

Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância à seca para o Espírito Santo

Romário Gava Ferrão¹; Sarah Ola Moreira²; Maria Amélia Gava Ferrão³; Elaine Minelli Riva⁴; Lúcio de Oliveira Arantes⁵; Adelaide de Fátima Santana da Costa⁶; Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho⁷; Pedro Arlindo Oliveira Galvêas⁸

Resumo - As mudanças climáticas evidenciadas nos últimos tempos direcionam esforços nas diferentes áreas do conhecimento, na busca de alternativas para minimizar as consequências da seca, má distribuição de chuvas e elevação de temperaturas, além de propiciar soluções mais adequadas para todos. No atual cenário agrícola globalizado, incluindo o Espírito Santo, que se caracteriza por uma agricultura diversificada de pequenos produtores de base familiar, busca-se, por meio das estratégias de melhoramento, a obtenção e ou recomendação de cultivares para atender às demandas prioritárias da cadeia produtiva do Estado visando aos aspectos econômicos, sociais, culturais e à segurança alimentar. O *deficit* hídrico e a má distribuição de chuvas têm afetado de forma expressiva o agronegócio capixaba. A exploração da variabilidade genética natural e as disponibilizadas em Bancos Ativos de Germoplasma, aliadas às estratégias de melhoramento genético tanto convencional quanto com o uso de técnicas de biotecnologia, associadas aos conhecimentos da fisiologia relacionados à seca, entre outras áreas, têm sido a base dos trabalhos desenvolvidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e parceiros para o desenvolvimento e/ou recomendação de materiais genéticos das principais culturas econômica e socialmente relevantes do Estado. O uso de cultivares melhoradas de diferentes espécies pelos agricultores capixabas tem sido a base para a utilização de outras tecnologias e a promoção da evolução geral da agricultura do Espírito Santo.

Palavras-chaves: Melhoramento genético. Estresse hídrico. *Deficit* hídrico. Cultivares tolerantes.

Genetics and plant breeding: development and recommendation of cultivars with tolerance to drought in the State of Espírito Santo, Brazil

Abstract - Climate change that has occurred in the past few years directs efforts in various fields of knowledge, aiming at alternatives to minimize the consequences of drought, poor distribution of rainfall and rising temperatures, as well as at the most appropriate solutions for the whole society. In the current globalized agricultural scenario, including the state of Espírito Santo, Brazil, which is characterized by a diversified agriculture based on family farms, it is important to attempt, through breeding strategies, to obtain or recommend cultivars to meet the priority needs of the state productive chain, bearing in mind economic, social and cultural factors as well as food security. Water deficit and poor distribution of rainfall have affected in a significant way the agribusiness in the state of Espírito Santo. The exploitation of natural genetic variability and those available in Active Germplasm Banks, allied to conventional breeding strategies as well as to the use of biotechnology techniques, associated with the physiology of knowledge related to drought, among other areas, have been the basis of researches conducted by the Espírito Santo Institute of Research, Technical Assistance and Rural Extension (Incaper) and partners that aim

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador do Incaper, romario@incaper.es.gov.br

² Engenheira Agrônoma, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisadora do Incaper

³ Engenheira Agrônoma, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisadora Embrapa Café/Incaper

⁴ Engenheira Agrônoma, D.Sc. Produção Vegetal, Pesquisadora do Incaper

⁵ Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador do Incaper

⁶ Engenheira Agrônoma, D.Sc. Fitotecnia, Pesquisadora do Incaper

⁷ Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Extensionista do Incaper/Seag

⁸ Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador Embrapa/Incaper

at development and/or recommendation of genetic materials of major crops in the state. The use of improved cultivars of different species by farmers in Espírito Santo has been the basis for the handling of other technologies and the promotion of the general evolution of the local agriculture.

Keywords: Plant breeding. Water stress. Water deficit. Tolerant cultivars.

INTRODUÇÃO

Estresses ambientais causados pelas mudanças climáticas, como alterações na temperatura, salinidade e seca, isoladas ou em combinação, às quais as plantas estarão expostas nas próximas décadas representam os fatores mais limitantes para a produtividade agrícola em todo o mundo. Desses, a seca é o estresse ambiental mais importante na agricultura ocasionando perdas significativas na produtividade das culturas (FRACASSO; TRINDADE; AMADUCCI, 2016). Quando somamos as alterações no clima às mudanças do uso da terra, notadamente os desmatamentos das florestas, é quase certo que acontecerão rearranjos importantes nos ecossistemas, como a substituição dos biomas existentes hoje por outros mais adaptados a climas com menor disponibilidade hídrica. Para a América do Sul, há a projeção do aumento da área de savanas em substituição à Mata Atlântica (MAGRIN et al., 2014).

Associado às questões climáticas, literaturas citam que cerca de 70% da água disponível no planeta é usada para irrigação. Com isso, é previsível que a utilização desse recurso escasso será cada vez mais onerosa ao produtor e questionável pela sociedade. Cabe lembrar que, segundo a Política Nacional dos Recursos Hídricos, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997). No Espírito Santo, em 2015, a Agência Estadual de Recursos Hídricos (Agerh) suspendeu a captação de água para usos não prioritários, como a irrigação, devido à escassez hídrica de alguns municípios, que causou prejuízos à agricultura capixaba (AGERH, 2015).

Uma alternativa para reduzir os danos causados pela falta de água é o desenvolvimento de plantas

mais tolerantes ao estresse hídrico ou mais eficientes no uso da água. Esse trabalho tem sido desenvolvido por vários melhoristas ao redor do mundo. No entanto, apesar dos progressos, ainda há muito a ser feito para reverter os prejuízos atuais e futuros.

Para que os trabalhos de melhoramento de plantas adaptadas ao *deficit* hídrico tenham maior perspectiva de êxito, é essencial que os melhoristas conheçam a probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica, bem como suas características, como intensidade, duração e época de ocorrência, em função da fase fenológica da cultura. Isso porque a resposta ao estresse depende da combinação entre características do estresse e os atributos da planta (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2011).

Na obtenção de cultivares adaptadas ao *deficit* hídrico, dois princípios podem ser empregados: o melhoramento visando à tolerância à seca, e, alternativamente, o melhoramento para a eficiência no uso da água (EUA). Geralmente, esses termos são confundidos. No entanto, do ponto de vista fisiológico, o melhoramento simultâneo para as duas características é contraditório (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2011; BASSETT, 2013).

Uma planta tolerante à seca consegue resistir a condições adversas, sobreviver e deixar descendentes, ou seja, é uma planta capaz de manter suas funções numa situação de deficiência hídrica. No contexto genético-fisiológico, refere-se à capacidade de um genótipo produzir melhor que outro numa condição de estresse hídrico (BASSETT, 2013). Genótipos tolerantes à seca têm, normalmente, maior estabilidade de produção, mas, geralmente, menor potencial produtivo, sendo indicados, portanto, para sistemas de produção de menor nível tecnológico (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2011).

Por outro lado, a EUA é definida como a razão entre a absorção e utilização da água, ou seja, é a capacidade que um genótipo tem de absorver a água do solo e transformá-la em biomassa, frutos ou grãos (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2011). Assim, o melhoramento para a EUA avalia a produção por unidade de água fornecida, de modo que quanto maior a água disponível, maior a produção.

ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO DE PLANTAS

AValiação DA DIVERSIDADE GENÉTICA

O conhecimento da diversidade genética e sua distribuição em uma espécie são úteis tanto para a conservação de germoplasma quanto para a identificação de materiais genéticos que tenham características de interesse, para serem incluídos em programas de melhoramento. Wang, Araus e [Wan \(2015\)](#) citam que 247 genótipos crioulos de trigo foram avaliados na Etiópia, onde foi encontrada uma rica diversidade genética que poderá ser explorada para a resistência a estresses, especialmente o hídrico. Já Ganança et al. (2015), dentro do projeto que visa a adaptar culturas de propagação vegetativa às mudanças climáticas, avaliaram 68 genótipos de taro (conhecido no Espírito Santo como inhame). Entre os materiais avaliados, havia cultivares, materiais-élite e variedades locais e foram observadas diferenças significativas na capacidade dos genótipos de lidar com estresse hídrico.

SELEÇÃO

A seleção pode ser feita de forma direta (plantas sob estresse hídrico), indireta (sem a imposição do estresse) e combinada. No entanto, para ser útil à seleção, as variáveis precisam ter alta herdabilidade, facilidade de mensuração e alta correlação com a resposta da planta ao estresse hídrico. Para seleção, podem ser utilizadas características fisiológicas (condutância estomática, capacidade fotossintética,

composição da membrana plasmática, fechamento estomático); morfológicos (área foliar, espessura da cutícula, desenvolvimento da nervura central, densidade estomática); ou morfoagronômicas (desenvolvimento de raiz, razão entre raiz e parte aérea, intervalo entre a antese e o espigamento em milho, tamanho de colmo em cana), desde que atendam as premissas citadas acima, o que deve ser avaliado, previamente, para cada espécie e condição de estresse.

Em arroz, uma estratégia inovadora foi utilizada para selecionar progênies para resistência à seca. Foi realizado um cruzamento entre um genótipo de alta produção de grãos e uma variedade local com característica de raiz longa. Cada uma das famílias F_3 foi dividida em duas partes e plantadas com e sem estresse hídrico. Foram avaliados o rendimento de grãos e a biomassa na colheita. No ano seguinte, foi avaliado o desenvolvimento da raiz. Foi observada alta correlação entre a densidade e o comprimento radicular, especialmente em profundidades abaixo de 30 cm, e a resposta ao estresse hídrico (BASSETT, 2013). Assim, nas gerações futuras desse cruzamento, a seleção pode ser realizada pelo comprimento da raiz, que pode ser avaliado precocemente, acelerando o trabalho de melhoramento.

MÉTODOS CLÁSSICOS DE MELHORAMENTO

O controle genético tanto da tolerância à seca quanto da eficiência do uso da água são quantitativos e envolvem vários *loci* distribuídos em diferentes regiões do genoma. Assim, a escolha do método de melhoramento a ser utilizado deve considerar o sistema reprodutivo da espécie, a herdabilidade e o tipo de herança das características mais importantes, o que deve ser estudado previamente. Entre os diferentes métodos clássicos de melhoramento, os mais usualmente utilizados para a adaptação ao *deficit* hídrico são o genealógico (para plantas autógamas) e a seleção recorrente (para plantas alógamas) (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2011; BASSETT, 2013).

Um trabalho foi realizado por Parterniani et al. (2015) com o objetivo de distinguir, entre as 150 progênies de irmãos completos interpopulacionais de milho, aquelas contrastantes para tolerância à seca. Como resultado, os autores identificaram que as progênies selecionadas sob estresse hídrico tiveram produção 10% superior ao genótipo testemunha, o que poderá ser explorado nos próximos ciclos de seleção recorrente para tolerância à seca. Além disso, observaram que os caracteres intervalo entre florescimentos, prolificidade, número de ramificações de pendão e *stay green* foram bons indicativos de resposta à seca. Assim, tais variáveis poderão ser utilizadas na identificação de plantas tolerantes à seca nas gerações posteriores.

USO DA BIOTECNOLOGIA NO MELHORAMENTO GENÉTICO PARA TOLERÂNCIA À SECA

Em condições de *deficit* hídrico, vários genes são induzidos nas plantas, desencadeando respostas complexas desde a percepção e reconhecimento do sinal de estresse até a ativação de genes de resposta adaptativa. Compreender como esses genes são ativados ou desativados e como interagem entre si torna-se essencial para o desenvolvimento de cultivares tolerantes à seca ou com melhor eficiência no uso da água.

A tolerância à seca é considerada caráter poligênico (SHINOZAKI; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007) e seu estudo pode ser favorecido pela biologia molecular. Entre as contribuições da biotecnologia, os marcadores moleculares - características de DNA que diferenciam dois ou mais indivíduos e são herdadas geneticamente - são importantes para estudos de divergência genética, seleção assistida e mapeamento de *loci* de características quantitativas (QTLs - *Quantitative Trait Loci*) (SABADIN et al., 2012).

A introgressão de genes envolvidos na resposta ao estresse, via engenharia genética, pode ser uma estratégia de melhoramento mais rápida para o desenvolvimento de cultivares tolerantes, incluindo genes de outras espécies sexualmente incompatíveis

ou de fontes não vegetais (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2011). Um dos mecanismos gênicos envolvidos na geração de respostas ao estresse hídrico em plantas é mediado pela expressão do gene DREB-CBF (*Dehydration-responsive element binding protein/C-repeat-binding factor*). Esse gene codifica para uma proteína regulatória a proteína DREB envolvida na ativação de outros genes relacionados à tolerância à seca (MORAIS, 2008). A utilização de genes DREB no desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas tem sido verificada em diferentes culturas, como milho (ALVES et al., 2014) e cana-de-açúcar (REIS, 2013).

A evolução das plataformas de sequenciamento e dos programas de bioinformática tem permitido que genomas sejam sequenciados e relacionados a características fenotípicas específicas dos genótipos. Os estudos das “ômicas” (genômica, transcriptômica, proteômica, metabolômica e fisionômica) e suas inter-relações que conduzem à diversidade de respostas fenotípicas em espécies vegetais tem promovido grandes avanços nos programas de melhoramento (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2013).

A genômica consiste na análise estrutural e funcional dos genomas, permitindo o entendimento dos mecanismos evolutivos e do crescimento e desenvolvimento vegetal (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2013). A compreensão da função de um gene específico e da sua interação com diversos outros favorece o entendimento das respostas complexas que as plantas utilizam para se proteger de estresses ambientais (NEPOMUCENO et al., 2011).

O transcriptoma pode ser entendido como o conjunto completo de transcritos em uma célula e suas quantidades, em um estágio específico do desenvolvimento ou condição fisiológica, incluindo RNA codificante (mRNA) e não codificante (rRNA, tRNA, RNA estrutural, RNA regulatório, e outros tipos de RNA). Uma das vantagens do sequenciamento de transcriptoma é possibilitar a análise e interpretação dos dados de sequenciamento sem a necessidade de ter uma sequência genômica de referência previamente descrita (SILVEIRA, 2014).

O proteoma é o estudo de todas as proteínas expressas em uma determinada célula, tecido ou organismo e permite a análise global dos produtos dos genes em vários tecidos e estados fisiológicos de células, fornecendo informação em nível molecular da variabilidade genética que é efetivamente expressa pelo genoma, diferentemente do que acontece quando são utilizados marcadores moleculares.

A metabolômica permite, por meio do estudo de metabólitos, que os mecanismos de adaptação empregados pelas plantas em resposta a estresses abióticos e bióticos sejam analisados. Isso resulta em melhor compreensão do que ocorre nos níveis bioquímicos e em novas estratégias de melhoramento. Por meio da análise simultânea e combinada de mais de um nível regulatório, como a associação de marcadores moleculares e as comparações metabólicas, tem-se a fisionômica, que estuda os modelos sistêmicos, propondo-se a entender e prever respostas das plantas a determinados estímulos e/ou condições ambientais (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2013), como a tolerância à seca.

Estudos sobre os mecanismos genéticos da tolerância à seca envolvendo técnicas biotecnológicas têm sido realizados em várias culturas, como cevada, arroz, trigo, café, soja, mamoneira, teca, milho, cana-de-açúcar, feijão, sorgo, amendoim, algodão, entre outras. Em milho, Xu et al. (2014) identificaram genes candidatos por meio de sequenciamento de próxima geração (NGS – *Next-Generation Sequencing*), os quais, selecionados, facilitam a compreensão da base genética da resposta ao estresse da seca, permitindo acelerar o melhoramento genético por meio de seleção assistida por marcadores. Manso (2014), estudando expressão gênica em cana-de-açúcar, indicou os genes cloroplastidiais *psaA*, *psaB*, *psbA*, *psbD* e *petA* com uso potencial para marcadores moleculares de tolerância à seca. Estudos de genômica funcional e de transcriptoma de arroz identificaram genes relacionados à tolerância à seca, que serão utilizados como marcadores moleculares em seleção assistida no programa de melhoramento de arroz de terras altas. Além disso, tais genes são

candidatos a serem utilizados na transformação de genótipos sensíveis à seca (SILVEIRA et al., 2015).

Diante do exposto, verificou-se que as técnicas de biotecnologia são aliadas importantes no melhoramento clássico de plantas. Certamente, a contribuição da biotecnologia tende a permanecer, mas não substituindo o melhoramento de plantas convencional. Para a agricultura, é importante que tais tecnologias se complementem de forma adequada, resultando em eficiência e segurança para a seleção e o desenvolvimento de genótipos mais promissores, produtivos e adaptados às diferentes condições climáticas.

MELHORAMENTO GENÉTICO PARA TOLERÂNCIA À SECA EM CULTURAS NO ESPÍRITO SANTO

CAFÉ CONILON

A espécie *Coffea canephora* é conhecida internacionalmente como café robusta, e no Brasil, como conilon. Representa cerca de 38% da produção mundial, e o Brasil está entre os países maiores produtores. No Espírito Santo, a produção de conilon de 9,95 milhões de sacas em 2014 colocou o Estado como o maior produtor brasileiro, representando 78% do total nacional. Além disso, a produção capixaba desse café é responsável por 20% do robusta do mundo. O conilon é cultivado por 78 mil famílias, localizadas em 40 mil propriedades de 80% dos municípios capixabas, numa expressiva diversidade de ambientes abaixo de 500 m de altitude. Mais de 70% das propriedades do Estado estão inseridas em locais com *deficit* hídrico superior a 350 mm ao ano. A deficiência hídrica associada a temperaturas elevadas são os principais fatores que interferem na produção e na qualidade final do café.

A tolerância à seca é resultante de várias características (anatômicas, morfológicas, fisiológicas, moleculares) que se expressam diferente e concomitantemente, dependendo da severidade e da taxa de imposição do *deficit* hídrico, da idade e das condições nutricionais da planta, do tipo e da

profundidade de solo, da carga pendente de frutos, da demanda evaporativa da atmosfera e da face de exposição do terreno. Portanto, uma única estratégia de adaptação à seca é, certamente, inadequada para qualquer tipo de ambiente (DaMATTA, 2003).

Estudos moleculares da expressão diferencial da transcrição (transcriptoma) e de tradução (proteoma) em cafeeiros submetidos ao *deficit* hídrico têm identificado vários genes candidatos que podem estar relacionados à tolerância à seca e podem ser utilizados para a genotipagem ou análise de diversidade genética do cafeeiro. Os estudos têm sido feitos comparando plantas do gênero *Coffea* em relação ao seu comportamento mediante estresse hídrico (MARRACINNI et al., 2012). Para tal fim, diferentes parâmetros são avaliados, podendo ser citados o potencial da água e osmótico na folha, condutância estomática, atividade da redutase de nitrato, temperatura da cobertura foliar, sistema radicular, eficiência de uso da água, entre outros (MARRACINNI et al., 2012).

Pesquisas realizadas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) têm mostrado grande diversidade entre clones em relação à produção sob condições de seca (FERRÃO, R. et al., 2000a, 2000b). Identificaram-se clones sensíveis à seca, com baixo vigor, baixa carga pendente, expressiva desfolha, pequeno número e tamanho reduzido dos frutos, além de elevado chochamento dos grãos, com grande comprometimento da produção. Por outro lado, nos mesmos ambientes, genótipos com comportamento antagônico mostrando vigor, melhor produção e boa formação dos grãos, respondendo bem por suas características diferenciais de tolerância à seca também foram identificados (DaMATTA; RAMALHO, 2006).

Visando a atenuar esse problema, têm-se utilizado estratégias de melhoramento, cujo objetivo é obter e/ou recomendar cultivares clonais ou propagadas por sementes que produzam bem nesses ambientes. Isso nem sempre é tarefa fácil para os melhoristas, em função da diversidade de situações envolvendo clima, solo, topografia, tipo e nível tecnológico do produtor,

disponibilidade de água na propriedade, variabilidade de precipitação ao longo dos anos, comportamento diferenciado dos genótipos com o local (G x L), genótipos com o ano (G x A) e (G x L x A), associadas à natureza poligênica da tolerância à seca.

Os métodos de melhoramento empregados levam em consideração, além dos objetivos pretendidos, a variabilidade genética disponível, a forma de reprodução e propagação, além de particularidades, como a autoincompatibilidade genética. Uma estratégia utilizada com sucesso pelo programa de melhoramento do cafeeiro no Incaper é a condução paralela de métodos de melhoramento via reprodução assexuada e sexuada (FERRÃO, R. et al., 2007b, 2014).

As estratégias de melhoramento para obtenção de cultivares de conilon superiores e tolerantes à seca mais comumente utilizadas são a introdução de germoplasma, seleção e avaliação clonal de genótipos aproveitando a variabilidade genética em plantações propagadas por sementes no Espírito Santo, hibridações, seleção recorrente, manutenção e caracterização da variabilidade genética em Banco Ativo de Germoplasma. Os trabalhos envolvendo essas estratégias e os experimentos são realizados em condições de sequeiro ou de suplementação de água em momentos de extrema deficiência hídrica, nas Fazendas Experimentais do Incaper de Marilândia, Sooretama e Bananal de Norte, localizadas em ambientes representativos do cultivo do café conilon, das regiões noroeste, nordeste e sul do Espírito Santo, respectivamente.

Com o objetivo de identificar fontes de tolerância à seca, trabalhos de caracterização morfológica, agrônômica, química e molecular, realizados com materiais genéticos de campos de seleção recorrente e Banco Ativo de Germoplasma são contínuos. Visando a ampliar a base genética para esse fim, atenção tem sido dada à introdução de novos acessos por meio de intercâmbio com outras instituições.

Ressalta-se o uso de ferramentas genético-estatísticas e de biologia molecular integrando as abordagens tradicionais e moleculares de modo

a acelerar os ciclos de seleção, maximizar o ganho genético e, conseqüentemente, diminuir o tempo de lançamento de novas cultivares.

O Programa de Melhoramento Genético de Café do Incaper desenvolveu nove cultivares superiores de *C. canephora*, sendo oito clonais, Emcapa 8111, Emcapa 8121, Emcapa 8131, Emcapa 8141 – Robustão Capixaba, Vitória Incaper 8142 (FERRÃO, R. et al., 2007a), Diamante ES8112, ES8122 – Jequitibá e Centenária ES8132 (FERRÃO, R. et al., 2015), além de uma propagada por semente, Emcaper 8151 – Robusta Tropical (FERRÃO, R. et al., 2007a). Essas variedades têm sido a base da renovação das lavouras no Estado do Espírito Santo, que vem ocorrendo na ordem de 7% ao ano (50 milhões de plantas/ano). Com o aporte de outras tecnologias, como a muda de boa qualidade, espaçamento, calagem e adubação, poda, manejo de pragas e doenças, além de irrigação, a cafeicultura capixaba alcançou nos últimos 22 anos

incremento de cerca de 300% na produção sem aumento significativo de área (FERRÃO, R. et al., 2014).

Essas cultivares apresentam adequada adaptação e estabilidade de produção com características agrônômicas desejadas para o Espírito Santo. Independentemente, se essas cultivares são clonais ou propagadas por sementes, a resposta mais adequada desses genótipos está associada ao uso de um conjunto de tecnologias: plantios de todos os clones e mudas de boa qualidade, adubação, poda, espaçamento, adubação, entre outras recomendações técnicas (FERRÃO, R. et al., 2012). As produtividades médias experimentais dessas cultivares lançadas desde 1993 estão entre 53 e 87 sc. benef./ha (Quadro 1). Plantios em que há uso adequado de um conjunto de tecnologias têm o potencial para produzir mais de 60 sc. benef./ha em condições não irrigadas e de mais de 100 sc. benef./ha em condições irrigadas (Figura 1).

Cultivares	Nº Clones	Forma de Propagação	Ano Lançamento	Principais Características
Emcapa 8111	9	Clonal	1993	Maturação precoce (maio)
Emcapa 8121	14	Clonal	1993	Maturação intermediária (junho)
Emcapa 8131	9	Clonal	1993	Maturação tardia (Julho)
Emcapa 8141 – Robustão Capixaba	10	Clonal	1999	Tolerância à seca
Emcaper 8151 – Robusta Tropical	54	Semente	2000	Rusticidade, ampla adaptação
Vitória Incaper 8142	13	Clonal	2004	Conjunto de característica superior
Diamante ES8112	9	Clonal	2013	Maturação precoce (maio), qualidade superior de bebida
ES8122-Jequitibá	9	Clonal	2013	Maturação intermediária (junho), qualidade superior de bebida.
Centenária ES8132	9	Clonal	2013	Maturação tardia (julho), qualidade superior de bebida.

Quadro 1. Constituição, forma de propagação e ano de lançamento de nove cultivares de café conilon desenvolvidas e recomendadas pelo Incaper para o estado do Espírito Santo.

Fonte: Ferrão, R. et al. (2007, 2014, 2015).



Figura 1. Lavoura representativa das cultivares melhoradas pelo Incaper, no Estado do Espírito Santo.

Fonte: Foto de Daniel Simões.

Mesmo com os avanços até então obtidos, verifica-se no Estado uma cafeicultura de conilon muito dinâmica e de constantes buscas por tecnologias mais sustentáveis. A execução desse programa de melhoramento é um caminho contínuo. A melhor exploração do potencial das plantas e da variabilidade genética, a busca pela melhoria na produtividade, estabilidade de produção e tolerância aos problemas abióticos (seca e altas temperaturas) e bióticos (pragas e doenças) são um trabalho constante, mas tem-se consciência das dificuldades decorrentes das mudanças rápidas impostas pelo clima, mercado, produtores e consumidores.

Diversas instituições trabalham com acessos do Banco Ativo de Germoplasma de *C. canephora* do Incaper ampliando os conhecimentos sobre a espécie.

DaMatta et al. (2000), estudando os clones 14 e 120, que são genótipos selecionados pelo Incaper com alta tolerância à seca em condições de campo, e os clones 46 e 201, com baixa tolerância ao *deficit* hídrico, verificaram que a evitação à seca é mais importante para a sobrevivência durante períodos prolongados de estiagem que o uso mais eficiente da água. Os resultados sugeriram diferentes estratégias, em *C. canephora*, em resposta à aclimação à deficiência hídrica.

Para a cultivar Robusta Tropical e para o clone número cinco da cultivar Vitória Incaper 8141, Araújo et al. (2011), observaram redução da matéria seca da parte aérea, da matéria seca do sistema radicular, da altura das plantas, do diâmetro dos caules e do diâmetro das copas, quando as plantas dessa cultivar, passaram por período de *deficit* hídrico, independentemente do momento de desenvolvimento inicial.

Silva et al. (2010), avaliando as respostas fisiológicas de enxertias recíprocas entre os clones 109A e 120 (sensível e tolerante ao *deficit* hídrico, respectivamente), concluíram que a utilização de porta-enxertos tolerantes à seca contribui para a maior tolerância das plantas ao *deficit* hídrico.

CAFÉ ARÁBICA

A região das montanhas do Espírito Santo tem na cafeicultura de arábica uma das atividades econômicas mais importantes abrangendo cerca de 150 mil hectares, com produção estimada de 3,7 milhões de sacas (CONAB, 2016). A produtividade média da cultura, de 24,6 sc./ha, ainda é baixa quando comparada à capacidade produtiva que as cultivares empregadas na cafeicultura brasileira podem expressar.

Entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, o *deficit* hídrico ocupa posição de destaque, pois, além de afetar diretamente as relações hídricas nas plantas alterando-lhes o metabolismo, é um fenômeno que ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis. Portanto, as plantas parecem ter desenvolvido mecanismos capazes de diminuir os efeitos da falta de água no solo, que podem ser transmitidos geneticamente (BOYER, 1982). A comparação entre os parâmetros do balanço hídrico de várias áreas produtoras de café no Brasil levaram Ortolani et al. (1970) a afirmar que deficiências hídricas no solo maiores do que 150 mm podem afetar drasticamente a produção de *Coffea arabica*.

Considerando que a quase totalidade da cafeicultura arábica capixaba é cultivada em relevo de montanha e sem irrigação, é prioritário nos programas de melhoramento o desenvolvimento e recomendação de cultivares de porte baixo e com tolerância à seca. Nesse contexto, o programa de melhoramento de café arábica em andamento no Incaper tem como principais objetivos o desenvolvimento e a recomendação de cultivares com características agrônômicas superiores, adaptadas a diferentes sistemas de cultivo. As principais características buscadas pelo programa são: alta capacidade de produção, qualidade de grãos, estabilidade de produção, resistência a pragas e tolerância à seca (FERRÃO, M. et al., 2008).

Entre as estratégias de melhoramento para obtenção de cultivares promissoras, as mais comumente utilizadas são hibridação e a seleção de plantas matrizes dentro de populações, com o estudo de suas progênies. As progênies e linhagens superiores obtidas são plantadas em condições ambientais diferentes no sentido de avaliar a interação genótipo x ambiente e selecionar cultivares produtivas, de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em especial às relacionadas ao *deficit* hídrico.

Ressalta-se que a avaliação de cultivares e progênies do programa de melhoramento do Incaper é realizada atualmente em diferentes ambientes representativos da cultura, sem irrigação. O programa já recomendou 16 cultivares para o Estado do Espírito Santo e apresenta outras em fase final de pesquisa (FERRÃO, M. et al., 2008; FERRÃO, M. et al., 2013). As principais cultivares recomendadas de porte baixo e produtivas encontram-se relacionadas abaixo:

- Catuaí Vermelho IAC 44, Catuaí Vermelho IAC 81, Catuaí Vermelho IAC 99, Catuaí Vermelho IAC 144, Rubi MG 1192: frutos vermelhos, maturação média, suscetível à ferrugem e adaptação ampla.
- Catuaí Amarelo IAC 62, Catuaí Amarelo IAC 86 e Topázio MG 1190: frutos amarelos, maturação

média, suscetível à ferrugem e adaptação ampla.

- Oeiras MG 6851: frutos vermelhos, maturação média, moderada resistência à ferrugem e melhor adaptação a locais situados entre 700 e 900 m de altitude.
- Iapar 59: frutos vermelhos, maturação precoce, resistente à ferrugem e melhor adaptação a locais situados acima de 850 m de altitude.
- Paraíso MG H419-1: frutos amarelos, maturação média, moderada resistência à ferrugem e melhor adaptação a locais situados entre 650 a 900 m de altitude.
- Tupi IAC 1669-33: frutos vermelhos, maturação precoce-média, resistência à ferrugem e melhor adaptação a locais situados acima de 700 m de altitude.
- Obatã IAC 1669-20: frutos vermelhos, maturação média-tardia, resistente à ferrugem e com adaptação a locais situados abaixo de 850 m de altitude.

Além dessas cultivares recomendadas, outros materiais genéticos estão se destacando em condição de *deficit* hídrico, como 'Catiguá MG1', 'Pau Brasil' e 'Progênie Catuaí Amarelo Incaper' (FERRÃO, M. et al., 2013) e 'Araponga MG1' e 'Pau-Brasil MG1' (RODRIGUES, 2014).

O cenário atual de mudanças climáticas gera preocupações para a cafeicultura devido à grande redução das áreas que apresentam temperatura e balanço hídrico considerados aptos ao cultivo das duas principais espécies de café. Estudos de zoneamento indicam que áreas cultivadas tradicionalmente com café e consideradas aptas para o cultivo tendem a ser reclassificadas como marginais, com comprometimento da qualidade final do produto e da produtividade (CHESEREK; GICHIMU, 2012). Uma das estratégias mais importantes para mitigar o efeito da seca é a busca por cultivares de café que tolerem esse fenômeno, que sejam capazes de crescer e produzir adequadamente em regiões sujeitas à seca.

FRUTICULTURA

A fruticultura é considerada uma das atividades mais dinâmicas da economia brasileira, apresentando uma evolução contínua. Atende o mercado interno e vem ganhando espaço no mercado internacional, com frutas tropicais, subtropicais e de clima temperado de forma diversificada, aumentando o volume das exportações, o número de empresas exportadoras e de países de destino das exportações.

O território nacional abriga um extraordinário mosaico de ecossistemas produzido não só por uma ampla diversidade climática, como também topográfica, propiciando o cultivo de diferentes espécies de fruteiras. Nas devidas proporções, o Estado do Espírito Santo, mesmo com a reduzida extensão territorial, apresenta condições edafoclimáticas bastante diversificadas, o que possibilita o cultivo de frutas tropicais, subtropicais e de clima temperado com qualidade semelhante às frutas produzidas nas diferentes regiões do País e do mundo. Não obstante, o melhoramento genético desempenha papel importante no desenvolvimento de genótipos bem adaptados aos diversos ambientes, ampliando as regiões aptas ao cultivo de determinadas espécies.

A fruticultura no Espírito Santo tem assumido papel de destaque e respondeu, em 2013, por 18% do valor bruto da produção agropecuária capixaba (INCAPER, 2014a). Estima-se que a produção tenha aumentado em 30% na última década.

De forma geral, no Estado do Espírito Santo, a má distribuição de chuvas ao longo do ano tem levado à priorização de estratégias de melhoramento que identifiquem cultivares com crescimento, desenvolvimento e produção superiores nesses ambientes, uma vez que a seca é o estresse ambiental com maior impacto negativo na agricultura, ocasionando perdas significativas na produtividade (FRACASSO; TRINDADE; AMADUCCI, 2016). O agravamento dessas condições ambientais, como aumento da temperatura e escassez de água,

tem direcionado cada vez mais os programas de melhoramento genético no sentido de reforçar a priorização, de forma contínua, do desenvolvimento de cultivares tolerantes à seca e menos exigentes em umidade, com foco na promoção do crescimento sustentável da atividade. Jesus Junior et al. (2008) já destacavam a importância da realização de estudos para direcionar possíveis medidas mitigadoras de manejo diante das mudanças climáticas que têm efeito direto na temperatura do ar e na precipitação pluviométrica, mostrando a importância do melhoramento genético para reduzir possíveis efeitos negativos das mudanças climáticas na fruticultura.

O Incaper tem buscado preservar e ampliar as coleções genéticas de diversas fruteiras, material básico para que sejam desenvolvidos os trabalhos de melhoramento e obtenham-se genótipos cada vez mais bem adaptados às condições edafoclimáticas locais, regionais e/ou estaduais.

A seguir, serão destacados os resultados relevantes dos trabalhos desenvolvidos com foco no melhoramento genético de algumas espécies de fruteiras de interesse econômico para o Espírito Santo. A maioria dos trabalhos desenvolvidos nas últimas décadas, na área de melhoramento em fruticultura, são por meio de introdução, avaliação, seleção e recomendação de cultivares. As introduções são viabilizadas mediante parcerias institucionais estabelecidas em nível nacional e internacional, visando à promoção da melhoria da capacidade produtiva e à qualidade das frutas produzidas no Espírito Santo.

ABACAXI

O Incaper, desde 1976, vem introduzindo e avaliando cultivares e genótipos de abacaxizeiro com o objetivo de selecionar plantas resistentes às principais doenças, produtivas, com frutos de qualidade comercial aceitável e adaptadas às condições de clima da região produtora.

Em 1984, foi iniciado o Programa de Melhoramento Genético do Abacaxizeiro, coordenado pela Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical da Embrapa, com o objetivo principal de identificar fontes de resistência e obter híbridos resistentes à fusariose, mais produtivos, com frutos de qualidade para o mercado e adaptados às condições climáticas das regiões produtoras. Nesse programa, foram identificados genótipos promissores, os quais foram encaminhados para avaliação em diferentes regiões produtoras, incluindo o Espírito Santo. Desses, três híbridos foram avaliados pelo Incaper, dos quais o híbrido PRI×SC-08 ('Primavera' ♀ × 'Smooth Cayenne' ♂) foi submetido à seleção recorrente clonal por dez anos, dando origem à cultivar 'BRS Vitória', lançada pelo Incaper em parceria com a Embrapa em 2006. Nas avaliações realizadas em distintas regiões do Espírito Santo, a nova cultivar destacou-se dos demais genótipos apresentando resistência à fusariose, além de apresentar boa produtividade nas condições edafoclimáticas do Estado (VENTURA et al., 2006).

A coleção de germoplasma do Incaper inclui outras cultivares, como a BRS Imperial, Pérola, Perolara, Smooth Cayenne, Turiaçu, Gold, Fantástico, Ibitirama, IAC Gomo de Mel, além de diversos híbridos desenvolvidos e selecionados no Incaper para a resistência à fusariose. Apesar de o abacaxizeiro ser naturalmente tolerante à seca, devido ao mecanismo conhecido como CAM (sigla em inglês para 'Metabolismo Ácido das Crassuláceas'), o qual lhe permite um ótimo aproveitamento da água, a produtividade e qualidade dos frutos podem ser drasticamente afetados pela exposição a longos períodos de escassez hídrica. Aliar alta produtividade e tolerância à seca num mesmo genótipo constitui-se em um enorme desafio, mesmo para culturas bastante tolerantes à seca, como o abacaxizeiro. Portanto, há necessidade de estudos mais detalhados sobre a possibilidade e limites da superação desse desafio dentro dos programas de melhoramento genético.



Figura 2. Lavoura de abacaxi no Espírito Santo.

Fonte: Acervo Incaper.

BANANA

Devido à importância socioeconômica da bananicultura, são realizados, desde 1976, trabalhos de introdução, avaliação e seleção de cultivares de bananeira resistentes às principais doenças e adaptadas às condições climáticas do Espírito Santo, uma vez que as áreas representativas de produção no Estado estão localizadas em região com baixas condições de irrigação. Resultados positivos têm sido alcançados, com destaque para o subgrupo prata.

Em 1982, foi iniciado o Programa de Melhoramento Genético da Bananeira, coordenado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical da Embrapa, de forma semelhante ao programa realizado com a abacaxicultura, com o principal objetivo de obter híbridos tetraplóides (AAAB) resistentes às principais doenças, com boa produtividade e qualidade de frutos. Alguns desses híbridos foram introduzidos e avaliados pelo Incaper no Espírito Santo, durante 20 anos, o que levou ao lançamento das cultivares Japira e Vitória, resistentes à sigatoka-amarela, à sigatoka-negra e ao mal-do-panamá e adaptadas às condições climáticas da região produtora do Espírito Santo (VENTURA et al., 2011).

Além do lançamento dessas variedades pelo Incaper, o Instituto, em parceria com outras instituições, também recomendou a cultivar BRS

Tropical, lançada pela Embrapa por apresentar características agrônômicas semelhantes à da cultivar Maçã, resistência às doenças sigatoka-amarela e mal-do-panamá (VENTURA et al., 2013), além das cultivares Prata Mysore (NÓBREGA; GOMES; ARLEU, 1986) e Emcapa 602 - Ouro da Mata (NÓBREGA et al., 1990).

CITROS

Devido à importância da citricultura para os produtores de base familiar do Estado, o Incaper mantém coleções de materiais genéticos que se destinam à enxertia para formação de copas, formando o Banco Ativo de Germoplasmas (BAG-citros). São mais de 160 genótipos diferentes entre laranjas, tangerinas, tangores, tangelos, limas ácidas, limões-verdadeiros, pomelos *grapefruits*, ornamentais e outras variedades cítricas oriundas de diferentes instituições em nível nacional (IAC, Embrapa, Unesp, Esalq/USP). As coleções estão distribuídas principalmente nas Fazendas Experimentais do Incaper, em Sooretama (FES), Venda Nova do Imigrante (FEVNI), Viana (FEV) e Engenheiro Reginaldo Conde, em Jucuruaba (FERC). Nestas duas últimas, foram formadas borbulheiras com a finalidade de atender às demandas de viveiristas e produtores rurais para a produção de mudas. A manutenção dessas coleções é considerada estratégica, tendo em vista que o Estado é livre de duas das principais enfermidades que afligem as lavouras, como o cancro-cítrico e *greening* (*huanglongbing* HLB – outrora conhecido como amarelo). A grande maioria das copas estão enxertadas sobre os porta-enxertos ‘Cravo’, e tangerinas ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’.

O melhoramento genético de porta-enxertos representa um dos maiores interesses da citricultura, uma vez que os citros raramente são cultivados na forma de pé franco e o método de propagação mais usual é a enxertia, ou seja, a combinação de uma variedade-copa com um porta-enxerto mais adaptado às condições adversas resultando em tolerância a estresses diversos, melhoria da qualidade do

fruto e aumento de produtividade. Dessa forma, os programas de melhoramento genético que visam à obtenção de plantas tolerantes à seca concentram seus esforços principalmente sobre esses quesitos.

O limoeiro-cravo é tradicionalmente conhecido como muito tolerante à seca, porém, devido à sua susceptibilidade a doenças, como o declínio e mais recentemente à morte-súbita-dos-citros, com redução da longevidade dos pomares, sua utilização tem sido cada vez mais reduzida.

Existem diversos outros porta-enxertos que podem ser utilizados como alternativas ao limoeiro-cravo, entre os quais a tangerina ‘Cleópatra’, que propicia plantas bem desenvolvidas, adequado sistema radicular; frutos de boa qualidade, resistência à morte-súbita e tristeza, e menos susceptível ao declínio em relação ao cravo.

No BAG da FES, as plantas enxertadas sobre o porta-enxerto tangerina ‘Cleópatra’ têm apresentado nível de tolerância à seca semelhante e em algumas condições superiores ao limoeiro-cravo. Em avaliações de plantas em que foram utilizados os dois porta-enxertos e a mesma variedade-copa, verificou-se a presença de maior volume de raízes, inclusive radículas, quando o enxerto foi realizado sobre o porta-enxerto tangerina ‘Cleópatra’, com uma profundidade efetiva de raízes, no mínimo, duas vezes superior em comparação com o limoeiro-cravo. Entretanto, para a citricultura em nível nacional, outros porta-enxertos são também indicados como tolerantes à seca: limoeiros ‘Rugoso’ e ‘Volkameriano’ e tangelo ‘Orlando’. Outros são considerados tolerantes: laranjeiras ‘Azeda’ e ‘Caipira’ e tangerina ‘Sunki’ (JUHÁSZ et al., 2015).

MAMÃO

As ações em melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Incaper, que iniciaram na década de 70, possibilitaram a introdução e recomendação da variedade ‘Improved Sunrise Solo Line 72’ em 1982, a qual foi a mais utilizada pelos produtores durante um longo período de tempo. Possibilitaram também

a seleção do 'Baixinho de Santa Amália' em 1978 e sua recomendação aos produtores em 1986.

A partir de 2001, tem-se priorizado a seleção de genótipos do grupo Formosa, o que culminou com o lançamento da cultivar Rubi Incaper 511, primeira variedade de mamão do grupo Formosa para o Estado, com características agrônômicas semelhantes ao híbrido 'Tainung 01' (CATTANEO et al., 2010). Por constituir-se de uma variedade, cada planta da população possui um genótipo distinto, porém com características semelhantes. Essa estrutura genética gera uma variabilidade intrínseca a esse tipo de população, a qual pode ser vantajosa em alguns casos, pois permite a identificação de indivíduos com maior plasticidade fenotípica quando sujeitos a condições ambientais adversas, como a restrição hídrica.

Os trabalhos de melhoramento genético no Incaper continuaram por meio de seleção massal e obtenção de progênies. Apesar de serem realizados em regiões sujeitas ao *deficit* hídrico, a maioria dos trabalhos de melhoramento estão sendo conduzidos sob irrigação. Dessa forma, podem estar sendo selecionados genótipos não adaptados aos estresses de deficiência hídrica, mesmo aqueles de menor intensidade. Apesar de alguns trabalhos sugerirem a existência de variabilidade genética para o caráter, até então, poucos estudos têm se dedicado a entender e superar estresses abióticos. Portanto, fontes de tolerância não têm sido identificadas, e cultivares tolerantes não são desenvolvidas.

Um dos entraves na seleção visando à tolerância à seca é a baixa precisão dos experimentos. Sob estresse de seca, a média normalmente é baixa, os efeitos de outras variáveis se avolumam, há dificuldade em separar o estresse de seca de outros estresses que acompanham a deficiência hídrica, aumentando o erro experimental.

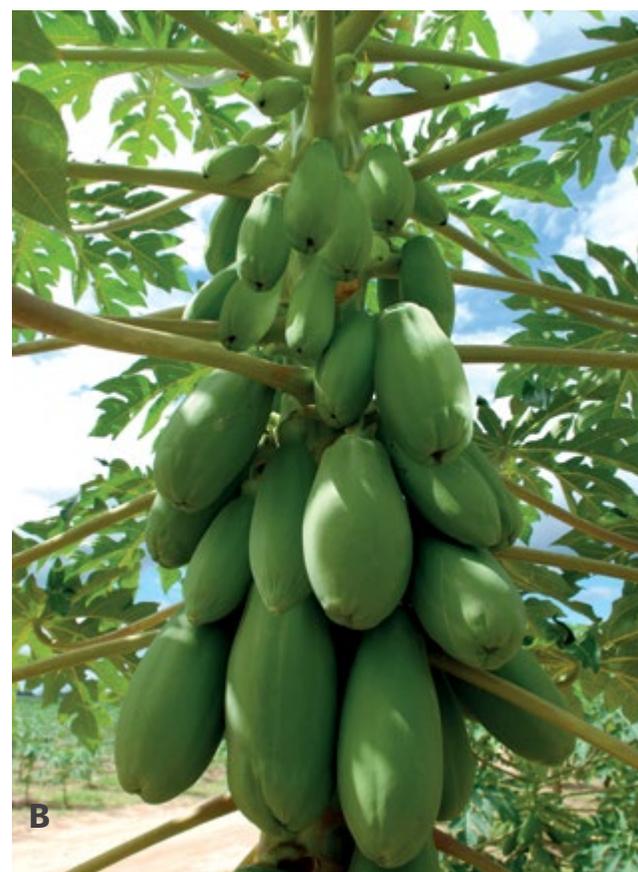


Figura 3. Plantio de mamoeiro do grupo solo no norte do Espírito Santo (A). Cultivar Rubi Incaper 511 (B).

Fonte: Acervo Incaper.

MORANGO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é uma das culturas de maior importância no contexto socioeconômico da região serrana do Espírito Santo, cultivado desde a década de 60, com maior expressão

comercial a partir dos anos 90, período em que era plantada a cultivar Campinas. A partir desse período, foram feitas várias introduções de cultivares, como a 'Dover', 'Tudla', 'Camarosa', 'Oso Grande' (de dia curto). Em 2005 foram introduzidas as cultivares 'Camino Real' (dia curto) e 'Ventana' (dia curto). Nesse mesmo ano, o Incaper iniciou os trabalhos de introdução, caracterização agrônômica e avaliação da adaptabilidade e estabilidade de produção de genótipos de morangueiro, com priorização de cultivares de dia curto e dia neutro provenientes de outros países, como Espanha e Estados Unidos da América, que culminou com a recomendação, em 2009, das cultivares de dia neutro, Diamante e Aromas (COSTA et al., 2009).

Com o grande interesse na comercialização de mudas de morangueiro no Espírito Santo pela iniciativa privada, são feitas introduções de cultivares sem uma avaliação prévia da adaptabilidade e estabilidade de produção, o que leva a uma substituição constante de cultivares.

As cultivares mais plantadas atualmente na região produtora são: 'Camarosa' (dia curto), que produz frutos grandes com coloração vermelho-intenso, cultivada no Estado, desde a década de 90; e 'Albion' (dia neutro), introduzida mais recentemente, possui frutos com cor semelhante aos da 'Aromas', apresenta produção com poucos picos e melhor sabor comparado com as outras variedades de dia neutro.

Estudos para minimizar os efeitos das mudanças climáticas na fruticultura têm se tornado uma prioridade devido à alta diversidade das espécies e às variações climáticas das regiões produtoras, o que pode comprometer o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade dos frutos. Uma das estratégias mais importantes para minimizar esses efeitos é a identificação de cultivares que apresentem capacidade para desenvolverem e produzirem em condições adversas.

FRUTEIRAS NATIVAS

É importante destacar que, devido à imensa biodiversidade presente no Brasil, dispõe-se de

fontes quase inesgotáveis de recursos genéticos nas dezenas de espécies de fruteiras nativas, que ocorrem ao longo de todo o território nacional, em cada um dos biomas. Entre elas, muitas apresentam elevada tolerância à seca, além de boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais e, portanto, requerem baixo aporte de insumos. Investir no melhoramento genético dessas espécies poderia viabilizar sua exploração econômica, de tal maneira que se consolidassem como culturas altamente rentáveis e com enorme potencial de geração de divisas, haja vista a crescente demanda do mercado externo por fruteiras exóticas.

A incorporação dessas espécies ao agronegócio, que não de forma extrativista e predatória, irá cada vez mais conferir-lhes valor, maximizando a utilização dos recursos naturais disponíveis, contribuindo inclusive para que seja promovida a conservação desses recursos genéticos, uma vez que a falta de conhecimento de sua utilidade e até mesmo de sua existência pelos próprios brasileiros, constitui-se num dos principais obstáculos à promoção de sua conservação.

PIMENTA-DO-REINO

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) é o condimento mais importante do mundo. O Brasil, com a produção de 42.312 t, é responsável por cerca de 9,0% da produção mundial. Os maiores produtores nacionais são os Estados do Pará, Espírito Santo e Bahia, respectivamente, os quais foram responsáveis por 98,66% da produção brasileira em 2014 (IBGE, 2015).

Originária das regiões montanhosas e submontanhosas do estado de Kerala, sudoeste indiano, denominada de *Western Ghats*, onde ocorre naturalmente nos sub-bosques das florestas úmidas, requer elevadas precipitações e umidade para o seu bom desenvolvimento. É bastante sensível à falta de água, porém precipitações entre 1.250 e 2.000 mm anuais bem distribuídos, em solos bem drenados e umidade relativa em torno de 60 a 95% garantem boas colheitas.

Atualmente, as maiores produtividades têm sido obtidas em cultivos intensivos a pleno sol, como os encontrados na região norte do Espírito Santo, onde cerca de 80% das lavouras são irrigadas, já que as precipitações médias anuais, ligeiramente superiores a 1.000 mm, com ocorrência pronunciada de longos períodos secos, limitaria enormemente a produção, podendo até mesmo inviabilizá-la economicamente. Impulsionado pelos altos preços obtidos atualmente, tem havido aumento expressivo da área plantada. Dados preliminares do IBGE (2015) apontam que a área plantada no Espírito Santo em 2015 será de aproximadamente 8.000 ha, o que representa mais que o triplo da área colhida em 2014.

Devido à escassez de água inclusive para a irrigação, tanto a identificação quanto a obtenção de genótipos menos exigentes de umidade poderiam contribuir para o crescimento sustentável dessas áreas. Para tanto, torna-se necessária uma prospecção bastante intensa e rigorosa entre os materiais disponíveis a fim de se explorar a variabilidade genética existente. Nesse sentido, as coleções de germoplasma são imprescindíveis, constituindo-se do material básico para que os melhoristas iniciem programas de melhoramento e sejam obtidos ganhos expressivos, independente dos objetivos ora estipulados.

Na Índia, o *Indian Institute of Spices Research* (IISR) possui atualmente, uma coleção de 3.181 acessos, sendo 1.669 de cultivares, 1.503 selvagens e nove de espécies exóticas (PRASATH et al., 2015). Atualmente, mais de 100 cultivares são amplamente adotadas pelos agricultores indianos. Aproximadamente 20 delas são provenientes de programas de melhoramento genético, das quais a cultivar Panniyur-1 (chamada de 'Bragantina' no Brasil) foi a primeira, lançada no ano de 1966 pela *Pepper Research Station Panniyur*, estação de pesquisa vinculada à *Kerala Agricultural University*. Entre elas, algumas têm sido consideradas relativamente tolerantes à seca: 'Panniyur-5' e 'Panniyur-6' (melhoradas, lançadas em 1996 e 2001, respectivamente); 'Kalluvally', 'Karimunda',



'Naranyakodi' e 'Kottanadan' (tradicionais).

Figura 4. Cultivar Bragantina.

Fonte: Acervo Incaper.

A Embrapa Amazônia Oriental já possuiu aproximadamente 30 diferentes cultivares entre os acessos de *P. nigrum*. Contudo, essa coleção foi drasticamente reduzida para apenas 13 cultivares devido à erradicação das plantas infectadas pelo PYMoV, por determinação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), em meados do ano 2000, uma vez que é uma doença quarentenária para o País (BOARI, 2008). No Espírito Santo, o Incaper detinha uma coleção semelhante, que chegou a ter mais de 30 genótipos, porém foi perdida devido à falta de continuidade dos trabalhos após o falecimento do pesquisador responsável, Engenheiro Agrônomo, Danilo Milanez, em fevereiro de 2003.

No Brasil, há apenas sete cultivares cadastradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Mapa, todas introduzidas. Além disso, uma das fontes de variabilidade genética bastante importante e muitas vezes utilizadas pelos melhoristas, a exemplo do café conilon no Espírito Santo, são as próprias lavouras, porém estima-se que no Estado mais de 80% delas são ocupadas pela cultivar Bragantina, o que aliado à sua multiplicação quase que exclusivamente clonal, implica uma grande homogeneidade dos genótipos disponíveis no território capixaba aumentando

sobremaneira o desafio imposto aos pesquisadores no Espírito Santo.

Apesar de detectar grande variabilidade genética, inclusive entre cultivares amplamente utilizadas (PRADEEKUMAR et al. 2003; GAIA et al., 2007; JOY; ABRAHAM; SONIYA, 2007), esses estudos não relacionam essa variabilidade a caracteres morfoagronômicos e tampouco à tolerância à seca. Além disso, a maioria dos trabalhos se utiliza de caracteres fisiológicos tanto na caracterização de plantas tolerantes à seca (VASANTHA, 1996; KRISHNAMURTHY; SAJI, 2006) quanto no entendimento da influência que a falta de água exerce sobre genótipos contrastantes (THANKAMI; ASHOKAN, 2004; VIJAYAKUMARI; PUTHUR, 2015). Os caracteres fisiológicos apresentam o inconveniente de serem pouco viáveis quando se tem grande número de plantas a serem estudadas, além de variações devidas aos protocolos experimentais e complexidade de associação dos resultados com interferência nos processos que definem o rendimento final (BEEBE et al., 2013). Dessa forma, os caracteres morfológico-agronômicos são ou estão diretamente associados aos componentes de produção e devem ser utilizados na seleção (SCHNEIDER et al., 1997; ASSEFA et al., 2013). Na realidade, o que se procura é ter um caráter de fácil manuseio e que permita boa precisão na avaliação e possua alta herdabilidade. Ao que tudo indica, a produtividade de grãos, que corresponde a um índice seletivo, pois depende praticamente de todos os outros caracteres da planta, é o mais eficiente (NAGHAVI; ABOUGHADAREH; KHALILI, 2013). Infelizmente, sua herdabilidade, assim como a maioria dos caracteres complexos, geralmente não é alta.

Novas abordagens têm sido utilizadas na obtenção de cultivares tolerantes à seca. O próprio IISR já possui genótipos oriundos de eventos de transformação genética sob avaliação. O número de sequências inseridas em bibliotecas gênicas tem aumentado. Vale lembrar, entretanto, que todos os genótipos com reconhecida tolerância à seca são resultados do melhoramento clássico, o qual ainda continuará a ser o grande gerador de resultados e, no Brasil, é executado

por instituições públicas de pesquisa. Na Tabela 1 são relacionados genótipos citados como tolerantes à seca.

Tabela 1. Cultivares de pimenta-do-reino tolerantes à seca.

Cultivar	Pedigree	Produtividade média grãos secos (kg/ha)	Rendimento de grãos secos (%)
'Panniyur-5'	Progênie de polinização aberta de 'Perumkodi'	1.107	35,7
'Panniyur-6'	Seleção clonal de 'Karimunda'	2.127	32,9
'Panniyur-7'	Progênie de polinização aberta de 'Kalluvally'	1.410	33,6
'Panniyur-8'	Híbrido (HB 20052) de 'Panniyur 6' x 'Panniyur 5'	1.365	39
'Kalluvally'	Cultivar tradicional	1-2*	35-38
'Kottanadan'	Cultivar tradicional	5*	34-35
'Karimunda'	Cultivar tradicional	2-3*	35
'Narayakodi'	Cultivar tradicional	1-2*	36

Fonte: Adaptado de Krishnamoorthy e Parthasarathy (2010) e Thomas e Rajeev (2015).

*Produtividade estimada em kg/planta.

CULTURAS ALIMENTARES

Até a década de 90, o milho, o feijão e o arroz eram as culturas mais importantes nos aspectos econômico e social no Espírito Santo, pelas áreas plantadas, números de produtores, abrangência e pelas produções. Assim, a Emcapa, hoje Incaper, conduzia programas de melhoramento genético para essas culturas utilizando diferentes métodos, visando ao desenvolvimento ou recomendação de cultivares para os diferentes ambientes do Estado.

Para o milho, no mercado, existem dois tipos de cultivares, os híbridos e as variedades melhoradas. Os híbridos são mais indicados para os plantios em ambientes favoráveis e tecnificados. Já as variedades

melhoradas geralmente apresentam adaptação geral e para ambientes desfavoráveis, possuem maior estabilidade de produção, são mais indicadas para os produtores menos tecnificados e possibilitam reutilização de sementes. Assim, são mais indicadas para a maioria dos produtores de milho do Estado do Espírito Santo, que são pequenos agricultores.

Visando a atender, sobretudo, o agricultor de base familiar, o Incaper, com o apoio da Embrapa Milho e Sorgo, desenvolveu e lançou quatro cultivares melhoradas de milho para o Espírito Santo e recomendou mais de cinquenta. As cultivares que são do tipo variedades melhoradas (3) e híbrido intervarietal (1) foram oriundas de diferentes estratégias de melhoramento do programa de pesquisa conduzido desde 1985 na Fazenda Experimental de Sooretama/Incaper, cujos trabalhos foram conduzidos sem irrigação, num ambiente de *deficit* hídrico e que também apresenta outros estresses biótico e abiótico.

Para obtenção das cultivares de milho, foram utilizadas as seguintes estratégias de melhoramento: introdução e avaliação experimental de populações-bases da Embrapa Milho e Sorgo e identificação das superiores; realização em cada população superior de três a seis ciclos de seleção massal estratificada e de dois a quatro ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos para adaptação e fixação das características agronômicas de interesse; autofecundações e avaliações de linhagens; recombinações de indivíduos superiores; avaliações experimentais e seleção de materiais superiores.

Com base nesse trabalho, foram desenvolvidas, lançadas e disponibilizadas sementes aos produtores capixabas das seguintes cultivares melhoradas: 'Emcapa 201', 'Emcapa 301', 'Emcapa 202 - Ouro Verde' e 'Capixaba Incaper 203' (FERRÃO et al., 1986, 1990, 1995, 2007 apud INCAPER, 2014b), respectivamente, que apresentam, em geral, as seguintes características: alta produtividade; boa estabilidade de produção; bom empalhamento de espigas; tolerância às principais doenças foliares e de grãos, à seca e ao acamamento e quebramento de plantas. Essas cultivares são mais adequadas para os produtores de

baixo e médio nível tecnológico e econômico.

Por intermédio do Programa de Melhoramento Genético de Feijão do Incaper, foram desenvolvidos e/ou recomendadas cinco cultivares: grupo preto - 'Vitória', 'Capixaba Precoce' e 'Emcapa 404 - Serrana'; grupo cor tipo carioca - 'Rio Doce' e 'Emcapa 405 - Goytacazes' (EMCAPA, 1983; PACOVA et al., 1987; FERRAO, M. et al., 1987; GALVEAS et al., 1990; FERRÃO, M. et al., 1992 apud INCAPER, 2014b). Dentre as diferentes características dessas cultivares, destacam-se a adequada produtividade, adaptação e estabilidade de produção para os diferentes ambientes do Espírito Santo e características agronômicas e culinárias adequadas e, em especial, a tolerância às principais doenças da cultura. Essas cultivares são destinadas, sobretudo, para os produtores de base familiares e têm sido a base dos plantios do Estado.

Para o arroz, foram desenvolvidas e lançadas para o Espírito Santo as seguintes cultivares: 'Aliança' (MATOS et al., 1992 apud INCAPAER, 2014b) e 'Emcapa 104 - Itapermirim (SOARES; MATTOS; SALGADO, 1996 apud INCAPER, 2014b), além da recomendação de outras dezenas.

SILVICULTURA

EUCALIPTO

No Espírito Santo, as florestas plantadas com eucalipto representam a base econômica do agronegócio florestal do Estado. Com uma área estimada de 280.000 ha para diversos usos, como celulose, marcenaria, movelaria, cercamento, caixotaria, *pallets*, energia, construções rurais e urbanas.

O melhoramento genético das espécies do gênero *Eucalyptus* no Estado teve início na década de 60 do século passado pela iniciativa privada, desenvolvendo clones superiores obtidos a partir de cruzamento entre espécies do gênero e seleção clonal, com base em diferentes características, entre elas a resistência a doenças, adaptação ao estresse hídrico, qualidade e alta produtividade de madeira.

Embora o Programa de Melhoramento Genético de *Eucalyptus* tenha sido direcionado para produção de celulose, alguns clones têm sido disponibilizados

para os produtores rurais que são participantes ou não dos programas de fomento das empresas e até mesmo para comercialização pelos viveiros da região. A madeira oriunda desses plantios de eucalipto melhorado tem sido utilizada com sucesso para outros usos diferentes do que explorado para celulose. Porém, continua a existir, no Estado, uma carência de material genético da espécie selecionado para outros usos, principalmente serraria.

Em geral, os clones selecionados e plantados no Espírito Santo são híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, que apresentam boa tolerância à seca, os quais estão, em geral, associados a um estresse térmico de calor. No entanto, em outros estados brasileiros, foram selecionados clones híbridos de outras espécies do gênero *Eucalyptus* e *Corymbia* com melhor tolerância a essa característica.

SERINGUEIRA

A seringueira é a segunda espécie florestal mais plantada no Estado, ocupando uma área de aproximadamente 15.000 ha, concentrada na região litoral que vai de Itapermirim, Anchieta até Conceição da Barra, incluindo os municípios não litorâneos de Pinheiros, São Gabriel da Palha e Boa Esperança.

O Incaper vem recomendando clones para plantio desde 1980, classificados em escalas de recomendações, baseado em informações de bom desempenho obtidas na rede de ensaios de pesquisa de competição de clones distribuídos no Estado e seringais comerciais. No ano de 2000, o Incaper introduziu cerca de 60 novos clones de seringueira, provenientes de diversas intuições de pesquisa do Brasil e do Mundo, como Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Companhia Ford no Brasil, *Rubber Research Institute of Malaysia* (RRIM), Prang Besar, Malásia, Profestation voor Rubber e Gondang Tapen, ambas na Indonésia.

O clone FX 3864, introduzido no Estado em 1978 pelo Incaper para atender ao PROBOR II, Segundo Programa de Incentivo à Produção de Borracha Natural, ainda permanece como principal clone recomendado para plantio. Ele se destaca pela adaptabilidade às

diferentes condições edafoclimáticas do Estado. Atualmente, cerca de 70% dos plantios no Espírito Santo são com o clone FX 3864.

PINUS

As espécies do gênero *Pinus* ainda são pouco plantadas no Estado. Estima-se uma área de 3.000 ha concentrados na região serrana com a espécie *Pinus elliottii* var. *elliotti*.

Essa é a espécie mais indicada para implantação nas regiões com altitudes acima de 500 m, onde as temperaturas são mais amenas. As áreas com aptidão para o plantio dessa espécie abrangem grande parte da região serrana do Estado, principalmente aquelas áreas mais elevadas, onde a temperatura do ar é mais baixa e a deficiência hídrica pequena.

Para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, as áreas com aptidão para implantação no Espírito Santo são mais abrangentes que as inaptas. As áreas aptas compreendem principalmente grande parte do norte e locais próximos ao litoral, onde a deficiência hídrica e as temperaturas do ar são bem mais elevadas.

Um grande desafio tem sido buscar espécies florestais não tradicionais visando a atender aos diferentes mercados de madeira. Atualmente, as espécies economicamente viáveis são exóticas ao Bioma Mata Atlântica e, por serem culturas de longo prazo, pouca pesquisa vem sendo realizada, não somente no Estado, mas em todo o Brasil.

No entanto, iniciativas nesse sentido vêm aumentando ao longo dos anos e no Espírito Santo podemos citar dois projetos de grande porte.

O primeiro é o projeto Florestas Piloto, uma iniciativa do Governo do Estado por intermédio da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag) e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Seama) juntamente com a iniciativa privada e a academia, o qual, até a presente data, implantou no Município de Alegre, no ano de 2010, uma unidade de 50 ha das dez previstas.

Outra iniciativa é o projeto Biomata Mata Atlântica, o qual, em Linhares, implantou, a partir de 2013, uma Unidade Demonstrativa em uma fazenda com de

cerca de 30 ha, com 27 subprojetos coordenados por pesquisadores de diversas instituições de pesquisa, como Embrapa, Incaper, Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Universidade Estadual do Norte Fluminense (Uenf), entre outras. Nesse projeto, existem experimentos com diversas espécies nativas da Mata Atlântica, e os pesquisadores já vêm colhendo excelentes resultados, mas ainda muito incipientes devido ao longo ciclo das espécies arbóreas. Além disso, para que uma espécie torne-se economicamente viável, é importante que seja desenvolvido um programa de melhoramento específico, sendo necessárias algumas gerações, ou seja, são projetos de longo prazo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas têm sido um problema real e notório no Espírito Santo, levando a períodos de secas mais prolongados, má distribuição de chuvas, elevação da temperatura e maior incidência de pragas e doenças. Essas adversidades têm interferido no desempenho das diferentes espécies agrícolas no Estado provocando desequilíbrio nos ambientes, prejuízo econômico e instabilidade aos produtores, além de afetar a sustentabilidade do setor agropecuário capixaba.

O trabalho de pesquisa contínuo de melhoramento genético desenvolvido pelo Incaper, em parceria com outras instituições capixabas e brasileiras, proporcionou a obtenção e recomendação de cultivares de diferentes espécies para os variados ambientes capixabas. Essas cultivares têm sido a base das plantações do Espírito Santo.

Devido à variabilidade topográfica, de ambientes, condições agroclimáticas, tipos e níveis tecnológicos dos produtores, além da busca por uma melhor convivência com a seca, serão necessários maiores esforços multidisciplinares e interinstitucionais. A ampliação da base genética, manutenção e caracterização de germoplasma, melhor compreensão da interação genótipo x ambiente e dos mecanismos de tolerância à seca, associados às estratégias de melhoramento convencional

com a biotecnologia, fisiologia, entre outras áreas correlatas, poderão acelerar a obtenção de resultados aplicados minimizando, assim, os efeitos negativos da seca.

O plantio de cultivares obtidas e/ou recomendadas para o Estado, associado ao uso de outras práticas agrônômicas, como o preparo de solo, adubação e calagem, manejo e conservação de solo, quebra-vento, caixas-secas e manejo de irrigação, poderão oferecer condições mais adequadas para que as plantações convivam com a seca, proporcionando, assim, melhor sustentabilidade das diferentes atividades agrícolas do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

- AGERH - Agência Estadual de Recursos Hídricos. Resolução Agerh 006/2015. **Diário Oficial do Estado de Espírito Santo**, Vitória, p. 27.28, 6 out. 2015.
- ALVES, P. A. et al. Transformação genética de milho utilizando o gene AtDREB2A visando tolerância à seca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30. 2014, Salvador. **Anais...** Salvador, BA, 2014, 4p.
- ARAÚJO, G. L. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011.
- ASSEFA, T. et al. Pod harvest index as a selection criterion to improve drought resistance in white pea bean. **Field Crops Research**, v. 123, p. 24-33, 2013.
- BASSETT, C. L. Water use and drought response in cultivated and wild apples. In: VAHDATI, K.; LESLIE, C. (Eds.). **Abiotic Stress-Plant Responses and Applications in Agriculture**, p. 249-275, 2013.
- BEEBE, S. E. et al. Phenotyping common beans for adaptation to drought. **Frontiers in Physiology**, v. 4, p. 1-20, 2013.
- BOARI, A. de J. **Avaliação do banco ativo de germoplasma de pimenteira-do-reino quanto a virose e elaboração de estratégia de controle**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 22 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 343).
- BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science**, v. 218, n. 4571, p. 443-448, 1982.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, 9 jan. 1997.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Cafés do Brasil**. Levantamento da safra de café: Safra 2016, primeira estimativa, janeiro/2016. Brasília: Conab, 2016. 58 p.

CATTANEO, L. F. et al. '**Rubi Incaper 511**': primeira variedade de mamão do grupo Formosa para o Espírito Santo. Vitória: Incaper, 2010. (Documentos, 187).

COSTA, A. F. S. da et al. **Recomendação de cultivares de morangueiro: 'Aromas' e 'Diamante'**. Vitória: Incaper, 2009. (Documentos, 174).

CHESEREK, J. J.; GICHIMU, B. M. Drought and heat tolerance in coffee: a review. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v. 2, n. 12, p. 498-501, 2012.

DaMATTA, F. M. Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. **Advances in Plant Physiology**, v. 5, p. 227-265, 2003.

DaMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 55-81, 2006.

DaMATTA, F. M. et al. Eficiência do uso da água e tolerância à seca em *Coffea canephora*. SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 1., Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa Café, Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v.

FERRÃO, M. A. G. et al. **Técnicas de produção de café arábica:** renovação e vigoramento das lavouras no Estado do Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 2008. 56 p (Incaper. Circular Técnica 05-1).

FERRÃO, M. A. G. et al. Desempenho de genótipos de café arábica avaliados na região do Caparaó capixaba. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador, BA. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2013.

FERRÃO, R. G. et al. Avaliação de clones de café conilon em condições de estresse hídrico no Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2000a. p. 402-404.

FERRÃO, R. G. et al. Comportamento de clones elites de café conilon em condições de alta tecnologia no Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2000b. p. 769-771.

FERRÃO, R. G. et al. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 203-225. Cap. 7.

FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007a. 702 p.

FERRÃO, R. G. et al. Melhoramento genético de *Coffea canephora*. In: FERRÃO et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007b. p. 122-172. Cap. 5.

FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon:** técnicas de produção com variedades melhoradas. 4. ed. revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2012. 74 p. (Incaper, Circular Técnica).

FERRÃO, R. G. et al. Café conilon: cultivares melhoradas sustentáveis. **Revista Incaper**, Vitória, ES: Incaper, v. 4, p. 78-83, p. 78-83.

FERRÃO, R. G. et al. Cultivares. In: FONSECA, A.; SAKIYMA, N.; BOREM, A. (Ed.). **Café conilon do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015. 257 p.

FRACASSO, A.; TRINDADE, L.; AMADUCCI, S. Drought tolerance strategies highlighted by two *Sorghum bicolor* races in a dry-down experiment. **Journal of Plant Physiology**, v. 190, p.1-14, 2016.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, p. 29-38, 2011.

_____. Ômicas: abrindo a "caixa preta" do fenótipo. In: BORÉM, A.; FRITSCHÉ-NETO, R. (Ed.). **Ômicas 360°:** aplicações e estratégias para o melhoramento de plantas. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. p. 9-22.

GAIA J. M. D. et al. Caracterização de acessos de pimenta-do-reino com base em sistemas enzimáticos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 333-342, 2007.

GANANÇA, J. F. T. et al. Screening of elite and local taro (*Colocasia esculenta*) cultivars for drought tolerance. **Procedia Environmental Sciences**, v. 29, p. 41-42, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 29 dez. 2015.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Relatório anual de fruticultura 2013-2014, 2014a**, 158 p.

_____. Pesquisa Agropecuária: a trajetória do conhecimento científico no Espírito Santo. **Incaper em Revista**. Vitória, ES: Incaper, v. 4, p.45-47, 2014b.

JESUS JUNIOR, W. C. de et al. Aquecimento global e o potencial impacto na agricultura. In: COSTA, A. de F. S. da; COSTA, A. N. da. (Org.). CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008. Vitória. **Anais ...** Vitória: Incaper, 2008.

JOY, N.; ABRAHAM, Z.; SONIYA, E. V. A preliminary assessment of genetic relationships among agronomically important cultivars of black pepper. **BioMed Central Genetics**, v. 42, n.8, p. 1-7, 2007.

JUHÁSZ, A. C. P. et al. Genética e melhoramento: desenvolvimento e introdução de novas cultivares com tolerância ao déficit hídrico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 285, p. 31-39, 2015.

KRISHNAMURTHY, K. S.; SAJI, K. V. Response of *Piper* species to water stress. **Indian Journal of Horticulture**, v. 63, n. 4, p. 433-438, 2006.

KRISHNAMOORTHY, B.; PARTHASARATHY, V. A. Improvement of black pepper. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 5, n. 3, p. 1-12, 2010.

MAGRIN, G. O. et al. Central and South America. In: BARROS, V. R. et al. (Ed.). **Climate Change 2014:** impacts, adaptation, and

vulnerability. part b: regional aspects. Contribution of working group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1499-1566, 2014.

MANSO, T. C. **Expressão de genes cloroplastidiais de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em resposta à seca.** 2014.

95 f. Dissertação (Mestrado em Genética) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco. 2014.

MARRACCINI, P. et al. Differentially expressed genes and proteins upon drought acclimation in tolerant and sensitive genotypes of *Coffea canephora*. **Journal of Experimental Botany**, 2012. p. 103.

MORAIS, A.T. **Clonagem e estudo funcional do promotor do gene DREB da mamoneira (*Ricinus communis* L.).** 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2008.

NAGHAVI, M. R.; ABOUGHADAREH, A. P.; KHALILI, M. Evaluation of Drought Tolerance Indices for Screening Some of Corn (*Zea mays* L.) Cultivars under Environmental Conditions. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 5, n. 3, p. 388-393, 2013.

NEPOMUCENO, A. L. et al. Estratégias de engenharia genética para tolerância à seca em plantas através da expressão de fatores de transcrição. In: SIMPÓSIO SOBRE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS: ADAPTANDO AS CULTURAS AO CLIMA DO FUTURO. 2010. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. **Comunicado Técnico 265**, p.103-109. 2011.

NOBREGA, A. C.; GOMES, J. A.; ARLEU, R. **Banana 'Mysore':** uma alternativa para o bananicultor capixaba. Vitória, ES: Emcapa, 1986. (Emcapa. Documentos, 49).

NOBREGA, A. C. et al. **'Emcapa 602 – Ouro da Mata':** mais uma alternativa para o bananicultor capixaba. Vitória, ES: Emcapa, 1990. (Emcapa. Documentos, 70).

ORTOLANI, A. A.; PINTO, H. S.; PEREIRA, A. R.; ALFONSI, R. R. **Parâmetros climáticos e a cafeicultura.** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1970. 27 p.

PATERNIANI, M. E. A. G.; GUIMARÃES, P. S.; BERNINI, C. S.; GALLO, P.B. Caracteres secundários relacionados à tolerância à seca em progênies de irmãos germanos interpopulacionais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 130-144, 2015.

PRADEEPKUMAR Y, et al. Analysis of genetic diversity in *Piper nigrum* L. using RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 50, n. 5, p. 469-475, 2003.

PRASATH, D. et al. (Ed.). Annual Report 2014/15, ICAR-Indian Institute of Spices Research, Kozhikode, Kerala, India, 2015. 102 p.

REIS, R. R. **Plantas de cana-de-açúcar transformadas com Z-mRab17:AtDREB2A CA para tolerância à seca.** 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2013.

RODRIGUES, W. N. **Caracterização morfofisiológica e biométrica de genótipos de *Coffea arabica* em sistema**

adensado. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. 2014.

SABADIN, P. et al. Studying the genetic basis of drought tolerance in sorghum by managed stress trials and adjustments for phenological and plant height differences. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 124, p. 1389-1402, 2012.

SCHNEIDER, K. A. et al. Improving common bean performance under drought stress. **Crop Sci**, v. 37, p. 43-50, 1997.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 221-227, 2007.

SILVA, V. A. et al. Resposta fisiológica de clone de café conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em portaenxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p. 457-464, 2010.

SILVEIRA, R. D. D. **Análise do transcriptoma de arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.) cultivado sob condição de seca.** 2014. 114 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Goiás. 2014.

THANKAMANI, C. K.; ASHOKAN, P. K. Solute accumulation in black pepper (*Piper nigrum* L.) varieties in response to water stress. **Indian Journal of Horticulture**, v. 61, n. 1, p. 74-77, 2004.

THOMAS, L.; RAJEEV, P. **Black Pepper:** extension pamphlet. Cochin: Printers Castle, 2015.

SILVEIRA, R. D. D. et al. Estudos genômicos de tolerância à seca em arroz: uma breve revisão. **Multi-Science Journal**, v. 1, p. 62-69, 2015.

VASANTHA, S. **Physiological and biochemical studies on drought tolerance in black pepper (*Piper nigrum* L.) cultivars.** National Research Centre for Spices Calicut, Thesis, University of Calicut, 1996.

VENTURA, J. A. et al. **Vitória:** nova cultivar de abacaxi resistente à fusariose. Vitória: Incaper, 2006. (Incaper. Documentos, 148).

VENTURA, J. A. et al. **Vitória e Japira:** novas cultivares de bananeira. 4. ed. Vitória: Incaper. 2011. (Incaper. Documentos, 142.)

VENTURA, J. A. et al. **Tropical:** cultivar de banana tipo maçã para o Espírito Santo. Vitória: Incaper, 2013. (Incaper. Documentos 223).

VIJAYAKUMARI, K.; PUTHUR, J. T. γ -Aminobutyric acid (GABA) priming enhances the osmotic stress tolerance in *Piper nigrum* Linn. plants subjected to PEG-induced stress. **Plant Growth Regulation**, 2015.

WANG, J.; ARAUS, J. L.; WAN, J. Breeding to optimize agriculture in a changing world. **The Crop Journal**, v. 3, n. 3, p.169-173, 2015.

XU, J. et al. Identification of candidate genes for drought tolerance by whole-genome resequencing in maize. **BMC Plant Biol.**, v.14, p.1-15, 2014.