

2 Espécies, melhoramento genético e cultivares

Introdução

Fabio Gelape Faleiro,
Nilton Tadeu Vilela Junqueira

As pitaias são conhecidas mundialmente como *dragon fruits* ou frutas-do-dragão e são originadas das Américas, com os principais centros de diversidade localizados em regiões áridas e semiáridas e florestas tropicais do sudoeste dos Estados Unidos, México e vários países sul-americanos, como Peru, Argentina, Chile e Brasil (BARTHOLOTT & HUNT, 1993).

No Brasil, a pitaia é considerada uma fruta exótica pelo fato de ser pouco conhecida, exuberante e comercializada com alto valor principalmente em mercados exigentes. No entanto, ela não pode ser chamada de exótica no Brasil porque existem espécies nativas em diferentes regiões brasileiras, com destaque para a espécie *Selenicereus setaceus*, também conhecida como pitaia-do-cerrado, minipitaia, *baby* ou saborosa (JUNQUEIRA et al., 2002).

Existem relatos históricos do cultivo de pitaia no início do século XX no Vietnã e no Brasil. No Brasil, era comum o cultivo de espécies nativas em fazendas mais antigas das regiões do Cerrado de Minas Gerais e de Goiás, onde os produtores costumavam manter essas plantas sobre muros, troncos de árvores e cercas. Seus frutos eram utilizados como laxante e o suco concentrado dos cladódios como depurativo e em trabalhos de parto (JUNQUEIRA et al., 2002). Apesar desses usos antigos, o cultivo comercial das pitaias é muito recente, possivelmente no início da década de 1990 em países americanos e asiáticos.

As primeiras experiências com o cultivo comercial de pitaia no Brasil foram no interior do estado de São Paulo (BASTOS et al., 2006). Segundo dados do Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro, a comercialização da pitaia no país teve início em 2005. Em 2017, a produção brasileira atingiu aproximadamente 1,5 mil toneladas por ano em uma área de pouco mais de 500 hectares. Nos últimos anos, houve um aumento significativo da produção brasileira e, em 2021/2022, a estimativa da produção anual é superior a 5 mil toneladas.

Além do Brasil, existem relatos de cultivo comercial na Austrália, Camboja, China, Colômbia, Equador, Guatemala, Indonésia, Israel, Japão, México, Malásia, Myanmar, Nicarágua, Nova Zelândia, Peru, Filipinas, Espanha, Taiwan, Tailândia, Estados Unidos e Vietnã (MERCADO-SILVA, 2018). O maior produtor mundial de pitaia é o Vietnã com mais de 600 mil toneladas por ano, seguido da China com 36 mil toneladas por ano. O Brasil está entre os dez maiores produtores, com a produção e comercialização crescentes a cada ano, assim como o número de regiões produtoras (FRÓES JUNIOR et al., 2019). Atualmente, há relatos de produção de pitaia em todas as regiões do Brasil.

Atualmente, diferentes espécies de pitaia, nativas e exóticas, são cultivadas no Brasil, sendo a cadeia produtiva fortalecida a cada ano. O potencial comercial das diferentes espécies se deve à diversidade de cores da casca e da polpa, forma, tamanho e teor de

sólidos solúveis dos frutos (FALEIRO et al., 2021). Além disso, as flores são exuberantes e muito bonitas, evidenciando o grande potencial ornamental (JUNQUEIRA et al., 2007).

Considerando todo o potencial das pitaias para a diversificação de fontes de renda dos fruticultores, oferta de alimentos de alta qualidade para os consumidores e alternativas ornamental e medicinal, as ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação são importantes e estratégicas.

Neste capítulo serão apresentadas, com base nas experiências da equipe técnica da Embrapa, as principais espécies de pitaia e suas potencialidades comerciais, os principais avanços obtidos nas áreas de conservação, caracterização e uso de recursos genéticos, no melhoramento genético, além das perspectivas de desenvolvimento de novos cultivares geneticamente superiores, o que é fundamental para o fortalecimento da cadeia produtiva da pitaia no Brasil.

2.1 Taxonomia e diversidade genética

As pitaias pertencem à família Cactaceae, a qual possui aproximadamente 100 gêneros e 1.500 espécies nativas das Américas (BARTHLOTT & HUNT, 1993). As espécies dessa família são frequentemente usadas como plantas ornamentais e normalmente são adaptadas a ambientes extremamente quentes ou áridos, apresentando ampla variação anatômica e capacidade fisiológica de conservar água por meio do metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), que permite o fechamento dos estômatos durante o dia e abertura durante a noite para absorver dióxido de carbono e armazená-lo na forma de ácido málico, o qual sofre reações durante o dia e é transformado em glicose (MIZRAHI, 2014).

Existem diferentes espécies cultivadas que são referidas como pitaias, o que torna a taxonomia e a classificação botânica muito complexas. A taxonomia das espécies de pitaia tem sido alvo de muitas controvérsias e revisões dos gêneros e espécies ao longo do tempo, considerando os aspectos morfológicos, a compatibilidade entre espécies, os gêneros e também as análises com base em marcadores genético-moleculares (BRITTON & ROSE, 1920; BUXBAUM, 1958; BARTHLOTT & HUNT, 1993; KOROTKOVA et al., 2017).

Na revisão mais recente feita por Korotkova et al. (2017), com base em filogenia molecular, a tribo Hylocereeae é composta por oito gêneros (*Acanthocereus*, *Aporacactus*, *Disocactus*, *Epiphyllum*, *Kimmachia*, *Pseudorhipsalis*, *Selenicereus* e *Weberocereus*), sendo as espécies de pitaia mais importantes do ponto de vista comercial classificadas dentro do gênero *Selenicereus*: *S. undatus*, *S. costaricensis*, *S. setaceus* e *S. megalanthus*. Antes dessa revisão, as espécies *S. undatus* e *S. costaricensis* eram classificadas como do gênero *Hylocereus*.

Além da grande diversidade de gêneros e espécies de pitaia (Figura 1), é importante considerar que existe alta variabilidade intraespecífica, ou seja, existem diferenças genéticas entre acessos dentro de cada espécie. A variabilidade genética tem sido verificada em todas as espécies de maior importância comercial para características de interesse agrônomo, como produtividade, adaptabilidade, vigor, resistência a doenças, características físicas e químicas dos frutos, autocompatibilidade, fenologia, precocidade e sensibilidade ao fotoperíodo para indução de florescimento (LIMA, 2013). Estas características são a base para os trabalhos de melhoramento genético das espécies, tendo em vista o desenvolvimento de cultivares geneticamente superiores.

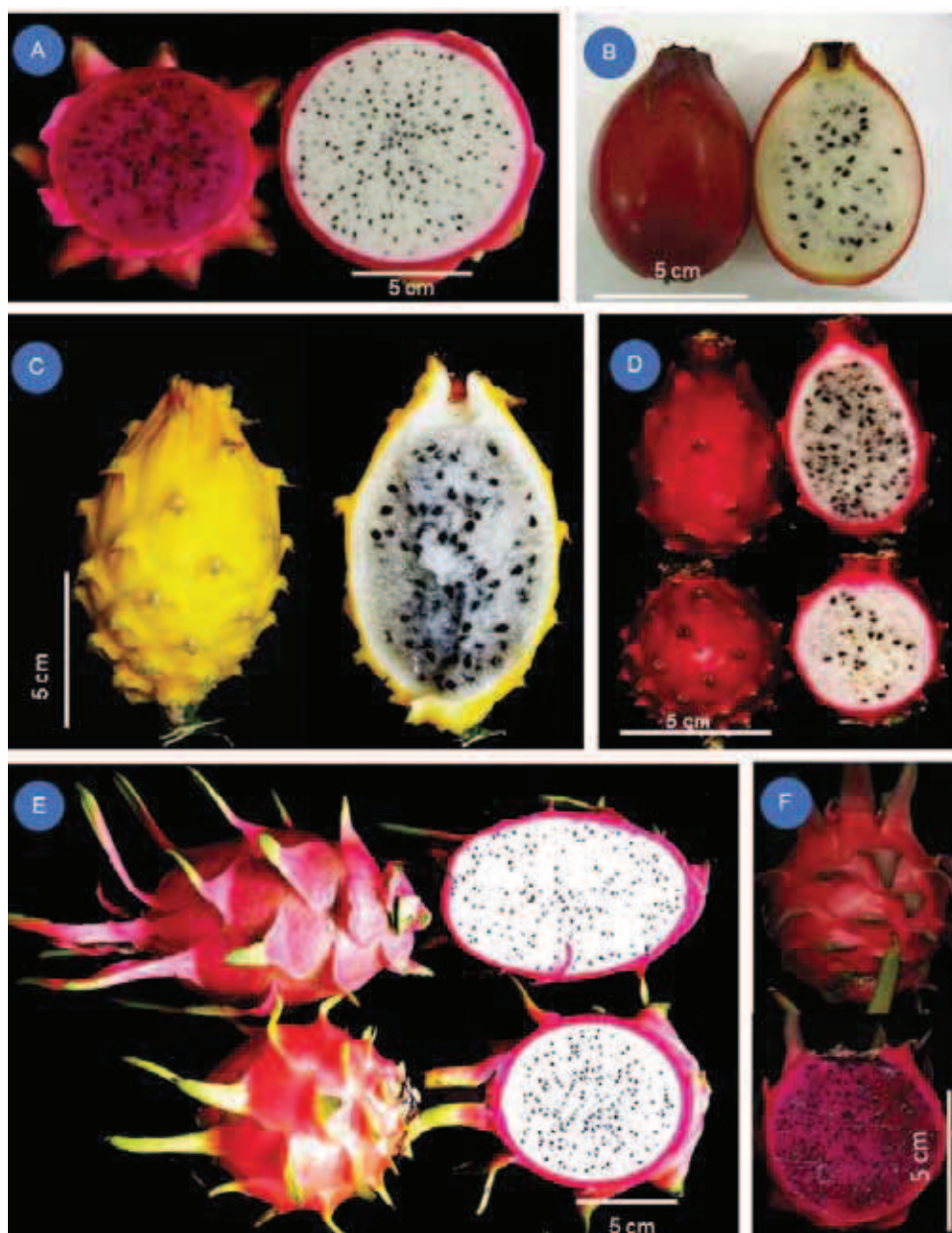


Figura 1. Diversidade morfológica de pitaias: A – *Hylocereus polyrhizus* (polpa vermelha) e *S. undatus* (polpa branca); B - *Epiphyllum oxypetalum*; C – *S. megalanthus*; D – *S. setaceus*; E – genótipos diferentes de *S. undatus*; F – *S. costaricensis*

Fotos: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

2.2 Conservação, caracterização e uso de recursos genéticos

A conservação e a caracterização de recursos genéticos são a base de todo trabalho tecnológico que visa a domesticação e o melhoramento genético das espécies de importância comercial atual ou potencial (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2011). De acordo com estes autores, existem diferentes estratégias para a conservação (*in situ*, *ex situ* e *on farm*) e para a caracterização ecológica, morfológica, agronômica e molecular dos recursos genéticos.

Dentro dessa linha, as primeiras atividades de pesquisa tiveram início na década de 1990, na Embrapa Cerrados, unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária localizada em Planaltina, DF (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2021). Antes de qualquer registro de cultivo comercial de pitaia no Brasil, o pesquisador da Embrapa Dr. Nilton Tadeu Vilela Junqueira realizou expedições para a coleta de recursos genéticos que vegetavam naturalmente na região do Cerrado e em áreas de transição com a Amazônia, na Mata Atlântica e na Caatinga. Além desses, foram também coletados recursos genéticos conservados e utilizados em fazendas tradicionais (Figura 2).

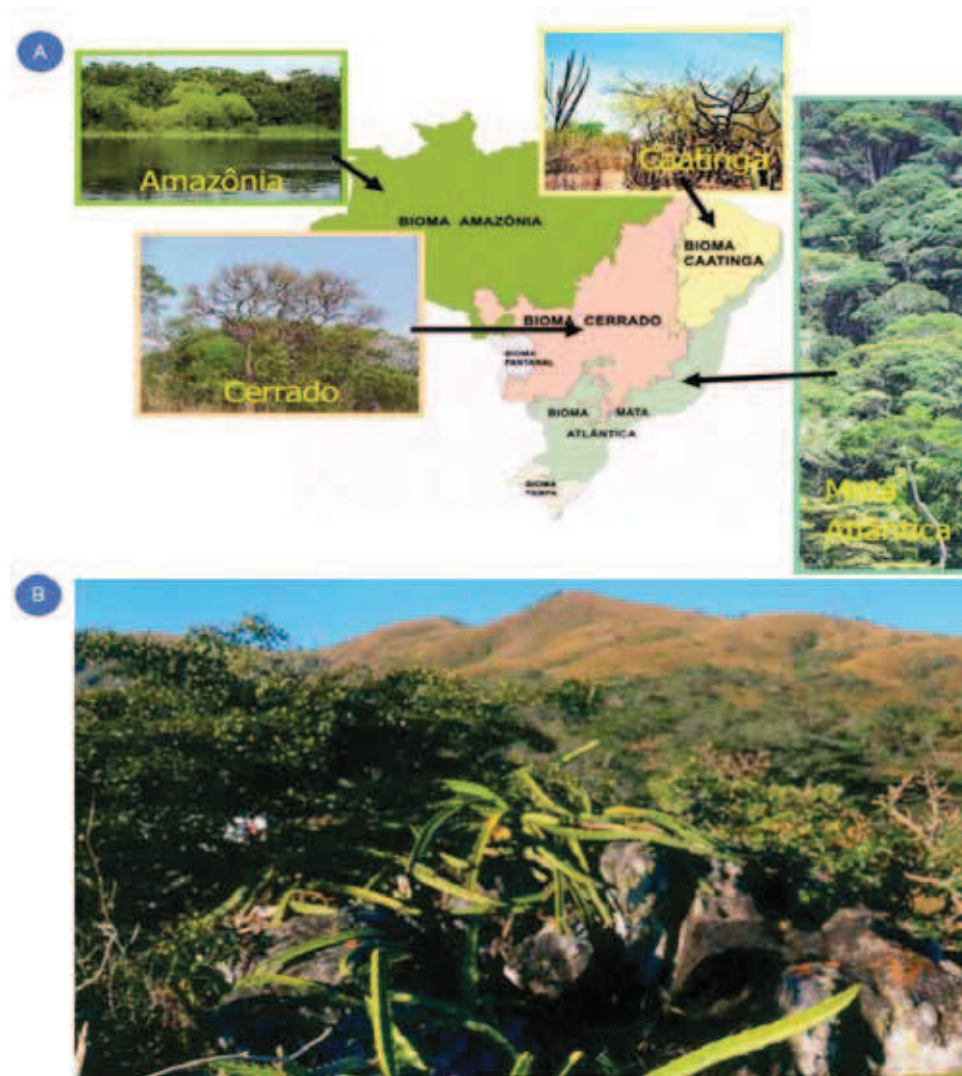


Figura 2. Regiões de distribuição de recursos genéticos de espécies de pitaia no Brasil: A - Coletas realizadas na região do Cerrado e em áreas da Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga (Foto: Embrapa, divulgação); B - Na região do Cerrado, os acessos são encontrados vegetando naturalmente em maciço rochoso

Foto: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Como resultado desse trabalho, foi montado, em 1996, o primeiro banco ativo de germoplasma (BAG) de pitaia do Brasil com o objetivo de caracterizar o potencial agrônomo e comercial das principais espécies (Figura 3A). O BAG de pitaia estabelecido contou inicialmente com mais de 200 acessos que foram coletados em diferentes regiões do Brasil e também obtidos por doações voluntárias de agricultores e colecionadores.

Nos anos 2000, o número de acessos foi reduzido para aproximadamente 50, porque as ações de pesquisa e desenvolvimento foram concentradas nas espécies de maior potencial comercial e naquelas potencialmente úteis para os programas de melhoramento genético (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2021). Com a redução do número de acessos, foi possível o estabelecimento de experimentos com repetições e em diferentes locais para avaliação de características agrônomicas relacionadas principalmente à produtividade (Figura 3B) e a renovação do BAG (Figura 3C).



Figura 3. A - Primeiro Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de espécies de pitaia do Brasil na Embrapa; B - Avaliação de produtividade dos acessos; C - Trabalho recente de renovação do BAG
Fotos: Fábio Gelape Faleiro

Para o avanço dos trabalhos de caracterização do BAG da Embrapa Cerrados foram definidas quatro espécies de maior potencial comercial que apresentavam diferenças quanto ao tamanho dos frutos, cor da casca e da polpa: a *S. undatus*, que produz frutos grandes, de casca vermelha e polpa branca; a *S. costaricensis*, que produz frutos de tamanho médio, de casca vermelha e polpa vermelha; a *S. megalanthus*, que produz frutos de tamanho médio, de casca amarela com espinhos e polpa branca; e a *S. setaceus*, que produz frutos pequenos, de casca vermelha com espinhos e polpa branca (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2021; FALEIRO et al., 2021).

As espécies *S. undatus* e *S. megalanthus* são as mais cultivadas no mundo (LIMA, 2013). A *S. undatus* tem se destacado comercialmente devido à sua alta produtividade e à produção de frutos grandes e a *S. megalanthus* por produzir pitaias de polpa com elevado teor de açúcar. A espécie *S. costaricensis* se destaca pela produção de frutos com coloração vermelho-arroxeadas da polpa, com elevado teor de compostos antioxidantes, e a *S. setaceus* pela produção de frutos com sabor equilibrado devido à combinação perfeita entre o teor de sólidos solúveis e a acidez, o que lhe confere um sabor diferenciado das demais espécies, razão pela qual a pitia dessa espécie é chamada de “saborosa”.

O primeiro trabalho realizado a partir da caracterização morfológica e agrônômica dos acessos do BAG da Embrapa Cerrados foi com a espécie *S. setaceus*, que é nativa da região do Cerrado (JUNQUEIRA et al., 2002). As características morfológicas da planta, das flores e dos frutos de diferentes acessos mostraram a existência de variabilidade genética para as características de tamanho, formato, acidez, sólidos solúveis e inclusive produtividade. Esse trabalho evidenciou o potencial dessa espécie para o uso alimentar, considerando a alta produtividade das plantas e a produção de pitaias com um sabor especial, caracterizado pelo equilíbrio entre a doçura e a acidez. A beleza e exuberância das flores também evidenciaram o potencial da espécie para uso ornamental (Figura 4).

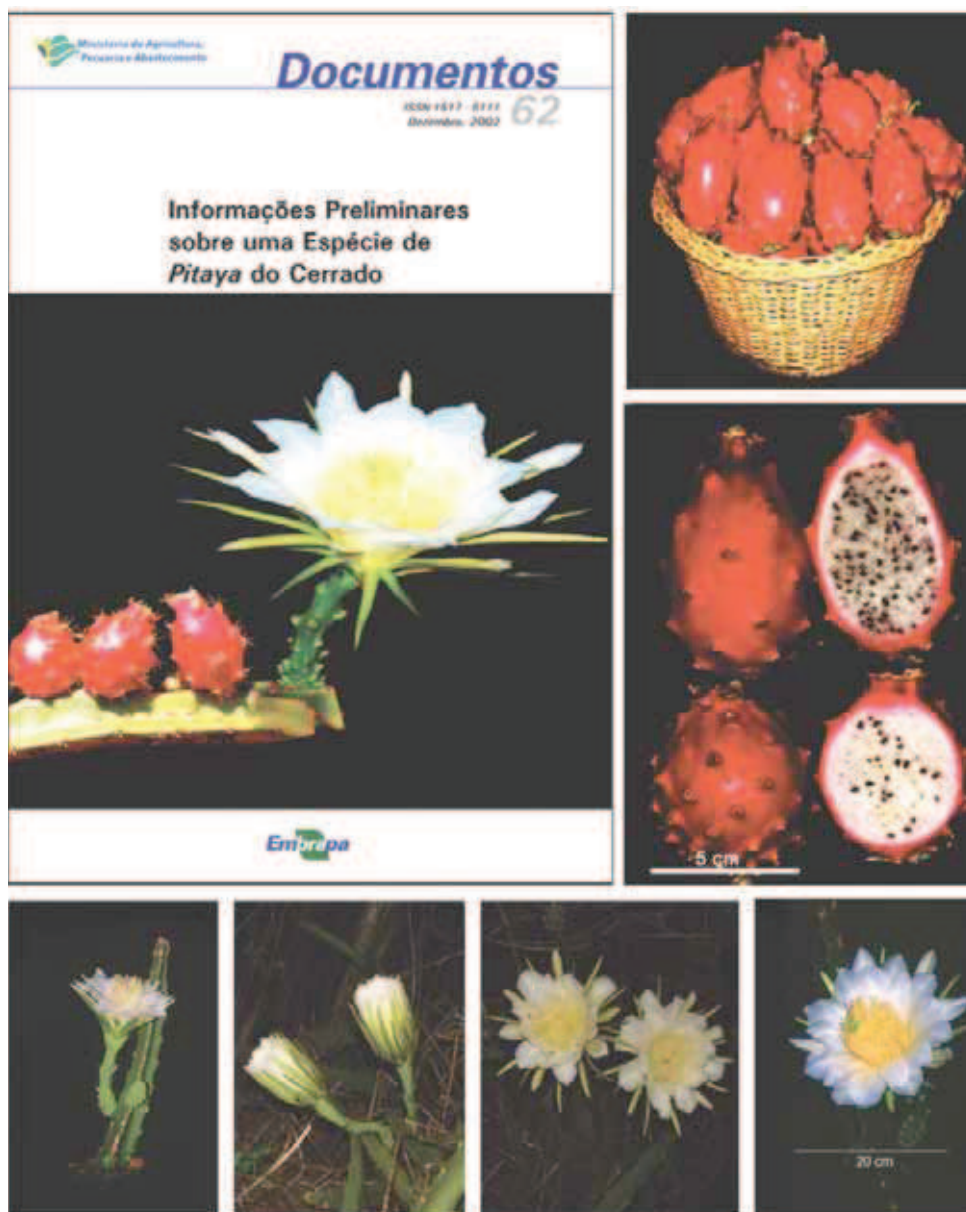


Figura 4. Caracterização da espécie *Selenicereus setaceus*, nativa da região do Cerrado, evidenciando o seu potencial comercial e como planta ornamental
Fotos: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Diversos projetos e atividades da Embrapa tiveram como objetivo a ampliação da base genética do banco ativo de germoplasma, considerando as espécies de pitaias com maior potencial comercial. Nesse sentido, foi feito um enriquecimento do BAG com genótipos autocompatíveis, que produzem pitaias grandes, com polpa mais doce, maior vigor e adaptabilidade às condições de clima tropical do Cerrado brasileiro. De forma paralela ao enriquecimento do BAG, foram iniciados os trabalhos de caracterização, seleção e clonagem dos genótipos superiores de cada espécie comercialmente promissora.

Os trabalhos de caracterização foram realizados inicialmente com base em características morfológicas da planta, características físicas e químicas dos frutos e de produtividade dos acessos (Figura 5). Estas características evidenciaram o potencial das diferentes espécies para uso como plantas ornamentais (JUNQUEIRA et al., 2007) e para a produção de pitaias de alto valor agregado e com características físicas e químicas para agradar os mercados de frutas especiais e também os consumidores mais exigentes (SOUZA et al., 2006).



Figura 5. Flores e frutos de espécies com potencial para o uso como planta ornamental e para a produção de frutas especiais de alto valor agregado

Fotos: Nilton Tadeu Vilela Junqueira

Marcadores moleculares do DNA também foram utilizados para aprofundar os estudos de diversidade genética, no sentido de subsidiar as atividades de conservação e uso de germoplasma no melhoramento genético das diferentes espécies de pitaias.

Um estudo da diversidade genética de 13 acessos mantidos no BAG da Embrapa Cerrados foi realizado por Junqueira et al. (2010a) utilizando marcadores moleculares *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD). De acordo com estes autores foram obtidos mais de 95% de marcadores polimórficos, a partir dos quais foram estimadas distâncias genéticas entre os acessos e realizadas análises de agrupamento para a identificação de grupos de similaridade genética. Com base neste trabalho, os autores concluíram que existe

ampla diversidade genética entre os acessos de pitaia nativas do Cerrado, posicionando esse Bioma entre os centros de diversidade dessas espécies.

Os trabalhos de caracterização morfológica, agrônômica e molecular permitiram a identificação de acessos com alta divergência genética entre si, abrindo perspectivas para trabalhos de melhoramento via hibridação intra e interespecífica, aumentando as possibilidades de combinações gênicas e da seleção de genótipos superiores. Esses trabalhos de caracterização mais detalhada permitiram a seleção de seis acessos geneticamente superiores de *S. undatus*, sete de *S. setaceus*, quatro de *S. costaricensis* e quatro de *S. megalanthus*. Os acessos selecionados passaram a ser utilizados na obtenção de híbridos intra e interespecíficos com o objetivo de ampliar a base genética para trabalhos de seleção clonal visando ao desenvolvimento de cultivares geneticamente superiores.

2.3 Principais resultados e tecnologias relacionadas ao melhoramento genético

Trabalhos de melhoramento genético da pitaia são muito recentes no Brasil e no mundo. Existem alguns grupos de pesquisa nos Estados Unidos (THOMPSON, 2002), nos países asiáticos (LUO et al., 2019) e em Israel (TEL-ZUR et al., 2012; 2020). No Brasil, as atividades de caracterização e o uso de recursos genéticos de pitaia, tendo em vista o melhoramento genético, têm sido realizados na Embrapa Cerrados, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), na Universidade Estadual Paulista (Unesp), na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), além de alguns fruticultores e colecionadores.

Na Embrapa Cerrados, o BAG de pitaia foi a base para a realização de vários trabalhos relacionados ao melhoramento genético das espécies com maior potencial comercial (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2021). De forma paralela, foram trabalhadas ações para o desenvolvimento de sistemas de produção comercial. Para operacionalizar estes trabalhos foram desenvolvidos diferentes projetos com o envolvimento de uma equipe multidisciplinar para atuar nas diferentes linhas de pesquisa, tendo como objetivo final desenvolver um sistema de produção de pitaia no Brasil, com sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Os primeiros trabalhos de seleção foram realizados em 2002 e têm continuidade até os dias atuais. Importantes resultados foram obtidos nessa linha de pesquisa, aliando as informações obtidas por meio de técnicas moleculares ao desempenho desses materiais em condições de cultivo, orientando e subsidiando a seleção clonal e o avanço das ações do melhoramento genético, tendo como foco o desenvolvimento dos primeiros cultivares de pitaia no Brasil (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2021).

Os trabalhos de seleção e melhoramento genético das espécies de pitaia realizados na Embrapa Cerrados foram baseados na demanda do setor produtivo por cultivares que pudessem atender as necessidades climáticas de produção e as exigências do consumidor.

O cenário em 2002 é o mesmo de 2021, ou seja, as mudas comercializadas não são provenientes de matrizes selecionadas e devidamente avaliadas do ponto de vista agrônômico em diferentes regiões do Brasil. Até os dias atuais são observados nos pomares

alta variação de produção e pitaias de diferentes tamanhos e formatos, além de diferentes características físico-químicas.

Outro problema é que os produtores têm cultivado variedades importadas com baixa capacidade produtiva e baixa adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras. Um exemplo é o cultivo, sem sucesso, da pitaiá amarela importada da Colômbia. Além desta, Lone et al. (2020) citam outras variedades, sem registro, cultivadas no Brasil, como a 'Golden, Vietnamese White', 'Orejona' e 'Rabilonga', além de populações e de híbridos de diferentes espécies. Esses problemas evidenciam a necessidade de desenvolvimento de cultivares com registro no Mapa e com garantia de origem genética, que possam ser recomendados para cultivo em diferentes regiões do Brasil.

Para o sucesso do trabalho de seleção visando à obtenção de ganhos genéticos, é essencial que exista variabilidade genética entre diferentes acessos, populações, híbridos e progênies obtidas. Diferenças relacionadas à produtividade e às características físico-químicas dos frutos entre as diferentes espécies de pitaiá também foram verificadas dentro da mesma espécie e dentro da primeira população de melhoramento genético, na Embrapa Cerrados (SOUZA et al., 2006). Para analisar a variabilidade dessa população e subsidiar o avanço nos trabalhos de seleção na Embrapa Cerrados, 16 progênies foram avaliadas (JUNQUEIRA et al., 2010b), as quais apresentaram diferenças fenotípicas no vigor vegetativo, na produtividade e nos formatos dos frutos. Considerando que as progênies analisadas apresentam diferentes genótipos, possivelmente diferentes grupos de genes estão condicionando maior ou menor produtividade, além de outras diferenças no vigor e no formato das pitaias. Esse importante resultado impulsionou o avanço dos ciclos de seleção, a recombinação e o melhoramento genético.

A partir da intensificação do trabalho de caracterização agrônômica das matrizes selecionadas de cada espécie de pitaiá com potencial comercial, algumas características agrônômicas básicas foram definidas para orientar o trabalho de seleção (Figura 6). A produtividade, as características físicas e químicas dos frutos e a resistência a doenças são importantes para qualquer programa de melhoramento de espécies frutíferas. No caso da pitaiá, as características de autocompatibilidade, vigor, longevidade e adaptabilidade às condições tropicais do Cerrado também foram consideradas e utilizadas no processo de seleção, tendo em vista as demandas dos produtores e dos consumidores.



Figura 6. Principais características agrônômicas consideradas pelo programa de melhoramento genético da pitaiia realizado na Embrapa Cerrados

Foto: Fábio Gelape Faleiro

Com base nos trabalhos iniciais de caracterização agrônômica, as melhores matrizes das diferentes espécies foram clonadas para o estabelecimento de uma nova área experimental, na unidade de apoio da fruticultura da Embrapa Cerrados, para montagem de experimentos com maior tamanho de parcela e maior número de repetições, tendo em vista a avaliação de características de produtividade e as estimativas de parâmetros genéticos.

A caracterização das matrizes selecionadas com relação às características físicas e químicas dos frutos foi inter e intraespecífica. A diversidade genética intra e interespecífica de 21 matrizes selecionadas das espécies de pitaiia *S. undatus* e *S. setaceus*, com base nas características físico-químicas dos frutos, evidenciaram diversidade das matrizes das duas espécies e também a maior diversidade intraespecífica das matrizes da espécie *S. undatus* (LIMA et al., 2013a).

Com a continuação do trabalho de caracterização das pitaias, foi verificado que as matrizes da espécie *S. undatus* produziam pitaias com maiores médias de comprimento, diâmetro e massa, e que as matrizes da espécie *S. setaceus* produziam os maiores teores de sólidos solúveis, conforme se observa na Tabela 1 (LIMA et al., 2014). Entretanto, de acordo com estes autores, houve diferenças significativas entre as matrizes quanto ao tamanho e teor de sólidos solúveis das pitaias dentro de cada espécie. As matrizes 2 e 5 da espécie *S. undatus* se destacaram por apresentarem maiores comprimento, diâmetro e

massa dos frutos, enquanto a matriz 2 se destacou por apresentar teor de sólidos solúveis acima de 20ºBrix na parte intermediária dos frutos (Tabela 1).

As matrizes selecionadas da espécie *S. setaceus* se destacaram por apresentarem maiores teores de sólidos solúveis nas três porções dos frutos, quando comparadas com a espécie *S. undatus*. A espécie *S. setaceus* é conhecida como “saborosa” porque produz pitaias com teor equilibrado de sólidos solúveis e acidez (doçura da polpa), o que confere um sabor aprimorado e diferenciado.

Tabela 1. Médias das características comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), massa total de fruto (MTF), massa da casca (MC), massa da polpa (MP), sólidos solúveis da parte superior (SSS), sólidos solúveis da parte mediana (SSM), sólidos solúveis da parte inferior (SSI), sólidos solúveis da base do terço superior (SBTS), sólidos solúveis do centro do terço intermediário (SCTM) e sólidos solúveis da parte superior do terço inferior (SSTI) de 21 matrizes de pitaias das espécies *S. undatus* e *S. setaceus*

Códigos	CF	DF	MTF	MC	MP	SSS	SSM	SSI	SBTS	SCTM	SSTI
<i>S. setaceus</i>											
CPAC PY-01(3)	10,7c	8,8b	448,6c	97,9d	350,8c	12,3b	12,9b	11,6c	17,7b	18,5b	17,6b
CPAC PY-01(2)	12,5a	9,9a	752,5a	176,3a	580,1a	13,3a	14,9a	13,7b	20,6a	20,9a	20,1a
CPAC PY-01(1)	10,2c	8,0c	405,5c	141,1b	264,4c	10,8c	11,2c	9,4d	13,1c	13,6c	13,0d
CPAC PY-04	9,2d	8,1c	343,5c	121,7c	221,8d	11,0c	11,9c	11,3c	14,8c	15,3c	14,9c
CPAC PY-01(4)	11,5b	9,7a	636,2b	143,7b	492,6b	10,6c	11,3c	10,7c	15,4b	15,7c	14,4d
CPAC PY-01(5)	10,0c	8,6b	448,0c	142,9b	305,1c	12,1b	12,3b	11,4c	16,4b	16,6b	15,8c
<i>S. undatus</i>											
CPAC PY- 06(01)	7,7e	4,5d	90,2d	23,8e	66,3e	13,7a	15,5a	14,6a	16,8b	17,9b	17,3b
CPAC PY-06(02)	7,4e	4,5d	78,3d	23,2e	60,5e	13,9a	15,6a	14,3a	16,3b	17,4b	17,0b
CPAC PY-06(03)	7,5e	4,7d	91,0d	25,4e	65,5e	14,3a	15,6a	14,2a	16,3b	17,5b	17,4b
CPAC PY-06(04)	7,4e	4,3d	79,5d	23,9e	55,4e	13,9a	15,4a	14,6a	16,1b	17,7b	17,4b
CPAC PY-06(05)	7,6e	4,4d	68,8d	23,3e	58,8e	13,6a	15,1a	14,1a	16,5b	17,2b	16,8b
CPAC PY-06(09)	6,8e	4,4d	67,2d	17,5e	49,5e	13,6a	14,9a	13,8b	15,7b	16,8b	16,0c
CPAC PY-06(10)	7,1e	4,0d	67,9d	16,0e	53,2e	13,7a	15,1a	13,7b	16,1b	17,1b	16,6b
CPAC PY-06(11)	8,0e	4,6d	88,8d	21,0e	67,7e	12,6a	14,3a	12,9b	15,8b	17,4b	16,8b
CPAC PY-06(12)	7,6e	4,4d	80,4d	22,6e	57,8e	13,7a	15,5a	13,7b	16,6b	17,8b	16,8b
CPAC PY-06(13)	7,2e	4,4d	74,8d	20,5e	54,0e	13,7a	15,4a	14,1a	16,5b	17,0b	17,0b
CPAC PY-06(14)	7,2e	4,2d	68,7d	21,1e	47,5e	13,1a	14,5a	13,1b	14,6c	15,6c	15,4c
CPAC PY-06(15)	7,5e	4,2d	72,2d	15,4e	56,7e	14,5a	15,6a	14,1a	16,2b	17,5b	16,9b
CPAC PY-06(16)	7,3e	4,4d	78,6d	17,2e	61,0e	13,8a	15,1a	13,3b	15,8b	16,5b	16,2c
CPAC PY-06(17)	7,6e	4,4d	85,1d	20,7e	64,0e	14,3a	15,4a	14,5a	16,8b	17,5b	16,7b
CPAC PY-06(18)	7,3e	4,5d	82,2d	19,8e	62,4e	14,1a	15,5a	14,2a	16,0b	17,2b	15,8c

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott a 5% de significância.

Fonte: Lima et al. (2014)

Além das espécies *S. undatus* e *S. setaceus*, as espécies *S. megalanthus* e *S. costaricensis* também foram inseridas no programa de melhoramento genético, tendo em vista o trabalho de caracterização e seleção clonal de matrizes geneticamente superiores. Lima et al. (2010; 2013b) verificaram que as plantas matrizes das quatro espécies de pitaiá apresentavam diferenças relacionadas às características físico-químicas e à concentração de polifenóis dos frutos, destacando-se as pitaias da espécie *S. megalanthus* que apresentavam elevados teores de sólidos solúveis, e da *S. costaricensis* pelos altos teores de polifenóis, flavonoides e outros compostos funcionais.

Para complementar o trabalho de caracterização das pitaias, 10 matrizes da espécie *S. undatus* selecionadas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Cerrados foram avaliadas quanto a suas características vegetativas e reprodutivas (LIMA, 2013). As características avaliadas foram o número de cladódios, comprimento total de cladódios, diâmetro médio dos cladódios, número médio de flores, número médio de frutos e porcentagem de polinização de flores por planta (vingamento). A estimativa de produtividade de cada genótipo foi avaliada a partir do número total de frutos por planta, somando-se a produção do 4º, 5º e 6º ano de cultivo. A partir desses dados, foi verificada diferenças entre as matrizes para todas as características agrônômicas avaliadas, evidenciando a existência de variabilidade genética, o que possibilita a seleção de matrizes com melhor desempenho agrônômico para as condições do Cerrado (Tabela 2).

Tabela 2. Médias do número de cladódios por planta (NC), comprimento total de cladódios por planta (CTC), diâmetro médio dos cladódios (DMC), número de flores por planta (NFL), número de frutos por planta (NFT), porcentagem de vingamento de flores por planta (V) e número total de frutos por planta (NTFP) do 4º, 5º e 6º ano de cultivo

Genótipos	Códigos	NC (Ud)	CTC (m)	DMC (cm)	NFL (Ud)	NFT (Ud)	V (%)	NTFP (Ud)
01	CPAC PY-01(3)	60,3ab	24,9bc	5,7cd	10,3a	8,2a	80,0a	53,5a
02	CPAC PY-01(2)	71,5a	37,1a	6,2bc	1,0bc	0,8bc	88,9a	10,7e
03	CPAC PY-01(1)	43,7bc	18,1cde	6,3b	1,8bc	1,2bc	77,8a	21,5d
04	CPAC PY-04	54,8ab	18,3cd	6,2bc	4,8b	4,0b	82,9a	43,7b
05	CPAC PY-01(4)	68,2a	33,9ab	7,2a	9,7a	8,7a	88,7a	50,3a
06	CPAC PY-01(5)	22,5de	8,3def	6,3b	2,8bc	2,7bc	93,3a	33,7c
07	CPAC PY-01(6)	22,0de	7,1ef	5,1ef	0,0c	0,0c	0,0b	9,3ef
08	CPAC PY-01(7)	9,2e	2,6f	4,9fg	0,0c	0,0c	0,0b	0,0g
09	CPAC PY-01(8)	27,7cd	10,5def	5,6de	3,3bc	2,5bc	72,4a	19,3d
10	CPAC PY-01(9)	16,0de	4,3f	4,5g	0,8c	0,8bc	100,0a	5,3f

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 1 % de significância.

Fonte: Lima (2013)

Os resultados apresentados na Tabela 2 evidenciam as diferenças das matrizes da espécie *S. undatus* quanto ao desempenho agrônomo. As matrizes CPAC PY-01(3) e CPAC PY-01(4) apresentaram bom desenvolvimento vegetativo e produziram mais de 50 frutos durante o período de avaliação, enquanto a matriz CPAC PY-01(2) apresentou alto desenvolvimento vegetativo, mas baixa produção. A matriz CPAC PY-01(7) apresentou baixo desenvolvimento vegetativo e não produziu frutos. A maioria das matrizes apresentou alta porcentagem de polinização das flores, mesmo sem a polinização manual, indicando a possibilidade de serem autocompatíveis. Ainda nesse experimento foram obtidos valores de herdabilidade acima de 90% e coeficientes de variação genética, pelo menos, duas vezes superiores ao coeficiente de variação experimental, para todas as características avaliadas (LIMA, 2013). Esses parâmetros genéticos mostraram que a seleção para essas características apresenta condições favoráveis para obtenção de ganhos genéticos imediatos, mesmo utilizando estratégias simples como a seleção clonal.

Adicionalmente foram iniciadas na Embrapa Cerrados ações para a obtenção de híbridos intra e interespecíficos de pitaya com o objetivo de combinar na mesma matriz as características de interesse presentes em diferentes matrizes ou diferentes espécies.

O primeiro híbrido interespecífico obtido e avaliado pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Cerrados foi entre matrizes geneticamente superiores da espécie *S. undatus* e da espécie *S. costaricensis* (Figura 7). O objetivo dessa hibridação foi combinar as características de alta produtividade, autocompatibilidade e tamanho de frutos da espécie *S. undatus* com a coloração da polpa vermelha da *S. costaricensis*. O híbrido foi obtido com sucesso e confirmado com a utilização de marcadores moleculares RAPD (Lima, 2013).

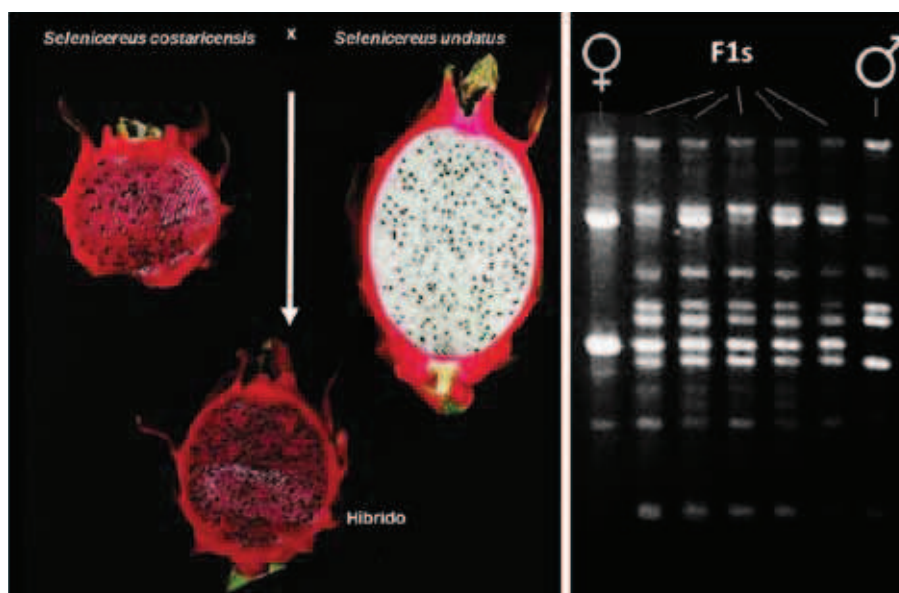


Figura 7. Representação esquemática do cruzamento interespecífico entre *Selenicereus costaricensis* e *S. undatus* para a obtenção de híbridos F1 e confirmação da fecundação cruzada por meio de marcadores moleculares RAPD

A obtenção de híbridos intra e interespecíficos de pitaia é muito fácil, considerando que as diferentes espécies produzem flores hermafroditas grandes, com aproximadamente 800 anteras e 25 estiletes e estigmas, o quais se unem formando uma estrutura volumosa (estigma) para receber os grãos de pólen (Figura 8). A maior eficiência da polinização manual é alcançada com a transferência dos grãos de pólen durante a noite, após a antese das flores, quando o estigma está receptivo e há maior quantidade de pólen viável (ver capítulo 3).



Figura 8. Estrutura da flor de espécies de pitaia, evidenciando as centenas de anteras contendo os grãos de pólen (estames) e estigma receptivo

Outro híbrido F1 obtido pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Cerrados foi a partir do cruzamento interespecífico entre matrizes geneticamente superiores da espécie *S. setaceus* e da espécie *S. undatus* (Figura 9). O objetivo dessa hibridação foi obter um híbrido que combinasse as características de alta produtividade e tamanho de fruto da espécie *S. undatus* com o sabor equilibrado dos frutos da espécie *S. setaceus*. Híbridos intraespecíficos também têm sido obtidos e caracterizados.

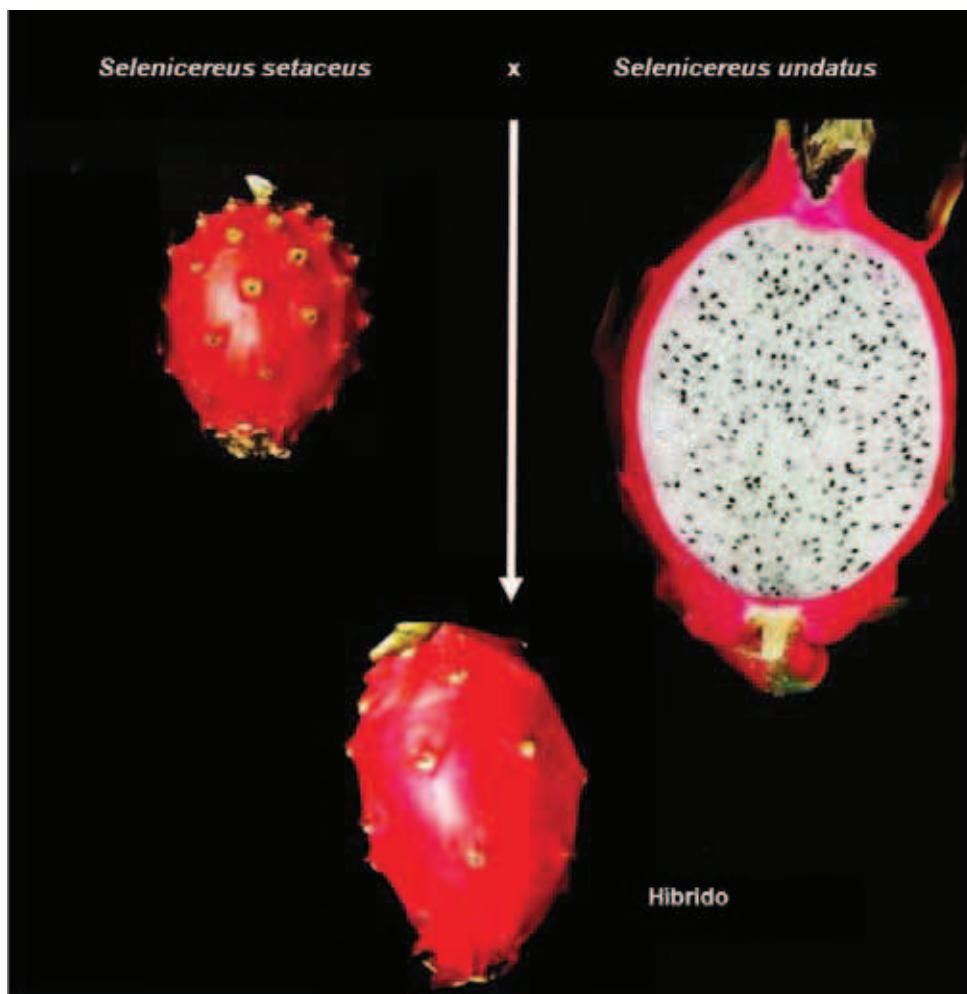


Figura 9. Representação esquemática do cruzamento interespecífico entre *Selenicereus setaceus* e *S. undatus* para a obtenção de híbridos F1

Os trabalhos de seleção clonal e obtenção de híbridos intra e interespecíficos resultaram na seleção de genótipos elite com grande potencial comercial. Esses genótipos foram clonados para iniciar os trabalhos de interação genótipo x ambiente, ou seja, os genótipos elite foram enviados para avaliação em todas as regiões do Brasil (Figura 10). Para realizar as avaliações, a Embrapa Cerrados está contando com uma rede de parcerias envolvendo a Emater DF (Distrito Federal e Entorno), o Recanto das pitayas (Santa Catarina), a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), a Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER), o Grupo Tsuge, a Embrapa Mandioca e Fruticultura, a Embrapa Semiárido, a Embrapa Roraima, a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta), a Embrapa Agrobiologia, Universidades e produtores rurais.



Figura 10. Unidades de validação de genótipos elite de pitaya selecionados na Embrapa Cerrados, em diferentes regiões do Brasil, por meio de uma rede de parcerias com a iniciativa pública e privada

As primeiras unidades de validação dos genótipos elite selecionados na Embrapa Cerrados foram estabelecidas na unidade de apoio à fruticultura da Embrapa Cerrados (Figura 11) e em parceria com a Emater no Distrito Federal e entorno (Figura 12), o Recanto das Pitayas em Santa Catarina (Figura 13) e a EMPAER no Mato Grosso (Figura 14). Os primeiros resultados deste trabalho de validação foram apresentados na ocasião do Curso On-line sobre a cultura da pitaia – módulo sobre melhoramento genético e variedades de pitaia promovido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, 2020).

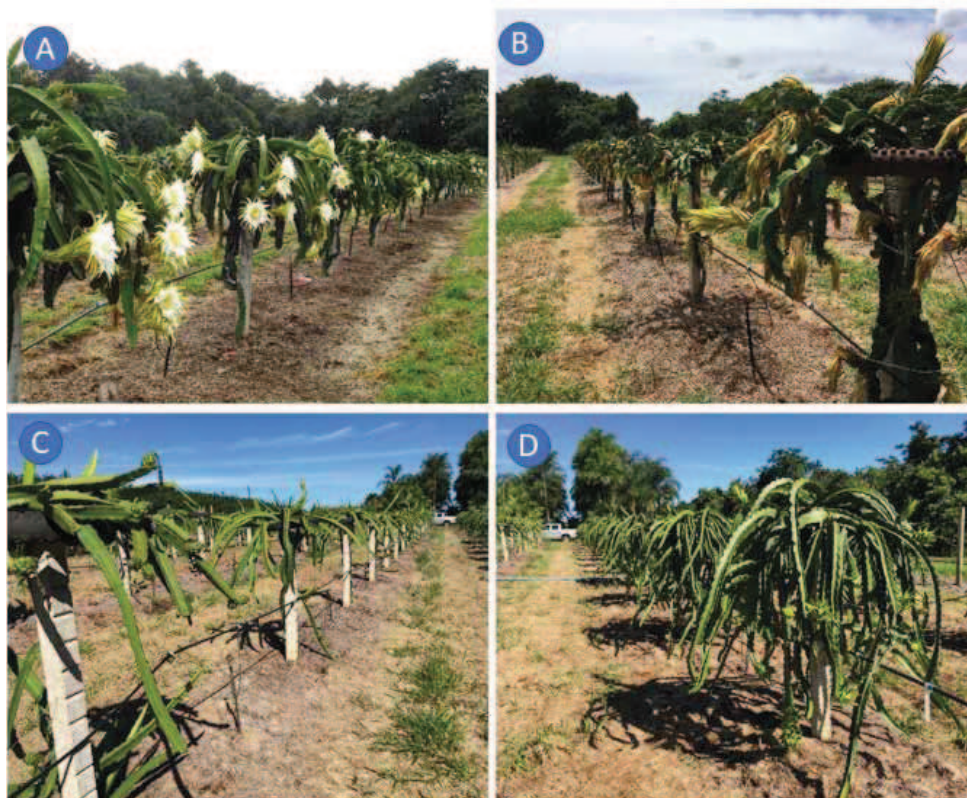


Figura 11. Unidade de validação de genótipos elite na Unidade de apoio da Fruticultura da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF: A e D – genótipos em fase de florescimento e frutificação; B e C – genótipos com evidentes diferenças na estrutura dos cladódios



Figura 12. Unidade de validação de genótipos elite de pitaia no Parque Tecnológico Ivaldo Cenci, Agrobrasília, DF, em parceria com a Emater DF, implantada em 2016: A – Genótipos no início do desenvolvimento; B – Genótipo em produção em 2018
Fotos: Fábio Gelape Faleiro



Figura 13. Unidade de validação de genótipos elite na cidade de Turvo, Santa Catarina, em parceria com a família Feltrin do Recanto das Pitayas, implantada em 2016: A e B – Genótipos em início de produção; C e D – Recanto das Pitayas envolvida no trabalho de validação
Fotos: Fábio Gelape Faleiro e Ricardo Sant'Anna Martins



Figura 14. Unidade de validação de genótipos elite de pitaya na cidade de Tangará da Serra, Mato Grosso, em parceria com a Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER), implantada em 2017: A – Unidade de validação com os genótipos em início de produção em 2019; B e C – Genótipos em plena produção em 2020

Fotos: Fábio Gelape Faleiro

Além da validação dos genótipos elite em diferentes regiões do Brasil, foi também realizada, com sucesso, a validação em diferentes sistemas de produção convencional e orgânica em cultivos consorciados com maracujá, abacaxi e girassol, bem como em plantios urbanos e periurbanos (Figura 15).

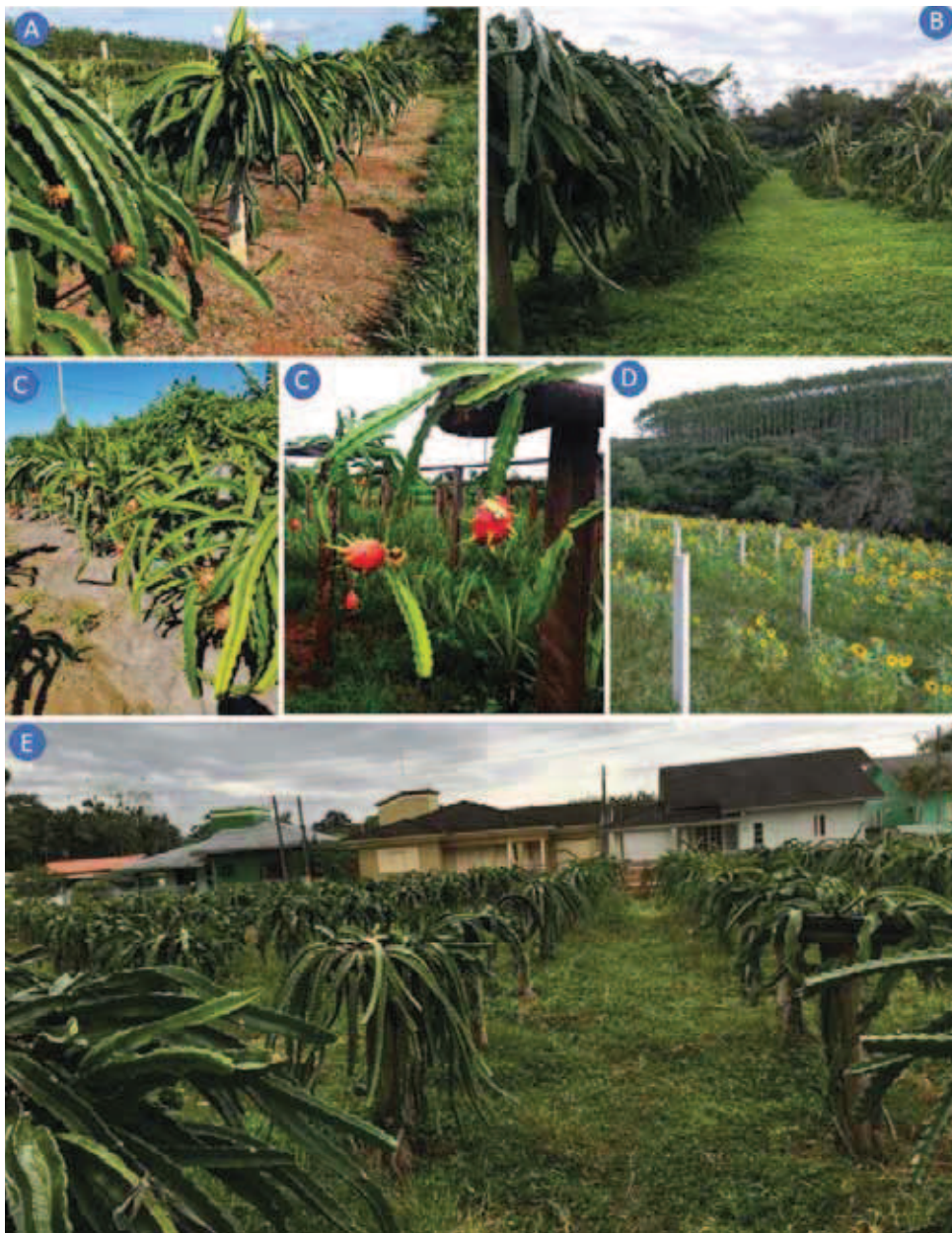


Figura 15. Unidades de validação de genótipos elite de pitaia: A - em sistema convencional (Embrapa Cerrados, DF); B – em sistema orgânico (Recanto das Pitayas, SC); C - em cultivo consorciado com maracujazeiro (Planaltina, DF); D em cultivo consorciado de abacaxizeiro (Empaer, MT); E - em cultivo consorciado com girassol (Sítio da Ponte de Pedra, MG); F - em ambiente urbano (Turvo, SC)
Fotos: Fábio Gelape Faleiro

2.4 Cultivares desenvolvidos

O trabalho de melhoramento genético das diferentes espécies de pitaia, juntamente com o trabalho de validação agrônômica em diferentes regiões e sistemas de produção, propiciou o desenvolvimento de cinco cultivares. As principais características desses cultivares são descritas abaixo:

2.4.1 BRS Lua do Cerrado (BRS LC)

O cultivar BRS LC (*Selenicereus undatus*) produz frutos grandes, acima de 500g (sem polinização manual), podendo atingir massa superior a 1kg (Figura 16), com formato arredondado, casca vermelha e polpa branca, que podem ser destinados ao mercado de frutas especiais.

Nas condições do Distrito Federal, Goiás, Santa Catarina, Mato Grosso e Pernambuco, o cultivar BRS LC tem iniciado a produção antes de completar um ano de plantio no campo. Aos três anos após plantio alcança produtividade de 20 toneladas por hectare ao ano, sob polinização aberta e, dependendo das condições de manejo do pomar, pode atingir produtividades acima de 30 toneladas por hectare ao ano.



Figura 16. Cultivar BRS Lua do Cerrado: A – características das plantas em fase produtiva; B – fruto maduro

Fotos: Fábio Gelape Faleiro

2.4.2 BRS Luz do Cerrado (BRS LZC)

O cultivar BRS LZC (*Selenicereus undatus*) produz frutos grandes, acima de 500g (sem polinização manual), podendo atingir massa superior a 1kg (Figura 17), apresentando formato alongado, casca vermelha e polpa branca que podem ser destinados ao mercado de frutas especiais.

‘BRS LZC’ é um cultivar que também agrega diversidade às variedades de pitaia cultivadas comercialmente no Brasil, com o diferencial de ter garantia de origem genética e experiências de sucesso no cultivo em diferentes regiões e sistemas de produção.

Nas condições do Distrito Federal, Goiás, Santa Catarina, Mato Grosso e Pernambuco, o ‘BRS LZC’ tem iniciado a produção antes de completar um ano de plantio no campo e após três anos ele atinge produtividade de 20 toneladas por hectare ao ano em polinização aberta e, dependendo das condições de manejo, pode atingir produtividades acima de 30 toneladas por hectare ao ano.

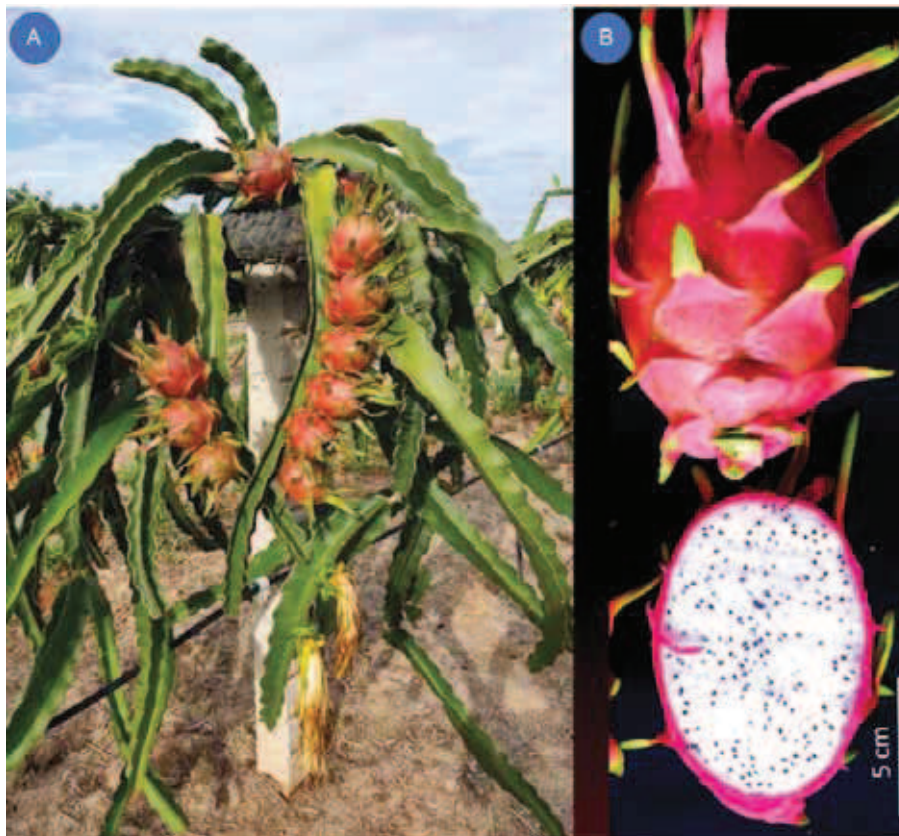


Figura 17. Cultivar BRS Luz do Cerrado: A – características da planta em fase produtiva; B – aspecto do fruto maduro
Fotos: Fábio Gelape Faleiro

2.4.3 BRS Minipitaia do Cerrado (BRS MPC)

O cultivar BRS MPC (*Selenicereus setaceus*) foi originado a partir da biodiversidade essencialmente brasileira, especificamente vinda da região do Cerrado. Produz frutos pequenos, que apresentam casca vermelha com espinhos e polpa branca. Esse cultivar pode ser destinado para a fruticultura ornamental e para o mercado de frutas especiais, considerando o sabor diferenciado devido ao equilíbrio entre o teor de sólidos solúveis e a acidez da polpa (Figura 18).

Nas condições do Distrito Federal, Goiás e Santa Catarina o início da produção do 'BRS MPC' ocorre antes de um ano após o plantio no campo. Aos três anos após o plantio esse cultivar alcança produtividade de 10 toneladas por hectare ao ano em polinização aberta e, dependendo das condições de manejo do pomar, pode atingir produtividades superiores.



Figura 18. Cultivar BRS Minipitaia do Cerrado: A - características da planta; B – fruto maduro
Fotos: Fábio Gelape Faleiro

2.4.4 BRS Granada do Cerrado (BRS GC)

O cultivar BRS GC é um híbrido (*Selenicereus undatus* X *Selenicereus costaricensis*) obtido por meio do melhoramento genético convencional. O método de melhoramento utilizado foi a hibridação interespecífica, seguida de seleção clonal. Este cultivar produz frutos com casca vermelha e polpa roxa, de tamanho médio (250 g) e uniformes (Figura 19).

A população híbrida foi submetida a dois ciclos de seleção clonal para avaliação de produtividade, autocompatibilidade, maior tamanho e teor de sólidos solúveis dos frutos. As matrizes clonais geneticamente superiores foram selecionadas e uma matriz com maior destaque foi utilizada na geração do novo cultivar.

Nas condições do Distrito Federal e Goiás, o 'BRS GC' tem iniciado a produção antes de completar um ano de plantio no campo, após três anos de plantio alcança produtividade de 20 toneladas por hectare ao ano em polinização aberta e, dependendo das condições de manejo do pomar, pode atingir produtividades superiores.



Figura 19. Cultivar Granada do Cerrado: A - Características da planta; B – fruto maduro

Fotos: Fábio Gelape Faleiro

2.4.5 BRS Âmbar do Cerrado (BRS AC)

O cultivar BRS AC foi obtido por meio do melhoramento genético convencional, a partir dos recursos genéticos disponíveis no BAG de pitaias da Embrapa Cerrados e de ações de melhoramento genético, via diferentes ciclos de seleção e recombinação visando à adaptabilidade. Três ciclos de seleção clonal foram realizados e matrizes clonais geneticamente superiores foram selecionadas e uma de destaque foi utilizada na geração do novo cultivar.

‘BRS AC’ (*Selenicereus megalanthus*) produz frutos de casca amarela (Figura 20), tamanho médio e doces, com equilíbrio entre a acidez e o teor de sólidos solúveis o que confere um sabor especial que pode ser destinado ao mercado de frutas especiais de alto valor agregado.

Nas condições do Distrito Federal e de Goiás, o início da produção do cultivar ‘BRS AC’ tem ocorrido antes de completar um ano de plantio no campo e após três anos de plantio alcança produtividade de 10 toneladas por hectare ao ano, sob polinização aberta. No entanto, dependendo das condições de manejo, pode atingir produtividades superiores. Uma importante característica desse cultivar, nas condições do Cerrado do Planalto Central, é a produção na entressafra dos demais cultivares desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético realizado na Embrapa Cerrados.



Figura 20. Cultivar BRS Âmbar do Cerrado: A - características da planta em fase de produção; B - fruto maduro
Fotos: Fábio Gelape Faleiro

Na Tabela 3 é apresentada uma síntese das principais características dos cultivares desenvolvidas pela Embrapa, quanto às características morfológicas dos frutos e agrônomicas relacionadas à autocompatibilidade e à produtividade.

Tabela 3. Características morfológicas e agrônomicas de cultivares de pitaiia autocompatíveis desenvolvidas pela Embrapa, com base em informações das unidades de validação

Cultivar	Morfologia dos frutos	Massa média dos frutos (g)	Sólidos Solúveis (°Brix)	Produtividade anual no terceiro ano (t ha ⁻¹)
BRS Lua do Cerrado	Casca vermelha de polpa branca	600	13 a 17	18 a 35
BRS Luz do Cerrado	Casca vermelha de polpa branca	600	13 a 17	18 a 35
BRS Minipitaia do Cerrado	Casca vermelha com espinhos e polpa branca	80	15 a 19	3 a 10
BRS Granada do Cerrado	Casca vermelha e polpa roxa	250	13 a 17	16 a 42
BRS Âmbar do Cerrado	Casca amarela com espinhos e polpa branca	150	20 a 22	7 a 15

2.5 Registro e proteção de cultivares geneticamente superiores

A base para se ter cultivares geneticamente superiores com garantia de origem genética é o registro dos cultivares no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (BRASIL, 2020a). O registro é necessário para que os viveiros credenciados possam adquirir as plantas matrizes dos cultivares desenvolvidos e comercializar as mudas resultantes (cladódios). Além do aspecto legal, o registro é uma garantia para os produtores da manutenção da qualidade genética dos materiais registrados. Dessa forma, o material propagativo comercializado pelos viveiristas ou pelos produtores licenciados tem a garantia de origem genética.

Além do registro, os cultivares podem ser protegidos no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (BRASIL, 2020b). A proteção do cultivar assegura ao titular a sua exploração comercial, que também pode ser feita por terceiros com a autorização do titular.

O processo de registro e proteção de cultivares amplia a garantia ao produtor de que o cultivar plantado possui o potencial genético anunciado pela instituição ou detentor do direito de proteção do material, com procedência efetiva de origem, bem como coíbe a disseminação de material propagativo produzido sem origem genética comprovada e sem controle de qualidade. Como relatado por Faleiro et al. (2018), os processos de registro

e proteção de cultivares são importantes para os produtores rurais, os produtores de sementes e mudas, o detentor/obtentor do cultivar, bem como o governo e a sociedade como um todo.

A proteção de um cultivar segue um conjunto de instruções normativas oficiais, o preenchimento de diferentes formulários necessários ao pedido de proteção, a realização de testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) e a tabela de descritores mínimos para as espécies passíveis de proteção no Brasil (BRASIL, 2020b). Para a pitaia, as instruções para execução dos ensaios de DHE de cultivares e a tabela das características com 40 descritores, sendo 11 de cladódios, 14 de flores e 15 de frutos foram publicadas em 09 de maio de 2019 (BRASIL, 2020c).

Diante dos benefícios dos processos de registro e proteção de cultivares, a Embrapa possui uma política de realizar os lançamentos dos cultivares após o seu devido registro e proteção e após os processos de licenciamentos de viveiristas e produtores de material propagativo para garantir a logística de produção e comercialização, fazendo com que os cultivares desenvolvidos cheguem até aos produtores.

Na obtenção dos descritores é importante a harmonização de metodologias aplicadas em diferentes regiões e por avaliadores distintos. Nesse sentido, a equipe da Embrapa Cerrados, com o apoio do SNPC-Mapa, elaborou e publicou um manual ilustrado para subsidiar a utilização das instruções oficiais para realização de testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de pitaia (FALEIRO et al., 2021). No manual, é apresentada a metodologia de aplicação dos descritores morfoagronômicos de pitaia. Cada descritor e respectivas classes fenotípicas são apresentadas de forma ilustrada para uniformizar, padronizar e evitar erros no processo de obtenção dos descritores.

2.6 Pós-melhoramento, transferência de tecnologia e inovação

Para que os cultivares geneticamente superiores cheguem até o produtor são necessárias ações de transferência de tecnologia e um sistema organizado de produção, venda e distribuição de material propagativo de qualidade, o que caracteriza ações de grande importância do pós-melhoramento (FALEIRO et al., 2008). Aliado a isso, ações de marketing e desenvolvimento de mercado são fundamentais para aumentar a adoção dos cultivares nas diferentes regiões produtoras ou potenciais.

O pós-melhoramento é uma etapa estratégica e de grande importância dentro de qualquer programa de melhoramento genético e envolve algumas ações como: (a) avaliação agronômica dos cultivares em regiões com diferentes condições edafoclimáticas e em diferentes sistemas de produção, (b) posicionamento agrônomo, industrial e mercadológico dos cultivares; (c) elaboração de modelos de negócio; (d) oferta pública de material propagativo para licenciamento de produtores de material propagativo; (e) estabelecimento de parcerias público-privadas para promoção e logística de comercialização de material propagativo; (f) monitoramento da adoção dos cultivares pelos produtores e indústrias e (g) avaliação de impactos econômicos e sociais resultantes da adoção dos cultivares e levantamento de novas demandas para retroalimentar o programa de melhoramento genético.

O pós-melhoramento é fundamental dentro do macroprocesso de inovação da Embrapa (EMBRAPA, 2020), que envolve diferentes etapas: (a) Inteligência Estratégica e Planejamento; (b) Pesquisa; (c) Desenvolvimento e Validação; (d) Transferência de Tecnologia; (e) Monitoramento da Adoção e (f) Avaliação de Impactos. Esse macroprocesso é a forma pela qual a Embrapa trabalha para cumprir sua missão de viabilizar soluções tecnológicas obtidas pelas ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação visando à sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade brasileira, conforme representado na Figura 21.



Figura 21. Macroprocesso de inovação da Embrapa
Fonte: Embrapa (2020)

De acordo com o macroprocesso de inovação, o desenvolvimento dos cultivares geneticamente superiores é apenas uma parte do processo. Depois de desenvolvidos, os cultivares precisam chegar até os produtores por meio das ações de pós-melhoramento, onde as ações de transferência de tecnologia são fundamentais. Para realizar tais ações,

a Embrapa conta com uma rede de parcerias públicas e privadas envolvendo empresas estaduais de pesquisa e extensão rural, profissionais ligados a ações de assistência técnica e consultorias, universidades, cooperativas e associações de produtores, viveiristas e produtores de material propagativo, empresas de empreendimentos rurais e industriais, além de produtores formadores de opinião.

Diferentes estratégias são utilizadas para ações de transferência de tecnologia, tais como cursos de capacitação, reuniões técnicas, seminários, dias de campo, participação em feiras e exposições, montagem de unidades de referência tecnológica, unidades demonstrativas e unidades de observação.

Essas unidades são utilizadas tanto para a tomada de decisão sobre o lançamento de novos cultivares, quanto para a expansão de recomendação de cultivares já lançados para regiões onde não haviam sido testados. Nessas unidades, são realizadas avaliações dos cultivares em processo de desenvolvimento e finalização tecnológica, que são plantados em parcelas lado a lado com cultivares representativos no mercado.

Outro canal importante para transferência de tecnologia são as plataformas digitais. A Embrapa tem trabalhado para disponibilizar publicações, produtos, processos e serviços no seu portal na internet. Com o amplo acesso da sociedade às mídias digitais, certamente o uso dessa estratégia aumenta significativamente a difusão das informações técnicas e científicas desenvolvidas. No caso dos cultivares, existe a página de cultivares desenvolvidos pela Embrapa (EMBRAPA, 2020b), onde podem ser encontradas informações sobre os cultivares e o contato de viveiristas licenciados que produzem e comercializam material propagativo dos cultivares com garantia de origem genética.

2.7 Considerações finais

O cultivo de pitaia no Brasil e no mundo é muito recente, mas a produção e o consumo têm aumentado muito nos últimos anos. No Brasil, é considerada uma novidade promissora para os fruticultores e consumidores, entretanto, é importante o fortalecimento da cadeia produtiva. Para isso, é fundamental o desenvolvimento de cultivares com garantia de origem genética e que possam atender as demandas de produtores e consumidores.

Importantes avanços foram obtidos no desenvolvimento de novos cultivares de pitaia das espécies de maior importância comercial pela Embrapa. As atividades de pós-melhoramento, transferência de tecnologia e avaliação de adoção e impacto dos cultivares são estratégicas.

A integração de esforços entre Embrapa, Universidades, empresas estaduais de pesquisa e extensão rural, agentes públicos e privados é um caminho importante para otimizar e fortalecer as necessárias ações de pesquisa, desenvolvimento, transferência de tecnologia e inovação das pitaias, tendo em vista a adoção dos cultivares geneticamente superiores e seus impactos positivos no fortalecimento de toda a cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

BARTHLOTT, W.; HUNT, D.R. Cactaceae. In: KUBITZKI, K.; ROHWER J.G.; BITTRICH, V. (Eds.) **Flowering plants dicotyledons. The families and genera of vascular plants**, v. 2. Springer: Berlin, Heidelberg, 1993. p. 161-197.

BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P.; GALUCHI, T.P.D.; BAKKER, S.T. Propagação da pitaya 'vermelha' por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, 2006. DOI: 10.1590/S1413-70542006000600009

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-de-servico/defesa-agropecuaria-sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-rnc>. Acesso em: 18 set. 2020a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Serviço Nacional de Proteção de Cultivares**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares-2013-rnc-1>. Acesso em: 18 set. 2020b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Nacional de Proteção de Cultivares. **Instruções para execução dos ensaios de DHE de cultivares de pitaya *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose, *Hylocereus costaricensis* Britton e Rose, *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran e *Selenicereus setaceus* Rizz.** Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/arquivos/PITAIA_FORMULARIO_09mai2019P.docx. Acesso em: 18 set. 2020c.

BRITTON, N.L.; ROSE, J.N. **The Cactaceae. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family**, v. 2, Carnegie Institute: Washington. 1920. 248 p.

BUXBAUM, F. The phylogenetic division of the subfamily Cereoideae, Cactaceae. **Madroño**, v. 14, p. 177-206, 1958.

EMBRAPA. **Política de Inovação**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/politica-de-inovacao>. Acesso em setembro de 2020.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Curso Online sobre a cultura da pitaya – módulo sobre melhoramento genético e variedades de pitaya**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rFICBbV6vaM> Acesso em setembro de 2020.

FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q. **Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 184 p.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. Recursos genéticos: conservação, caracterização e uso. In: FALEIRO, F.G.; ANDRADE, S.R.M.; REIS JÚNIOR, F.B. (Eds.) **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. p. 513-551.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. **Pitayas: atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 72 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 374). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/230728/1/Doc-374-Fabio-Faleiro.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2022.

FALEIRO, F.G.; SANTOS, F.S.; JUNQUEIRA, K.P. Registro e proteção de cultivares de maracujá. In: MOREIRA, M.P.; COSTA, A.M.; FALEIRO, F.G.; CARLOSAMA, A.R.; CARRANZA, C. (Eds.) **Maracujá: dos recursos genéticos ao desenvolvimento tecnológico**. Brasília, DF: ProImpress. 2018. p. 67-79. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/188159/1/Maracuja.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2022.

FALEIRO, F.G.; OLIVEIRA, J.S.; JUNQUEIRA, N.T.V. (Eds.) **Aplicação de descritores morfoagronômicos utilizados em ensaios de DHE de cultivares de pitaya: Manual prático**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2021. 58p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/231216/1/Aplicacao-de-descritores-morfoagronomicos-utilizados-em-ensaios-de-DHE.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2022.

FRÓES JÚNIOR, P.S.M.; CARDOSO, N.R.P.; REBELLO, F.K.; HOMMA, A.K.O.; LOPES, M.L.B. Aspectos da produção, comercialização e desenvolvimento da cultura da pitaya no estado do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, p. 254-279, 2019. DOI: 10.18677/EnciBio_2019A19

JUNQUEIRA, K.P.; JUNQUEIRA, N.T.V.; RAMOS, J.D.; PEREIRA, A.V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2002. 18 p. (Embrapa Cerrados/ Documentos, 62). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24723/1/doc_62.pdf. Acesso em: 19 nov. 2020.

JUNQUEIRA, K.P.; JUNQUEIRA, N.T.V.; FALEIRO, F.G.; BRAGA, M.F.; SANO, S.M.; BELLON, G.; FONSECA, K.G.; LIMA, C.A. Potencial da pitaya-do-cerrado como planta ornamental. In: **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.13 (suplemento), p. 1365-1368. 16º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 3º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, 1º Simpósio de Plantas Ornamentais Nativas. Goiânia, 2007.

JUNQUEIRA, K.P.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BELLON, G.; LIMA, C.A.; SOUZA, L.S. Diversidade genética de pitayas nativas do Cerrado com base em marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 819-824, 2010a. DOI: 10.1590/S0100-29452010005000104

JUNQUEIRA, K.P.; FALEIRO, F.G.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; FONSECA, K.G.; LIMA, C.A.; SANTOS, E.C. Variabilidade genética de acessos de pitaya com diferentes níveis de produção por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2010b. DOI: 10.1590/S0100-29452010005000107

KOROTKOVA, N.; BORSCH, T.; ARIAS, S.A phylogenetic framework for the Hylocereeae (Cactaceae) and implications for the circumscription of the genera. **Phylotaxa**, v. 327, p. 1-46, 2017. DOI: 10.11646/phytotaxa.327.1.1

LIMA, C.A.; COHEN, K.O.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BELLON, G.; BRANCO, M.T.C.; FUHRMANN, E.; LEÃO, A.J.P.; OLIVEIRA, R.R. Caracterização físico-química e de compostos funcionais em frutos de pitaya. In: XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura, Frutas: saúde, inovação e sustentabilidade. **Anais...** 2010. Sociedade Brasileira de Fruticultura: Natal. Unidade CD. 2010.

LIMA, C.A. **Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado**. Brasília, DF: Universidade de Brasília. (Tese de doutorado em Agronomia). 124f. il. 2013.

LIMA, C.A.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. Diversidade genética intra e interespecífica de pitaya com base nas características físico-químicas de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.4, p. 1066-1072, 2013a. DOI: 10.1590/S0100-29452013000400018

LIMA, C.A.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; COHEN, K.O.; GUIMARÃES, T.G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonóides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.2, p. 565-570. 2013b. DOI: 10.1590/S0100-29452013000200027

LIMA, C.A.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. BELLON, G. Avaliação de características físico-químicas de frutos de duas espécies de pitaya. **Revista Ceres**, v.61, n.3, p. 377-383, 2014.

LONE, A.B.; BELTRAME, A.B.; SILVA, D.A.; GUIMARÃES, G.G.F.; HARO, M.M.; MARTINS, R.S. **Cultivo de Pitaia**. Florianópolis, 2020. 44p. (Epagri. Boletim Técnico, 196).

LUO, J.; XU, M.; QI, Z.; XIONG, R.; CHENG, Y.; LIU, C.; WEI, S.; TANG, H. Differential responses of the soil microbial community in two pitaya orchards with different mulch types. **Scientific Reports**, v.9, 10413, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-46920-3

MERCADO-SILVA, E.M. Pitaya - *Hylocereus undatus* (Haw). In: RODRIGUES, S.; SILVA, E.O.; BRITO, E.S. (Eds.). **Exotic Fruits**. Academic Press. 2018. p. 339–349. doi:10.1016/b978-0-12-803138-4.00045-9

MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014. DOI: 10.1590/0100-2945-452/13

SOUZA, L.S.; JUNQUEIRA, K.P.; GERMENDORFF, A.L.; NASCIMENTO, A.J.C.; JUNQUEIRA, N.T.V.; FALEIRO, F.G.; SANTOS, E.C.; BELLON, G.; JUNQUEIRA, L.P. Características físico-químicas de frutos de pitaya CPAC-PY-01 cultivada nos Cerrados In: XIX Congresso Brasileiro de Fruticultura, Frutas do Brasil: Saúde para o mundo, **Anais...** Cabo Frio, RJ, 2006, p. 244.

TEL-ZUR, N.; DUDAI, M.; RAVESH, E.; MIZRAHI, Y. Selection of interspecific vine cacti hybrids (*Selenicereus* spp.) for self-compatibility. **Plant Breeding**, v. 131, p. 681-685, 2012. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2012.01992.x

TEL-ZUR, N.; MOUYAL, J.; ZURGIL, U.; MIZRAHI, Y. In support of Winge's theory of "Hybridization followed by chromosome doubling". **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 954, 2020. DOI:10.3389/fpls.2020.00954

THOMPSON, P.H. **Pitahaya- A promising new fruit crop for Southern California**. Bonsall Publications: 2002. 46p.