou resíduos que comprometam o meio ambiente e a saúde humana e animal.

Custos diretos	Custos relativos a insumos necessários às operações de cultivo entre a semeadura e a colheita.
Custos indiretos	Custos relativos a mão-de-obra, atividades (manutenção e depreciação de máquinas e equipamentos), administração, juros sobre empréstimos, armazenagem, transporte, remuneração sobre o capital envolvidos no cultivo que devem ser levados em conta, para compor os custos totais e avaliar o lucro operacional obtido pelo produtor.
Deiscência	Fenômeno em que as partes reprodutivas e as sementes se desprendem da planta na maturação; o contrário é indeiscência, desejável no cultivo comercial.
Dicásio	Inflorescência cimosa caracterizada por um eixo principal que termina em uma flor, abaixo da qual se originam duas outras opostas, posicionadas sobre a flor terminal; as três flores são componentes de um amento.
Ecótipo	Subunidade da espécie, não-sujeita à perda de fertilidade por recombinação genética, com outras unidades similares ou variedades, de diferentes ambientes.
Episperma	Cobertura da semente de amaranto.
Estabilidade	A repetibilidade no desempenho de genótipos para características de herança quantitativa, como a produção de grãos.
Estado de massa	Fase do grão imaturo, na qual se pode amassar sem que se eliminem líquidos.
Estaminada	Flor que possui apenas o órgão masculino.
Fenologia	Estudo dos fenômenos biológicos relacionados a um ritmo periódico, como a emergência, o florescimento, o amadurecimento dos frutos, o ponto de colheita.
Fenótipo	Aparência externa dos caracteres que se percebem em um indivíduo os quais são resultantes da maior ou da menor interação entre as condições do meio e do genótipo.

Fotoperíodo	Comprimento crítico do dia no qual plantas de amaranto iniciam a indução floral e o amadurecimento das sementes. O fenômeno ocorre quando os dias encurtam, sendo classificada como “planta de dias curtos”.
Fotossintetizado	Substância orgânica produzida pela fotossíntese, na folha e outras partes da planta, transferida a órgãos de reserva como sementes e raízes.
Gene	Unidade de herança definida em um local do cromossomo (loco); em atuação individual ou conjunta, é responsável pela manifestação de um caráter.
Genealogia	Estudo da origem de indivíduo, linhagem, variedade ou espécie.
Genitor	Cada um dos indivíduos que contribuem com gametas para gerar outros com novas constituições genéticas.
Genoma	Conjunto de cromossomos que contém o material genético de uma espécie.
Genótipo	Composição genética do indivíduo, expressa no fenótipo ou latente, quando o caráter é recessivo.
Germoplasma	Conjunto de acessos (genótipos, variedades, populações) que representam diversidade genética, em menor ou maior escala, de uma espécie.
Heterozigoto	Indivíduo que apresenta alelos diferentes em um ou mais <i>loci</i> , representado como Aa, em indivíduo diplóide, para um par de alelos.
Hibridação	Cruzamento entre dois ou mais genótipos ou variedades.
Homozigose	Situação em que o genótipo apresenta alelos iguais em <i>loci</i> correspondentes de cromossomos homólogos; AA ou aa, em s. indivíduo diplóide ou alotetraplóide, para um par de alelo.
Insumo	Produtos ou atividades necessários ao estabelecimento e à condução de uma lavoura ou cultivo, como sementes, fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, dessecantes, óleo mineral, manejo de plantas de cobertura.

Linha pura	Variedade homozigótica em todos os <i>loci</i> , obtida de sucessivas autofecundações.
Lucro operacional	Ganho obtido pela atividade agrícola, descontados os custos diretos e os indiretos.
Míldio	Doença causada por fungos da família Peronosporaceae, caracterizada por crescimento superficial do micélio.
Melhoramento genético	Seleção de indivíduos, progênies ou populações que contém características desejáveis e herdáveis para obter novas variedades.
Monoécia	Fenômeno que ocorre em indivíduos hermafroditas cujos órgãos reprodutores encontram-se em flores diferentes; em plantas diz-se monóicas.
Panicula	Inflorescência constituída por uma haste com ramos, contendo grande número de amentos, situada na extremidade superior da planta. É aberta (laxa) ou fechada, amarantiforme ou glomerulada.
Pecíolo	Extensão que une a lâmina da folha ao caule.
Perisperma	Tecido de reserva com origem no nucelo ou envoltório do óvulo.
Pistilada	Flor que possui apenas o órgão feminino.
Plântula	Planta na fase inicial de crescimento.
Progênie	Conjunto de indivíduos originários das sementes de uma mesma planta híbrida, procedente de cruzamento natural ou artificial.
Plantio direto	Técnica de cultivo sem o revolvimento do solo, útil na sua conservação, com aumento na eficiência de estabelecimento e condução de lavouras pelo cumprimento do calendário agrícola.
População	Número de indivíduos, por unidade de área, em plantios comerciais; no melhoramento genético, é o conjunto de indivíduos originários de cruzamentos que apresentam segregação.

Processamento	Conjunto de atividades para transformar grãos e plantas, provenientes da atividade agrícola, em outros produtos derivados como amidos, farinhas, fibras, óleos, vitaminas.
Rastreabilidade	Produto do qual são conhecidas todas as fases de obtenção, podendo-se avaliar os efeitos de cada uma delas sobre a qualidade final.
Safrinha	Cultivo adicional em sucessão ou antecipação às semeaduras das culturas comerciais de soja ou milho.
Segregação	Indivíduos cujas progênies mostram variações fenotípicas que refletem diferenças na composição genética e podem ser aproveitadas no melhoramento.
Seleção massal	Seleção de plantas individuais que são propagadas na geração seguinte, a partir do conjunto de todas as sementes.
Seleção individual	Método em que plantas são autofecundadas e avaliadas por suas progênies, reservando-se metade das sementes; recorre-se às remanescentes apenas das selecionadas para formar lotes fenotípicos homogêneos.
Seleção genealógica	Método em que plantas são autofecundadas e avaliadas por suas progênies; dentro das melhores, realiza-se seleção individual, comparam-se as progênies dos melhores indivíduos, repetindo-se o ciclo até atingir uniformidade fenotípica.
Variedade	Cada um dos grupos em que se dividem as espécies, distinguíveis entre si por caracteres (descritores) secundários, ainda que permanentes.
Valor biológico	Qualidade de uma proteína, medida pela proporção de aminoácidos essenciais, útil no balanceamento alimentar de monogástricos (ser humano, suínos, aves).

Embrapa

Cerrados

Apoio



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

