



# INFORME AGROPECUARIO

v. 36 - n. 285 - 2015

ISSN 0100-3364



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
Governo de Minas Gerais



## Estratégias para convivência com o déficit hídrico





10  
anos

IRRIGER

10 ANOS DE  
INTELIGÊNCIA DE IRRIGAÇÃO

WWW.IRRIGER.COM.BR

UMA EMPRESA DO GRUPO **valmont** 



## Apresentação

A disponibilidade hídrica é um fator primordial para o desenvolvimento da humanidade. Na agricultura, em especial, a água é indispensável para o bom desenvolvimento e produtividade dos cultivos.

O Brasil pode ser considerado privilegiado, no que se refere à disponibilidade de recursos hídricos. Entretanto, sua distribuição geográfica e temporal de ocorrência de chuvas e as mudanças climáticas observadas recentemente levaram a déficits hídricos em importantes regiões produtoras do País, onde a escassez de água não era comum.

No passado, as secas no Brasil concentravam-se no chamado Polígono das Secas que abrange a Região Nordeste do País, além do Norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Porém, recentemente, a escassez de água atingiu níveis alarmantes em regiões onde isso não era frequente, como no estado de São Paulo e nas regiões Sul de Minas e Zona da Mata mineira. Portanto, estratégias para a resistência aos estresses hídricos e para a convivência com a ocorrência de déficit hídrico tornaram-se de importância para, praticamente, todas as regiões de Minas Gerais e do Brasil.

Assim, esta edição do Informe Agropecuário foi proposta pela EPAMIG, na condição de articuladora do Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária, em resposta à crise hídrica. Esta publicação traz informações esclarecedoras sobre a natureza dos déficits hídricos observados, suas implicações, e apresenta tecnologias e práticas de manejo agropecuários disponíveis, para que se possa melhor gerenciar os importantes recursos hídricos em situações de escassez.

Fúlvio Rodriguez Simão  
Editor Técnico

# Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v. 36 n. 285 2015

Belo Horizonte-MG

## Sumário

<b>EDITORIAL</b> .....	3
<b>ENTREVISTA</b> .....	4
<b>Agroclimatologia: variações do clima, seca e sustentabilidade da agricultura</b> <i>Williams Pinto Marques Ferreira e Marcos Antônio Vanderlei Silva</i> .....	9
<b>Irrigação: manejo eficiente da água na agricultura irrigada em cenários de escassez hídrica</b> <i>Fúlvio Rodriguez Simão e Abílio José Antunes</i> .....	20
<b>Genética e melhoramento: desenvolvimento e introdução de novas cultivares com tolerância ao déficit hídrico</b> <i>Ana Cristina Pinto Juhász, Aurinelza Batista Teixeira Condé, Ester Alice Ferreira, Fúlvio Rodriguez Simão, Lilian Cristina Andrade de Araujo Teixeira e Vânia Aparecida Silva</i> .....	31
<b>Convivência com o Semiárido: introdução de novas espécies, cultivares e desenvolvimento de tecnologias para a agropecuária</b> <i>Alnusa Maria de Jesus, João Batista Ribeiro da Silva Reis, Domingos Sávio Queiroz, Adriana Madeira Santos Jesus, Paulo Emílio Rodrigues Donato, Ariane Castricini e Nívio Poubel Gonçalves</i> .....	40
<b>Cafecultura: convivência do Arábica com a seca e introdução do café Conilon em regiões alternativas de Minas Gerais</b> <i>Cesar Elias Botelho, João Paulo Felicori Carvalho, Régis Pereira Venturin, Vânia Aparecida Silva, Rodrigo Luz da Cunha e Waldênia de Melo Moura</i> .....	58
<b>Produção de café cereja descascado com gasto mínimo de água</b> <i>Sammy Fernandes Soares, Aldemar Polonini Moreli, Sérgio Maurício Lopes Donzeles, Juarez de Souza e Silva e Douglas Gonzaga Vitor</i> .....	67
<b>Uso do Zoneamento Ambiental e Produtivo na priorização de áreas para aplicação de recursos em Sub-Bacias Hidrográficas</b> <i>Amarildo José Brumano Kalil, Thales Rodrigo do Carmo Pinto e Roberta Almeida</i> .....	78
<b>Efeito do deplecionamento sobre a atividade aquícola em reservatórios: o caso de Três Marias</b> <i>Vicente de Paulo Macedo Gontijo, Elizabeth Lomelino Cardoso e Marley Lamounier Machado</i> .....	91
<b>Balanco de energia e produtividade da água em larga escala: caracterização, modelagem e aplicação no Norte de Minas Gerais</b> <i>Antônio Heriberto de Castro Teixeira, Ricardo Guimarães Andrade, Janice Freitas Leivas, Daniel de Castro Victoria e Edson Luis Bolfe</i> .....	101
<b>Geociências agrárias e ambientais e o déficit hídrico</b> <i>Paulo Pereira Martins Junior e Vitor Vieira Vasconcelos</i> .....	109

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 36	n. 285	p. 1-120	2015
----------------------	----------------	-------	--------	----------	------

© 1977 Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

#### CONSELHO DE PUBLICAÇÕES

*Rui da Silva Verneque*

*Trazilbo José de Paula Júnior*

*Marcelo Abreu Lanza*

*Vânia Lúcia Alves Lacerda*

#### COMISSÃO EDITORIAL DA REVISTA INFORME AGROPECUÁRIO

*Trazilbo José de Paula Júnior*

*Marcelo Abreu Lanza*

*Sanzio Mollica Vidigal*

*Vânia Lúcia Alves Lacerda*

#### EDITOR TÉCNICO

*Fúlvio Rodriguez Simão*

#### CONSULTOR TÉCNICO-CIENTÍFICO

*João Batista Ribeiro da Silva Reis (EPAMIG-Norte de Minas)*

#### PRODUÇÃO

#### DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

##### EDITORA-CHEFE

*Vânia Lúcia Alves Lacerda*

##### DIVISÃO DE PUBLICAÇÕES

*Fabriciano Chaves Amaral*

##### REVISÃO LINGUÍSTICA E GRÁFICA

*Maria Lourdes de Aguiar Machado, Marlene A. Ribeiro Gomide e*

*Rosely A. R. Battista Pereira*

##### NORMALIZAÇÃO

*Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira*

##### PRODUÇÃO E ARTE

**Diagramação/formatação:** *Ângela Batista P. Carvalho, Fabriciano Chaves Amaral, Maria Alice Vieira e Bárbara Niriz O. Maciel (estagiária)*

##### Coordenação de Produção Gráfica

*Ângela Batista P. Carvalho*

**Capa:** *Ângela Batista P. Carvalho*

**Foto da capa:** *Elizabeth Lomelino Cardoso*

**Publicidade:** *Décio Corrêa*

(31) 3489-5088 - deciocorreia@epamig.br

**Contato - Produção da revista**

(31) 3489-5075 - dpit@epamig.br

**Impressão:** *EGL Editores Gráficos Ltda.*

**Circulação:** *Agosto 2015*

## Informe Agropecuário é uma publicação bimestral da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

#### AQUISIÇÃO DE EXEMPLARES

**Departamento de Planejamento e Coordenação**

**Divisão de Gestão e Comercialização**

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3489-5002

www.informeagropecuario.com.br; www.epamig.br

publicacao@epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

**Assinatura anual: 6 exemplares**

#### DIFUSÃO INTERINSTITUCIONAL

*Dorotéia Resende de Moraes e Maria Lúcia de Melo Silveira*

*Biblioteca Professor Octávio de Almeida Drumond*

(31) 3489-5073 - biblioteca@epamig.br

EPAMIG Sede

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .  
v.: il.

Bimestral

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

**Governo do Estado de Minas Gerais  
Secretaria de Estado de Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

Governo do Estado de Minas Gerais  
Fernando Damata Pimentel  
Governador

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
João Cruz Reis Filho  
Secretário



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

**Conselho de Administração**

João Cruz Reis Filho  
Rui da Silva Verneque  
Maurício Antonio Lopes  
Marco Antonio Viana Leite  
Glênio Martins de Lima Mariano  
Evandro do Carmo Guimarães  
Maria Lélia Rodriguez Simão  
Osmar Aleixo Rodrigues Filho  
Reginério Soares Faria

**Conselho Fiscal**

Márcio Maia de Castro  
Márcio da Silva Botelho  
Rita de Cássia Simas Pereira  
Júlio César Aguiar Lopes  
Larissa Gonçalves da Matta  
Manoela Muniz Pedrosa

**Presidência**

Rui da Silva Verneque

**Diretoria de Operações Técnicas**

Trazilbo José de Paula Júnior

**Diretoria de Administração e Finanças**

Enilson Abrahão

**Gabinete da Presidência**

Maria Lélia Rodriguez Simão

**Assessoria de Assuntos Executivos**

Leandro Fonseca Viana Cruz

**Assessoria de Comunicação**

Fernanda Nívea Marques Fabrino

**Assessoria de Contratos e Convênios**

Eliana Helena Maria Pires

**Assessoria de Desenvolvimento Organizacional**

Felipe Bruschi Giorni

**Assessoria de Informática**

Silmar Vasconcelos

**Assessoria Jurídica**

Valdir Mendes Rodrigues Filho

**Assessoria de Relações Institucionais**

**Assessoria de Unidades do Interior**

Janaina Gomes da Silva

**Auditoria Interna**

Maria Sylvia de Souza Mayrink

**Departamento de Compras e Almoxarifado**

Mauro Lúcio de Rezende

**Departamento de Contabilidade e Finanças**

Carlos Frederico Aguiar Ferreira

**Departamento de Engenharia**

Antônio José André Caram

**Departamento de Informação Tecnológica**

Vânia Lúcia Alves Lacerda

**Departamento de Logística**

José Antônio de Oliveira

**Departamento de Pesquisa**

Marcelo Abreu Lanza

**Departamento de Planejamento e Coordenação**

Renato Damasceno Netto

**Departamento de Recursos Humanos**

Flávio Luiz Magela Peixoto

**Instituto de Laticínios Cândido Tostes**

Leandro Fonseca Viana Cruz e Vanessa Aglaê M. Teodoro

**Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo**

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

**EPAMIG Sul de Minas**

Rogério Antônio Silva

**EPAMIG Norte de Minas**

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

**EPAMIG Zona da Mata**

Sanzio Mollica Vidigal e Adriano de Castro Antônio

**EPAMIG Centro-Oeste**

Wânia dos Santos Neves e Waldênia Almeida Lapa Diniz

**EPAMIG Triângulo e Alto Paranaíba**

José Mauro Valente Paes e Irenilda de Almeida

# O papel da pesquisa agropecuária diante do déficit hídrico

As mudanças climáticas evidenciadas nos últimos tempos motivaram discussões em todo o mundo em fóruns, como o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), criado em 1988, pelas Nações Unidas (ONU), com foco no aquecimento global, e laureado com o Prêmio Nobel da Paz em 2007. Em termos gerais, a mudança climática pode ser causada por processos naturais, e, realmente, em tempos remotos, a Terra sofreu variações importantes no clima, como os períodos glaciais. Contudo, a mudança recente é, sobretudo, influenciada pelas atividades humanas.

O Brasil está diante de uma conjuntura de escassez de recursos hídricos, mesmo sendo um dos países com a maior reserva de água doce do mundo. Isto deixa claro que as mudanças climáticas podem transformar situações de forma decisiva. Mas as adversidades também podem propiciar soluções mais adequadas para todos. Este é o desafio do momento, que requer mudança de postura de toda a sociedade.

A agricultura, atividade essencial, cujas práticas dependem dos recursos naturais, tem sentido os efeitos do déficit hídrico, com consequências para produtores e consumidores. A irrigação, prática milenar adotada para equilibrar os efeitos do déficit hídrico nas culturas, mesmo sendo responsável pela maior parcela do uso desses recursos, também é a maior oportunidade para a melhoria da eficiência no uso de água. Este desafio envolve, também, o uso de conhecimento e de tecnologias.

Assim, a pesquisa agropecuária destaca-se como principal aliada no enfrentamento da crise hídrica e numa mudança de visão sobre uma atividade que se pode tornar um agente de preservação dos recursos naturais. Com o objetivo de difundir tais informações, esta edição do Informe Agropecuário aborda o melhoramento genético e a disponibilização de genótipos com tolerância ou resistência ao estresse hídrico; experiências do Semiárido brasileiro que já convive com a escassez hídrica e o elevado potencial produtivo de espécies dessa região; estratégias de aclimação do cafeeiro à seca e uso de espécies mais adaptadas; consumo hídrico racional e aproveitamento da água residuária nos processos e o uso de metodologias como o Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) que pode auxiliar a sociedade em uma melhor gestão e no manejo dos recursos hídricos.

Este tema atual e oportuno vem coroar o trabalho feito, há 40 anos, pelo Informe Agropecuário. Agradecemos aos autores que contribuíram para a realização deste trabalho, e aos empregados da EPAMIG, responsáveis pela produção e difusão da Revista.

Asseguramos que o Informe Agropecuário estará sempre a serviço dos produtores rurais, e da sociedade, divulgando a inovação e contribuindo para o desenvolvimento da agropecuária de Minas Gerais e do Brasil.

Rui da Silva Verneque  
Presidente da EPAMIG

# A gestão dos recursos hídricos é responsabilidade de todos



O presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid), Helvecio Mattana Saturnino, é engenheiro-agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado pela Purdue University, Estados Unidos. Empreendedor e consultor, desempenhou atividades nos setores público e privado, atuando na gestão, promoção e desenvolvimento da pesquisa agropecuária, bem como nos arranjos produtivos e comerciais. No início da década de 1970, articulou, organizou e coordenou o Programa Integrado de Pesquisas Agropecuárias do Estado de Minas Gerais (Pipaemg), base para a capacitação de técnicos, profissionais da pesquisa e professores em trabalhos cooperativos e conjuntos com universidades, com ênfase na pós-graduação e experimentação com produtores. Promoveu a transformação do Pipaemg na EPAMIG, da qual foi o primeiro presidente. Coordenou o Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária, do qual faziam parte Ufla, UFV, UFMG e Embrapa. Foi presidente da Associação do Plantio Direto no Cerrado (APDC), com amplo trabalho cooperativo visando ao fomento do Sistema Plantio Direto (SPD) nos trópicos. Foi um dos idealizadores da Revista Informe Agropecuário e é o atual editor da Revista Item - Irrigação e Tecnologia Moderna. À frente da Abid, vem realizando parcerias itinerantes anuais pelo Brasil, com abordagens que vão do local ao internacional, sempre com o foco na segurança hídrica, alimentar e no bem-estar da população.

**IA -** *Como a escassez hídrica verificada recentemente, não só nas regiões semiáridas, mas também em outras partes do Brasil, mudou a percepção da população com relação aos recursos hídricos?*

**Helvecio Mattana Saturnino** - Quando ocorre racionamento de água e fecham-se as torneiras da maioria da população que se concentra nos centros urbanos (cerca de 84%), e as pessoas se veem privadas desse recurso vital, é que se começa a ter uma verdadeira noção do problema. O choque é muito maior quando atinge a população urbana, que sente os efeitos da escassez, pelo racionamento da água e, também, pelo seu descontrole, com as enchentes ocasionadas pela impermeabilização das cidades. Toda a sociedade responde a esse choque por meio da mídia e por várias outras formas de discussão existentes. Mas o que não se percebe

é que há uma conta muito mais cara que está sendo paga agora. Quando se fecham as torneiras nas cidades, a sociedade não imagina que o produtor rural já está sofrendo para vencer essas intempéries e lutando para manter sua produção. A população já está pagando por isso hoje, com alimentos mais caros. O mais importante neste momento de crise é que a área urbana compreenda o papel relevante do agricultor na proteção dos aquíferos e conservação do solo e da água.

**IA -** *A agricultura, eventualmente, é vista como vilã da crise hídrica, principalmente por causa da grande captação de água pela irrigação, mas, ao mesmo tempo, é no meio rural que 75% ou mais das águas da chuva são captadas. Qual a importância da reservação de água no meio rural para a gestão dos recursos hídricos e da irrigação?*

**Helvecio Mattana Saturnino** - Mesmo diante de muitas informações desencontradas há muito aprendizado. Trabalhar bem o espaço rural, com boas práticas, entendendo que solo e água são recursos indissociáveis, que é preciso manejá-los para fazer a recarga de aquíferos, é um benefício para toda a sociedade e requer investimentos e permanentes ações. Saber que a velocidade de infiltração básica (VIB) é um parâmetro necessário para se irrigar bem e evitar o escoamento superficial, é também um sábio indicador para segurar os excedentes das chuvas torrenciais, provocadoras de erosões e enchentes, com todos os seus malefícios. Esta é a grande ciência da boa gestão das propriedades. Trabalhar a agricultura irrigada: reconhecendo o solo como uma caixa d'água que a planta precisa para se desenvolver, e usar todos os fundamentos para o bom manejo da irrigação e a vital

produção de alimentos. Em um segmento com produtores dispersos, com diferenças enormes nas oportunidades e cada família com suas dificuldades, fica mais fácil culpar a agricultura. Ineficiências e perdas acontecem em todos os setores e precisam ser tratadas com competência. Ter perda zero na distribuição da água tratada, que custa muito no urbano, todos querem. É um alto investimento e as perdas são da ordem de 40% a 50% em grandes centros. A evaporação em grandes represas para atender às hidrelétricas é enorme. Todos utilizam água para atender à sociedade, e há muito para ser melhorado de forma inteligente e integrada, com as devidas capacidades de investimento, seja na educação, seja nas diversas infraestruturas necessárias para se lograr melhores ganhos. As reservas superficiais das águas devem ser estimuladas nas propriedades, nas bacias hidrográficas, de forma equilibrada, proporcionando melhor uniformização do fluxo hídrico ao longo do ano, com melhor atendimento a todos os usuários.

**IA - Qual é o papel da Abid no melhor uso da irrigação no Brasil?**

**Helvecio Mattana Saturnino** - O permanente trabalho da Abid é o de juntar forças e competências em favor do desenvolvimento dos negócios da agricultura irrigada, com ações que vão do local ao internacional, com articulações entre setores públicos e privados, pessoas físicas e jurídicas interessadas nesse empreendimento, com seus melhoramentos, inovações, desenvolvimentos científicos, tecnológicos, de logística e mercantis, tendo a água como centro de muitas atenções, por ser um vetor que proporciona diferenciadas e positivas mudanças para toda a sociedade. Nessa mais recente história das parcerias anuais da Abid com uma das Unidades da Federação, desde a virada do milênio, já foram conquistadas repetições, com Estados que se candidatam novamente para essa empreitada anual. São acontecimentos estimuladores para a continuidade desses trabalhos cooperativos. Isto fortalece a convicção do alcance

e da importância de atentarmos para o que são as boas práticas, os bons exemplos e o que está acontecendo no campo, como um virtuoso negócio para toda a sociedade. A introdução da agricultura irrigada nas propriedades, independentemente da escala de cada empreendimento, é um desafio que requer persistentes trabalhos. Há muito de exemplos a ser visto no Brasil e mundo afora, que alcançaram expressivos avanços socioeconômicos e ambientais. A Abid precisa fazer muito mais e ter a dimensão necessária para isso, mas o trabalho em curso tem sido estimulante, mesmo que ainda muito acanhado.

**IA - Como a "crise hídrica" tem influenciado na implementação das políticas nacional e estadual de irrigação?**

**Helvecio Mattana Saturnino** - Há uma maior atenção para o potencial do trabalho de formiguinha, com as chamadas pequenas e médias represas de terra que, além dos benefícios socioeconômicos, têm positivos alcances ambientais. Trata-se de somar com as boas práticas de conservação dos recursos naturais, englobando produtores de todos os portes. Mas isso não significa fortalecimento e implementação de consistentes políticas. Observa-se mais facilmente, diante a crise, a necessidade de juntar forças nesse sentido, de melhor aproveitar os conhecimentos existentes para vencer esses desafios, de ter políticas com esse bom entendimento sobre a gestão integrada das bacias hidrográficas, de melhor entender esse papel do espaço rural, com os devidos reconhecimentos e estímulos aos produtores. Segurança hídrica, alimentar, energética e de bem-estar das populações nas bacias hidrográficas requer essa implementação política. As expectativas são para que tais políticas sejam implementadas nas dimensões que essas ameaças tanto exigem.

**IA - Como a geração de conhecimento e o desenvolvimento, adaptação e adoção de novas tecnologias podem influenciar na forma de manejarmos as águas em períodos de seca?**

**Helvecio Mattana Saturnino** - Há muito a ser conquistado para mitigar os riscos dos perversos e esporádicos veranicos, bem como utilizar fatores de produção ao longo de todo o ano, com mais geração de riquezas e empregos, com uma agricultura irrigada para atender explorações animais e vegetais. O Brasil irriga cerca de 20% da área irrigada nos Estados Unidos e 10%, da área irrigada na Índia ou na China. Com acordos interministeriais, com exemplos históricos, como o da EPAMIG em integração com as universidades, a pós-graduação, as articulações com a Embrapa, o ambiente brasileiro para fazer prosperar o negócio da agricultura irrigada é privilegiado e requer prontas e vigorosas tomadas de decisões. Com as empresas de equipamentos de irrigação existentes no Brasil, essa visão mundial do negócio da agricultura irrigada tem permitido avaliar o que há de mais avançado no mundo, com o empreendedor precisando de conhecimentos, para ser mais competitivo em um mundo globalizado. Isso sempre provoca a necessidade de mais pesquisas voltadas para as necessidades específicas de cada região, com muito a explorar e conhecer nas privilegiadas condições edafoclimáticas brasileiras. Investir em mais e mais conhecimentos é imprescindível. Juntar forças para melhorar a gestão, aplicando conhecimentos existentes, usando bons exemplos já em prática, é um permanente desafio. Precisamos ampliar a capacitação de pessoas, ter as melhores soluções para fomentar até a pequena horta, em rincões de pobreza e escassez de água. Se queremos mais eficiência no uso da água em todos os setores, se almejamos perda zero de água, temos que investir em diversas áreas, avaliando os melhores retornos, com prioridades bem claras, pois a água é vital na produção de alimentos.

**IA - Como apoiar o produtor rural diante do risco agrícola?**

**Helvecio Mattana Saturnino** - Ao cuidarmos da água para a melhor produção de alimentos, de fibras e de energia, com

as possibilidades de alocá-la para atender empreendimentos calcados na agricultura irrigada, descortina-se a oportunidade de ter um negócio mais equilibrado em cada propriedade, com mitigação de riscos, explorações também em sequeiro, com as melhores alternativas que possam existir. Essa visão holística precisa ser buscada pela pesquisa, com o foco em uma ampla cesta de produtos de seguros, incluindo-se o de renda. Com a agricultura irrigada, os estudos deverão indicar atrativos para melhor compor negócios com o setor segurador privado, o governo e as necessidades de fortalecer os produtores, para que haja mais segurança e mais atrativos na faina de produzir alimentos e preservar os recursos naturais, com esse virtuoso atendimento para toda a sociedade.

**IA - A adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) também pode ser apontada como uma prática de importância para a convivência com períodos de escassez hídrica? Como a ampliação das áreas com este sistema pode promover uma melhor conservação e manejo da água e do solo?**

**Helvecio Mattana Saturnino** - A história do SPD no Brasil remonta à década de 1960, quando produtores e engenheiros-agrônomo do Sul do Brasil tiveram esse pioneirismo. Devemos muito a todos eles. O SPD, com todos os seus fundamentos é muito virtuoso no processo de conservação e condicionamento dos solos, tanto no aspecto físico como no químico. Esses fundamentos não podem ser esquecidos. Como aliado, o Plantio Direto benfeito, numa área irrigada, vai proporcionar ao produtor menos utilização de água e energia. Vai produzir mais com menos. Mas para que isso funcione, cada vez melhor, precisamos atentar para a qualidade. Não há como usufruir de todos os benefícios se o produtor deixar de lado as práticas mecânicas de segurar a água. Porque o SPD, isoladamente, não tem capacidade de segurar a água que cai em excesso. Quando se trabalha com o SPD e perde-se essa visão, têm-se per-

das imperceptíveis, como uma erosão laminar, agravando-se com o escoamento para mananciais e erosões. O risco desse problema é sério.

**IA - Qual o papel dos sistemas nacional e estadual de pesquisa agropecuária para o desenvolvimento, adaptação e difusão de tecnologias que possibilitem uma melhor convivência com o déficit hídrico?**

**Helvecio Mattana Saturnino** - O desenvolvimento científico e tecnológico é a marca desse século, numa progressão geométrica difícil de acompanhar. O conhecimento que temos, possibilita-nos melhor qualidade de vida, mas isso deve ser universalizado, aproveitado para logarmos um equilibrado desenvolvimento, tendo a água como um dos grandes vetores. É importante maximizar o aproveitamento de recursos humanos, físicos e financeiros em prol dessa evolução. A EPAMIG foi criada dentro dessa visão. Teve o PIPAEMG como berço, em 1971, em um convênio do Estado, sob a coordenação da Secretaria de Agricultura, com as universidades federais em Belo Horizonte, Lavras e Viçosa, e o Ministério da Agricultura, com o Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Centro-Oeste (Ipeaco), com o concurso e apoio de várias outras instituições, que ratificaram esse instrumento, estabelecendo como perene o Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária, após a criação da Embrapa e no momento de instalação da EPAMIG. Nesse contexto, posso citar a difusão da informação como ferramenta poderosa, e a capacidade de a EPAMIG editar a Revista Informe Agropecuário, reconhecida nacional e internacionalmente como uma decodificadora de informações técnico-científicas do setor agropecuário, divulgando tais informações com clareza, para o melhor uso de produtores e de um amplo universo de interessados, dos estudantes aos consultores, dos agentes de ATER, aos formuladores de políticas, lideranças as mais diversas.

**IA - Como um dos idealizadores do Informe Agropecuário, que neste ano completa 40 anos, qual a sua avaliação sobre o papel da revista para o desenvolvimento tecnológico da agropecuária mineira?**

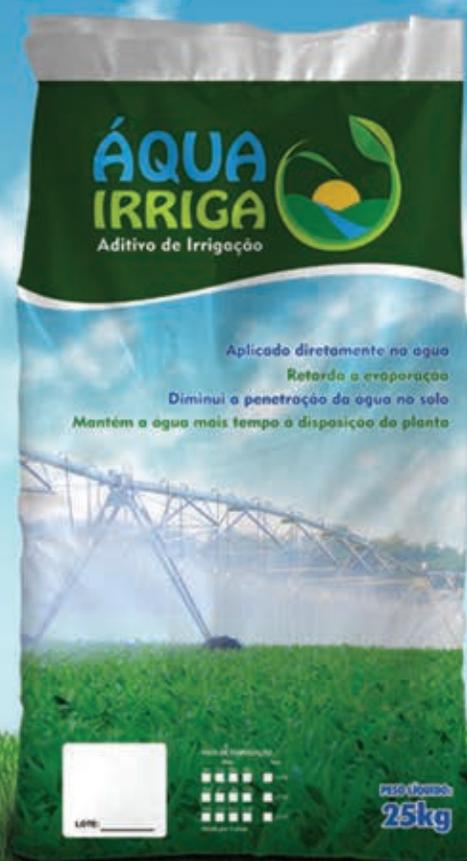
**Helvecio Mattana Saturnino** - Participar desse processo, que entendo como decodificação das informações e sua disponibilização para as práticas comuns, foi muito gratificante e envolveu várias pessoas. Importante foi a tomada de decisão na época, com limitações de toda ordem. Assim, é oportuno lembrar e homenagear, com carinho, muitos colaboradores. Àquela época, em eventuais encontros com Paulo Alvim, cientista brasileiro de larga experiência e projeção mundial, desafiou-me a trazer para trabalhar conosco o Ronald Alvim, um pesquisador que ele preparava para ser seu sucessor, ambos Ph.D. em Fisiologia Vegetal. O brilhante Ronald Alvim, coordenou a primeira edição do Informe Agropecuário, que teve especial foco nos Cerrados, com todas as informações para o desenvolvimento da agricultura dos trópicos. Com essa rica lembrança, homenagear os abnegados trabalhos de coordenadores de cada edição, bem como de colaboradores e dos empregados da EPAMIG, que mantiveram e mantêm essa publicação de alta qualidade, é para mim muito especial. Mas o grande interesse ao conceber a Revista Informe Agropecuário foi tratar de cada assunto de forma mais objetiva e prática possível, principalmente extraindo tudo que podíamos de quem estivesse no setor científico e tecnológico, decodificando informações e colocando-as disponíveis aos usuários, profissionais de campo, produtores rurais, dentre outros. É com muito orgulho que vemos a continuidade desse trabalho e desejamos que continue cada vez melhor.

■ Por Vânia Lacerda

# GEL DE PLANTIO e POLÍMERO DE IRRIGAÇÃO

O fim do Stress Hídrico!

“MAIOR COLHEITA  
POR MILÍMETRO DE ÁGUA”



ENTRE EM CONTATO CONOSCO:

  
ECOAMERICA

Site:

[www.ecoamerica.com.br](http://www.ecoamerica.com.br)

E-mail:

[vendas@ecoamerica.com.br](mailto:vendas@ecoamerica.com.br)

Telefones:

+55 35 3232.3965 - Fixo

35 9745.2040 - Vivo



# Agroclimatologia: variações do clima, seca e sustentabilidade da agricultura

*Williams Pinto Marques Ferreira<sup>1</sup>, Marcos Antônio Vanderlei Silva<sup>2</sup>*

**Resumo** - O atual modelo de desenvolvimento humano, associado ao crescimento populacional, pressiona o aumento da produção de alimentos para atender à população, estimada em 9 bilhões de pessoas, em 2050. Sendo o setor agrícola considerado o maior consumidor de água e um dos mais expostos às condições climáticas, torna-se indispensável a correta administração desse bem tão importante nesse setor. A Organização das Nações Unidas (ONU), visando garantir que a água esteja disponível para as gerações futuras, trabalha com o tema segurança hídrica. Dessa forma, é imprescindível a participação estratégica da Agroclimatologia por meio de avaliação de risco usando índices de secas, probabilidade de atendimento hídrico para o plantio e necessidades hídricas das culturas, visando ao manejo equilibrado dos recursos hídricos, de forma que assegure a continuidade de acesso a esse bem, possibilitando a sustentabilidade da agricultura.

**Palavras-chave:** Recurso hídrico. Déficit hídrico. Variação climática. Mudança climática. Fenômeno meteorológico. Índices de seca. Climatologia agrícola. Segurança alimentar.

## INTRODUÇÃO

Diante da presente conjuntura da escassez dos recursos hídricos, há que se aproveitar o momento como decisivo para a mudança de postura, tanto por parte da população, com seu modelo insustentável de consumo, quanto por parte do poder público, no atual modelo de gestão da água. A perturbação que obriga à reorganização de toda a sociedade é, hoje, encarada como uma crise. Todavia, a redução dos recursos hídricos não é algo efêmero, pois a raiz do problema é perene e transpõe o atual momento climático, ou seja, ainda que o clima retorne ao seu comportamento padrão, os elementos indutores da crise hídrica não cessarão de modo imediato.

Apesar de a experiência vivenciada por todos, acerca da reduzida disponibilidade dos recursos hídricos, ter despertado a consciência da população a respeito das causas e efeitos do atual contexto, o setor

agrícola brasileiro, por décadas, vivencia a necessidade do uso racional e eficiente dos recursos hídricos, por ser um dos mais expostos às condições climáticas.

Para alcançar o sucesso no uso dos recursos naturais disponíveis no campo, bem como assegurar a produção sustentável do setor agrícola, a Agroclimatologia, que é um ramo da Climatologia (Ciências Atmosféricas – ou Meteorologia, e um subcampo da Geografia Física), foi criada para desenvolver estudos do clima como um fator de produção agrícola.

Os recursos hídricos, a fertilidade do solo e a vegetação são determinados, em grau significativo, pelo clima. A história da Agroclimatologia está intimamente vinculada às relações das práticas agrícolas com as condições climáticas reinantes em dada região.

Alguns dos objetos de estudo da Agroclimatologia são:

- a) zoneamento agrícola, realizado com base nas exigências de cada variedade das culturas agrícolas;
- b) práticas agrícolas e suas eficácias sob certas condições climáticas;
- c) elaboração de meios de controle do microclima diante das adversidades climáticas e fenômenos meteorológicos extremos;
- d) relação de dependência do crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas em relação aos fatores climáticos;
- e) fenômeno de seca agrônômica, ocorrência de geadas, ventos quentes e secos, etc.

As linhas básicas de pesquisa em Agroclimatologia estão voltadas não só para o estudo e o desenvolvimento de técnicas capazes de contribuir para o aumento do rendimento das principais culturas

<sup>1</sup>Agrometeorologista, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Café/EPAMIG Zona da Mata, Viçosa, MG, [williams.ferreira@embrapa.br](mailto:williams.ferreira@embrapa.br)

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc. Meteorologia Agrícola, Prof. Assist. UNEB, Barreiras, BA, [maasilva@uneb.br](mailto:maasilva@uneb.br)

comerciais, mas também para o estudo da combinação de todos os recursos agroclimáticos de um território. Essas linhas de pesquisa têm por objetivos reduzir ou eliminar as consequências desfavoráveis dos fenômenos climáticos aos cultivos, e elaborar métodos para a utilização dos dados agroclimáticos em modelos agrometeorológicos, com a finalidade de simular o desenvolvimento e o crescimento das culturas.

Considerando que hoje o uso racional dos recursos hídricos é muito importante no mundo, a Organização das Nações Unidas (ONU) trabalha com o tema segurança hídrica, a fim de garantir que a água esteja disponível para a produção de alimentos, a geração de energia, o transporte e a preservação de ecossistemas vitais.

Assim, a ONU divulga alertas pela preservação desse recurso natural, sendo a agricultura, no contexto citado, vista pelo organismo internacional como alvo prioritário para as políticas de controle racional de água. Isso, porque, de acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), cerca de 60% da água utilizada em projetos de irrigação é perdida por fenômenos, como a evaporação, e caso fosse possível alcançar a redução de 10% no desperdício associado a essa atividade, poderia ser abastecido o dobro da população mundial dos dias atuais.

Nesse sentido, a Agroclimatologia vem, como Ciência, auxiliar o produtor a garantir a sustentabilidade da agricultura diante da variabilidade do clima e de anomalias climáticas, que contribuem para a ocorrência de eventos climáticos extremos, como a atual seca que tem impactado principalmente a Região Sudeste do Brasil.

## VARIAÇÕES DO CLIMA

Para conhecer o clima, é necessário primeiramente definir, de maneira simples, o que é a atmosfera e o tempo meteorológico.

A atmosfera é uma fina camada composta de diferentes gases, inclusive o vapor d'água, que envolve toda a Terra. Em contato com a radiação solar e, pelo

próprio movimento de rotação do Planeta, a atmosfera passa a apresentar diferentes tipos de movimentos, em várias direções, transportando energia e dando início aos diferentes fenômenos meteorológicos que irão contribuir para a variação dos climas da Terra.

Já o tempo meteorológico representa as condições da atmosfera num dado lugar em determinado instante. Quando se diz que o dia está muito quente e úmido, ou que amanhã fará frio e o dia será chuvoso, está-se referindo às condições do tempo num dado momento ou em futuro próximo. Os elementos meteorológicos mais comuns observados nas condições do tempo são a chuva, a umidade, a temperatura e o vento.

O clima, por sua vez, é dado pelas características marcantes do tempo meteorológico, que se repetem numa dada região por um período mais longo. Representa a média das condições do tempo em uma região, como, por exemplo, o clima de Viçosa, MG, apresenta inverno, frio e seco, que vai de julho a setembro, com temperatura média de 18 °C.

O clima é caracterizado a partir da influência de fatores fixos e variáveis. Os fixos estão associados à geografia do local, tais como a latitude, a continentalidade altitude e a consequente atuação das diferentes estações do ano com seus sistemas predominantes (massas de ar, frentes etc.). Os fatores variáveis, tecnicamente definidos como variabilidades climáticas, são extremamente mutáveis no tempo cronológico e no espaço, produzindo condições distintas a cada dia, mês, de um ano para outro ou entre períodos mais longos, para um mesmo local e entre diferentes locais.

Os fatores variáveis são normalmente associados à circulação da atmosfera em escala global, zonal e local, além das variações de um elemento meteorológico que se destaca em relação à média climática, ou seja, ao clima do local. Essa associação foi observada quando, em alguns anos, em determinada região, por exemplo no Norte de Minas, a estação chuvosa apresenta

volume de chuva abaixo do esperado para o período, e, em outros anos, chove acima das normais climatológicas da região, ou seja, acima da média que caracteriza o clima da região.

Esses desvios dos padrões da média de uma região são atribuídos a diferentes fatores que podem ser de origem interna, do próprio sistema climático, ou de origem externa, causado por forças naturais ou antropogênicas externas ao sistema climático. Todavia, por causa do grande contato entre a atmosfera e os oceanos, que funcionam como um armazenador da energia proveniente do sol, a circulação oceânica influencia fortemente na variabilidade do clima.

Fenômenos como o El Niño são um exemplo dessa relação atmosfera e oceano, pois, no momento da sua ocorrência, quando as águas do Oceano Pacífico apresentam anomalias, com temperaturas acima da média na região da costa do Peru, o regime pluviométrico é alterado no Sul e Nordeste do Brasil.

As variabilidades climáticas e meteorológicas, além de caracterizarem a dinâmica da atmosfera (a qual influencia diretamente no conjunto das relações natureza e sociedade, ou seja, na vida humana), são também de extrema importância para a agricultura, pois, segundo a FAO (2014), 80% da variabilidade da produção agrícola é devida à variabilidade interanual das condições meteorológicas ao longo do ciclo de cultivo.

Além de afetarem a produtividade das culturas, essas variabilidades climáticas afetam a qualidade dos produtos agrícolas, pois interferem na inter-relação dos microrganismos com as plantas. Isso pode ou não favorecer a ocorrência de pragas e doenças e, principalmente, as condições meteorológicas reinantes. Também afetam a operação de práticas agrícolas, tais como adubação, semeadura, tratamentos culturais, pulverizações, etc., além do manejo e da conservação dos solos.

Sendo a variabilidade climática uma característica inerente ao clima de qualquer região, sempre que uma atividade agrícola for estabelecida em uma localidade, o risco

climático, associado à atividade, deve ser previamente considerado no ambiente de produção.

## SECA

A seca é um termo atribuído para identificar um fenômeno climático que se caracteriza pela ausência de chuvas, ou ocorrência de chuvas muito abaixo da média normal do período, principalmente na estação chuvosa, produzindo, como consequências, grandes problemas de ordem social e econômica. O período de seca pode-se estender por meses ou anos, mas nunca deve ser confundido com o clima árido (seca permanente) de determinada região, que é uma característica climática de um local.

É muito comum também o uso do termo estiagem para caracterizar um período com ausência total ou com pouca chuva dentro de um período chuvoso. Todavia, o uso do termo estiagem está quase sempre associado somente à ausência do fenômeno meteorológico chuva, sem maiores consequências de ordem social, ou à ausência de chuvas em um curto período, que pode variar de dias a semanas ou até mesmo, mais de um mês, com irregularidade pluviométrica.

A seca pode ser classificada em quatro categorias associadas à natureza de sua gênese, a saber:

- seca permanente: é aquela que identifica o clima árido em regiões consideradas desérticas, onde a chuva é pouca ao longo de todo o ano;
- seca estacional: é aquela limitada a determinada estação do ano. Também conhecida como seca sazonal, é uma característica comum das regiões de clima semiárido;
- seca esporádica: é aquela sem nenhum padrão regular, e que pode ocorrer em qualquer região. Também conhecida como seca contingente, é imprevisível na sua ocorrência e duração. São comuns em pequenas regiões, cujo clima é considerado úmido ou subúmido;
- seca invisível: é aquela que difere das demais, principalmente pela

dificuldade na sua identificação. É considerada como a seca mais inconveniente, pois a precipitação não é interrompida, porém, o índice de evapotranspiração é maior que o índice pluviométrico. Isso causa redução no suprimento de água e, conseqüentemente, redução no armazenamento de água no solo, fazendo com que esta se torne indisponível às necessidades hídricas diárias das plantas. Esse desequilíbrio provoca a secagem gradual do solo, impedindo o crescimento das plantas.

A dificuldade do emprego do termo seca, associado a uma definição específica, levou à criação de uma subdivisão tipológica que faz referência a um conjunto de coisas ou circunstâncias associadas à ocorrência desse fenômeno meteorológico. Nesse contexto, a Sociedade Americana de Meteorologia (AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 1997) subdivide as definições em quatro tipos, de acordo com as implicações do fenômeno:

- seca meteorológica: consequência do efeito de fenômenos atmosféricos, é definida como um período prolongado (meses ou anos), em que as condições atmosféricas determinam a ausência ou ocorrência de

precipitação abaixo das normais, e que se pode desenvolver rapidamente ou acabar abruptamente;

- seca agrícola: é determinada sempre que a disponibilidade hídrica ao nível das raízes é inadequada ou insuficiente para suprir a demanda evaporativa das plantas durante fases críticas do seu ciclo de desenvolvimento;
- seca hidrológica: ocorre quando há redução no volume de precipitação por um período prolongado, de modo que afete a recarga dos recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos, fazendo com que rios e reservatórios passem por períodos com fluxos abaixo do normal (Fig. 1);
- seca socioeconômica: é definida quando a ausência de água induz à falta de bens ou serviços (energia elétrica, alimentos, etc.), pelo volume inadequado, pela má distribuição das chuvas, pelo aumento no consumo deste bem, ou, ainda, pelo mau gerenciamento dos recursos hídricos. Assim, este tipo de seca está associado à procura e à oferta de determinado bem, influenciado pelas condições reinantes de seca meteorológica, agrícola e/ou hidrológica.



Figura 1 - Lago com redução de volume hídrico  
FONTE: Mendonça (2012).

Independentemente dos fatores naturais ou antropogênicos, que contribuem para o estabelecimento da seca, o fato comum é que todas as secas originam-se a partir de um déficit de precipitação que, por sua vez, causa baixa disponibilidade hídrica.

Dentre os diversos fatores que corroboram para a ocorrência de um evento de seca, destacam-se:

- más distribuições espacial e temporal das chuvas;
- limitação de armazenamento de água característica do solo;
- flutuações dos lençóis freáticos subterrâneos;
- ocorrência de fenômenos meteorológicos de impactos globais, tais como o El Niño e La Niña.

Estes últimos fenômenos apresentam impactos evidentes no regime pluviométrico nas Regiões Norte, Nordeste (secas durante El Niño) e Sul do Brasil (secas durante La Niña e excesso de chuva e enchentes durante El Niño).

## AGROCLIMATOLOGIA NA AVALIAÇÃO DE RISCOS - ÍNDICE DE SECAS

De acordo com a Organización Meteorológica Mundial (2012), ao longo dos anos, muitos índices de seca foram desenvolvidos e utilizados por meteorologistas e climatologistas para quantificar, padronizar e comparar a seca em bases temporal e regional. Esses índices variam desde os mais simples, como porcentagem de precipitação normal e percentis de precipitação, aos mais complicados, como o Índice de Severidade de Seca de Palmer – Palmer Drought Severity Index (PDSI).

Assim, o entendimento de que determinado déficit de precipitação tem diferentes impactos sobre as águas subterrâneas, o armazenamento do reservatório, a umidade do solo, a camada de neve (em países onde esse fenômeno é comum) e

a vazão, levou, em 1993, os cientistas americanos McKee, Doesken e Kleist a desenvolverem o Índice Padronizado de Precipitação – Standard Precipitation Index (SPI) (MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993, 1995). Trata-se de ferramenta capaz de quantificar e monitorar a seca em diferentes escalas de tempo.

As informações produzidas pelos índices SPI e PDSI, ao ser relacionadas com o déficit de precipitação pluvial, tornam-se extremamente importantes, pois caracterizam as diferentes categorias de seca (Quadro 1).

Esses índices são, geralmente, utilizados para identificar secas meteorológicas e destacam-se por ser obtidos por meio de apenas uma variável climática: a precipitação. São considerados eficazes tanto na análise de períodos úmidos como nos períodos secos (ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, 2012). Além de não serem afetados pela topografia, permitem a comparação quantitativa da ocorrência de seca em diferentes regiões e em múltiplas escalas temporais.

Para alguns estudiosos, o SPI, ao ser comparado ao PDSI, representa melhor os possíveis períodos de déficit ou excesso de precipitação, pois é uma ferramenta que vai otimizar o tempo de identificação de condições emergentes de uma seca, devendo, por esse fato, substituir naturalmente o PDSI, como ferramenta de monitoramento.

O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), no link do clima, disponibiliza informações do SPI em diferentes períodos, dentro do módulo de monitoramento climático (Fig. 2), gerando um produto em forma de mapa que pode ser utilizado como ferramenta de avaliação das condições climáticas de uma determinada região, auxiliando eficientemente no monitoramento e no combate à seca.

Conforme explanado anteriormente, a seca agrícola refere-se a situações com redução na quantidade de água disponível nas diferentes camadas do solo, afetando o rendimento das culturas. Esse tipo de seca apresenta um tempo maior de resposta às mudanças na precipitação pluvial e o seu impacto depende da sua duração em relação à fase em que a cultura se encontra.

Dessa forma, pode-se avaliar uma seca agrícola ao se compararem os índices do SPI, que caracterizam a severidade das secas, com séries históricas da produtividade, para compreender os períodos que afetam essa produtividade, e possibilitar o monitoramento da seca de forma operacional, o que minimizaria os impactos na agricultura.

Um exemplo do uso do SPI ocorreu na identificação de períodos secos e chuvosos e a relação desses eventos com a produção de café na região das Matas de Minas, em Minas Gerais. No trabalho realizado por Júlio e Ferreira (em fase de elaboração)<sup>3</sup>,

QUADRO 1 - Categorias de seca para o índice de Palmer (PDSI) e o SPI

PDSI	Categoria	SPI	Categoria
0,49 a -0,49	Próximo ao normal	0 a -0,99	Seca incipiente
-0,50 a -0,99	Seca incipiente	-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,00 a -1,99	Ligeiramente seco	-1,5 a -1,99	Severamente seco
-2,00 a 2,99	Moderadamente seco	< -2,00	Extremamente seco
-3,00 a -3,99	Muito seco	-	-
< -3,99	Extremamente seco	-	-

NOTA: PDSI - Palmer Drought Severity Index (Índice de Severidade de Seca de Palmer); SPI - Standard Precipitation Index (Índice Padronizado de Precipitação).

<sup>3</sup>Identificação de períodos secos e chuvosos e a influência na produção de café de montanha nas Matas de Minas, de autoria de W.S. Julio e W.P.M. Ferreira, a ser editado pela CLIMEP, 2015.

utilizou-se a série de dados do período de 30 anos da precipitação pluviométrica dos municípios mineiros de Viçosa, Caratinga, Aimorés e Caparaó, bem como as do município de Itaperuna, RJ, localizado próximo à mesorregião da Zona da Mata de Minas Gerais (Fig. 3).

No estudo, foram analisados, para todas as cidades, os SPIs para o intervalo de 3; 6; 12 e 24 meses. Com base nos resultados, foi identificado que, dentre as diferentes escalas temporais representadas pelos SPIs analisados, o SPI-3 foi o que apresentou maior número de ocorrências de eventos secos e chuvosos de intensidade normal, fraca, moderada, severa e extrema para todas as localidades analisadas da região. Considerando que os períodos secos e chuvosos podem influenciar na produção do cafeeiro, já que as épocas do início, duração e término das estações chuvosas controlam o ciclo fenológico da planta do café, e considerando, ainda, que, no período crítico das chuvas para a produção cafeeira (na região das Matas de Minas, entre novembro e março), foram registrados baixos volumes pluviométricos, sobretudo nas cidades de Viçosa, Caratinga, Aimorés e Itaperuna, onde houve evento de seca, que variou de normal a moderada (Gráfico 1).

O uso do SPI para as Matas de Minas apresentou-se com um bom índice para a caracterização dos períodos secos e chuvosos na região de cafeicultura de montanha, sendo que a ocorrência desses eventos climáticos ao longo do ciclo fenológico do café, nos períodos mais críticos de demanda de água, apresentou estreita relação com a produção da cafeicultura de montanha da região (Gráfico 2).

O uso do SPI para identificação e classificação da ocorrência de períodos secos e chuvosos e a relação desses eventos com a produção de café nas Matas de Minas apresentaram bons resultados. A análise desse índice para o intervalo de três meses é uma ferramenta de grande utilidade para a orientação de práticas

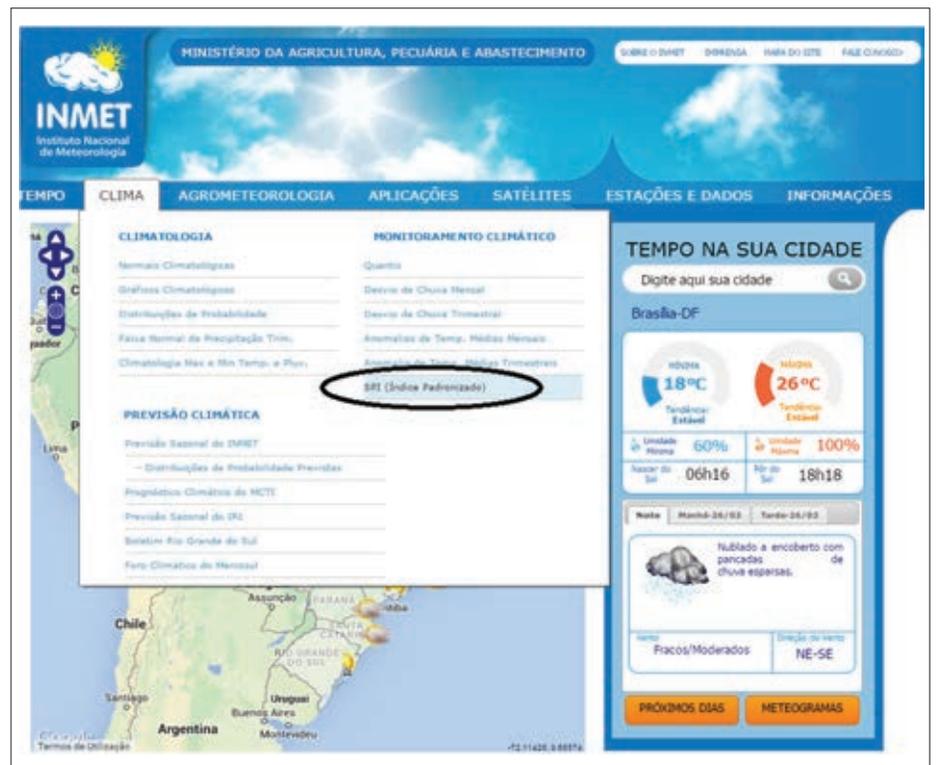


Figura 2 - Interface do site do Inmet, com identificação do link do SPI no Monitoramento Climático

NOTA: Consultar em <http://www.inmet.gov.br>

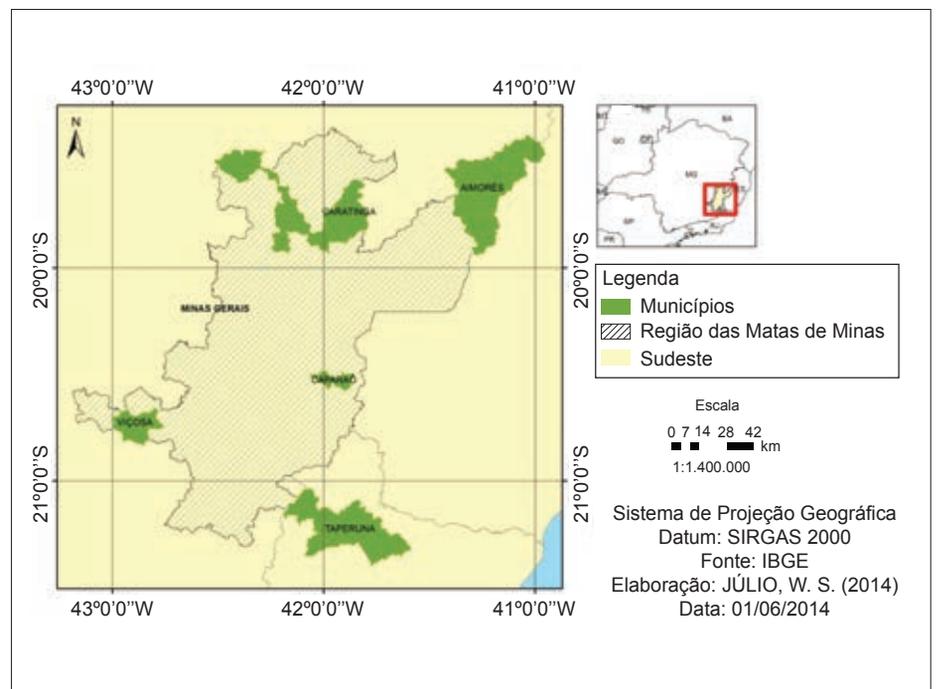


Figura 3 - Localização da região das Matas de Minas

corretas de manejo das lavouras com base no clima, garantindo não só o aumento da produção, mas também a qualidade dos

grãos produzidos, assegurando o sucesso da bebida de café produzida na região das Matas de Minas.

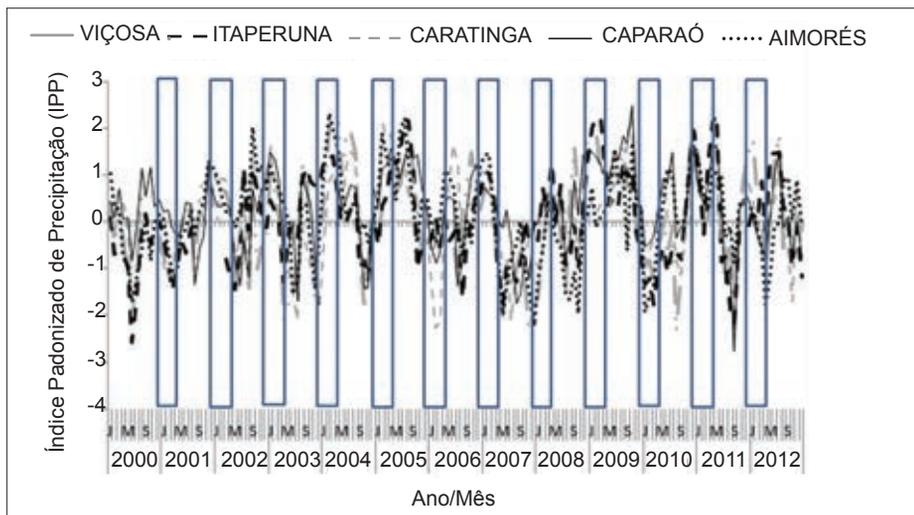


Gráfico 1 - SPI-3 em Viçosa; Caratinga; Caparaó; Aimorés (MG) e Itaperuna (RJ), entre os anos de 2000 e 2012

Elaboração: W.S. Júlio.

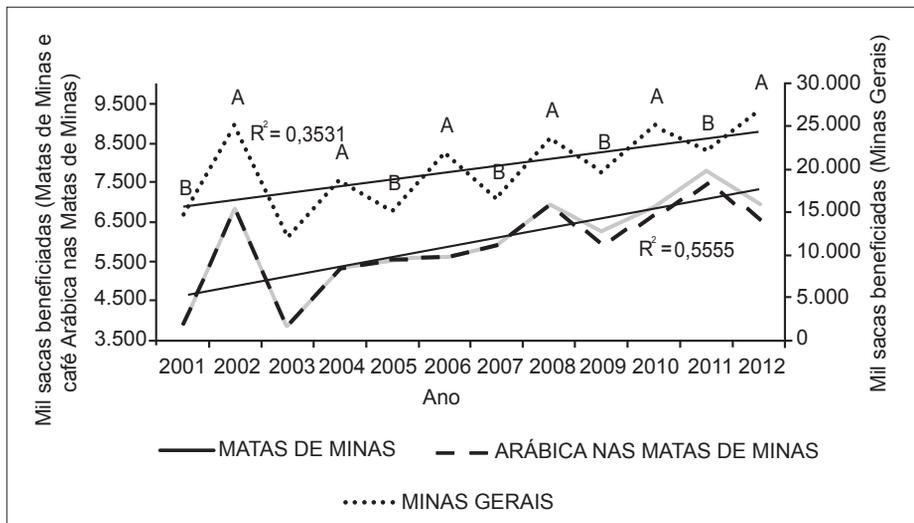


Gráfico 2 - Produção total (em mil sacas beneficiadas) de café no estado de Minas Gerais, na região das Matas de Minas, e a produção de café Arábica nas Matas de Minas

FONTE: CONAB (2014).

Elaboração: W.S. Júlio.

## FENÔMENOS METEOROLÓGICOS EL NIÑO E LA NIÑA

As boas condições do tempo e do clima são preponderantes para o crescimento adequado das plantas e, conseqüentemente, para a determinação do alcance de boa produtividade.

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (Enos), (Gráfico 3), representa, de forma

genérica, um fenômeno acoplado oceano-atmosfera. A ocorrência desse fenômeno é identificada pela flutuação dos valores médios normais da temperatura da superfície do mar (TSM), no Pacífico Tropical, próximo à costa da América do Sul, enfraquecendo o gradiente de temperatura por meio do Pacífico Equatorial, provocando, assim, mudanças na circulação do oceano. Por essa forte interação oceano-atmosfera, ocorre também flutuação na pressão atmosférica ao

nível do mar (medida no Tahiti, na Polinésia Francesa, e em Darwin, na Austrália). Por essa razão, o fenômeno é chamado Oscilação Sul, e provoca mudanças no regime pluviométrico e nos ventos alísios.

Dados históricos revelam que o Enos ocorre em intervalo que varia entre três e sete anos. Normalmente, variam entre fases opostas, intercaladas ou não por fases consideradas neutras. É identificado como El Niño, quando caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais no Pacífico Tropical, ou La Niña, quando caracterizado pelo esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, ou seja, características opostas ao EL Niño.

O fenômeno Enos tem-se destacado entre os indicadores de variabilidade climática, na escala sazonal e interanual, como um dos mais estudados, e cujo comportamento influencia o clima e a agricultura de diferentes partes do mundo.

O uso das informações provenientes do monitoramento e das previsões hoje disponíveis acerca da ocorrência desse fenômeno é voltado, principalmente, para o planejamento de atividades agrícolas nas regiões mais afetadas, a exemplo da agricultura de sequeiro, extremamente dependente das condições climáticas.

Destaca-se que os eventos Enos normalmente não se repetem de modo igual. Os impactos desses eventos no clima de diferentes regiões vão depender, além do período de ocorrência no ano, da intensidade dos eventos que apresentam, anualmente, natureza bastante variável. Por isso, os reflexos da ocorrência desse evento na agricultura brasileira podem diferir a cada episódio El Niño ou La Niña.

Por envolver grandes trocas de calor entre o oceano e a atmosfera, o Enos apresenta impactos globais bem caracterizados, que afetam a temperatura média global e, principalmente, o regime pluviométrico, sendo que as mudanças nesse último elemento meteorológico afetam diretamente os diferentes cultivos, desde o plantio até a colheita.

No que corresponde aos principais efeitos regionais do El Niño no Brasil,

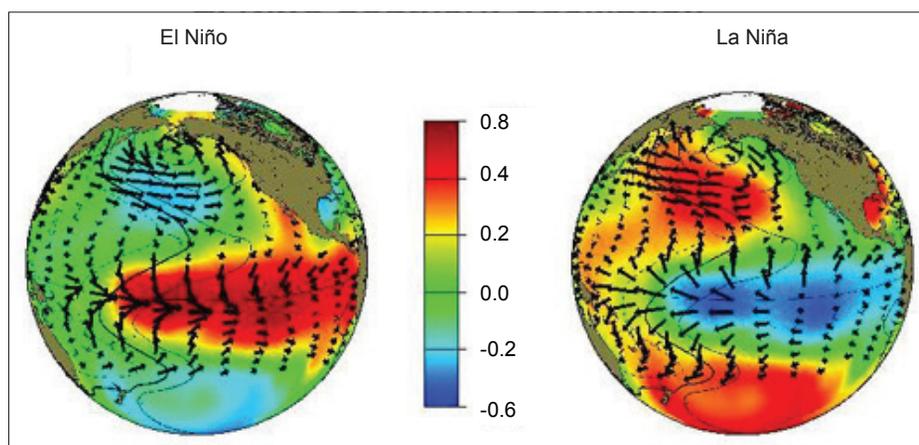


Gráfico 3 - El Niño - Oscilação Sul

FONTE: Environment and Natural Resources (2015).

de forma genérica, encontram-se a ocorrência de eventos de seca nas Regiões Norte e Nordeste e excesso de chuvas na Região Sul. Na Região Centro-Oeste, não há evidências muito fortes na mudança do padrão de chuvas. Na Região Sudeste, ocorre aumento sutil das temperaturas médias, diminuindo significativamente a incidência de geadas, mas não há padrão característico de mudanças na distribuição e na intensidade das chuvas.

Quanto ao efeito de um evento La Niña, há discreto aumento na ocorrência de chuva nas regiões Norte e Nordeste.

Na Região Sul, por sua vez, as chuvas tendem a ficar abaixo do normal, sendo comum observar chuvas acima da média no leste dos Estados da Região, com estiagem no oeste (secas severas) e passagens rápidas de frentes frias.

Já na Região Centro-Oeste, não há evidências muito fortes na mudança do padrão de chuvas e temperaturas. A Região Sudeste é pouco influenciada pela ocorrência do fenômeno La Niña, sendo comum, durante o inverno, chuvas e temperaturas dentro da média ou pouco abaixo desta.

Por causa da lenta evolução desse fenômeno e da vasta disponibilidade de informações de sua ocorrência e consequências nos climas regionais, os produtores devem estar atentos para a correta tomada de decisão acerca do planejamento de suas propriedades.

### PROBABILIDADE DE ATENDIMENTO HÍDRICO PARA O PLANTIO

Compreender o fenômeno das secas é necessário para o uso sustentável dos limitados recursos hídricos e, nesse contexto, estudos para a melhoria da previsão de secas, com base nos dados meteorológicos disponíveis e, em tempo hábil, de forma que medidas possam ser tomadas, para minorar seus efeitos, torna-se crucial.

Segundo Blain e Brunini (2007), a implicação do fenômeno seca está diretamente associado às características meteorológicas de uma região. Com isso, os dois primeiros aspectos necessários ao seu estudo são: definição exata de seu significado e caracterização climática da área em questão. Essas etapas permitem que o desvio dos elementos meteorológicos, em relação ao valor esperado ou apropriado a cada tipo de atividade, possa ser corretamente detectado e quantificado. Em outras palavras, apenas após esses primeiros passos, o início, o fim e a intensidade de uma seca poderão ser estimados de maneira precisa e padronizada.

A ocorrência de déficit hídrico em plantas cultivadas afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas, provocando alterações no comportamento vegetal, cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. Dessa forma, a

frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem fatores importantes à limitação da produção agrícola.

Com o uso da climatologia estocástica, pode-se fazer a previsão de ocorrência de períodos secos que são fundamentais para o planejamento das melhores datas de plantio ou semeadura, visando à redução do risco para o produtor. A escolha da época correta para a semeadura é uma forma de selecionar períodos em que as condições climáticas predominantes indicam disponibilidade de água para os períodos críticos da cultura.

Silva et al. (2010) conduziram um estudo para a região de Sete Lagoas que abordou a semeadura do milho, considerando-se as probabilidades de ocorrência de períodos secos mediante o uso da cadeia de Markov, admitindo-se a hipótese da persistência em primeira ordem, isto é, que o evento do dia atual depende unicamente daquele do dia anterior. Os resultados foram bastante promissores do ponto de vista operacional, uma vez que foram trabalhadas sete diferentes datas de semeadura (DS), a saber: (1/10; 16/10; 31/10; 15/11; 1/12; 16/12 e 31/12), com base na demanda e focando na fase crítica do milho, a Fase III (Quadro 2).

Assim, conforme as informações encontradas no estudo de Silva et al. (2010), as maiores chances de ocorrer dias secos foram observadas nas datas de semeadura de 15/11 a 31/12. Para a fase mais crítica do milho, a combinação da menor chance de ocorrer dias secos com a maior probabilidade de dias chuvosos indica que as melhores datas para iniciar a semeadura do milho de sequeiro na região seriam as de semeadura de 1/10 e 16/10 (Quadro 3).

Desse modo, a seca agrícola está diretamente relacionada com o déficit entre o valor de evapotranspiração real ( $ET_r$ ), estimado em um certo período, e o valor climatologicamente esperado desse parâmetro no mesmo período. Conseqüentemente, tais valores esperados de  $ET_r$  são dependentes das características climáticas de cada região, relacionadas com os períodos secos ocorridos.

QUADRO 2 - Demanda evapotranspirativa por fases fenológicas da cultura do milho

Fases dos subperíodos		Duração (dias)	Evapotranspiração diária (mm)
FI	Semeadura até a emergência, com 20% de cobertura do solo.	20	3,50
FII	Desde 20% de cobertura do solo, até o início do florescimento, com IAF máximo.	35	4,28
FIII	Início do florescimento, até a formação de grãos Final da formação de espigas, até o início da maturação.	40	5,37
FIV	Início da maturação, até a maturação final.	25	3,40

FONTE: Albuquerque e Resende (2002) e Brunini et al. (2006).

NOTA: IAF - Índice de área foliar.

QUADRO 3 - Data de semeadura (DS), probabilidade de ocorrência de períodos secos (S) e chuvosos (C) para 5, 10 e 20 dias consecutivos na Fase III

DS	Período (Fase III)	P(S,5)	P(S,10)	P(S,20)	P(C,5)	P(C,10)	P(C,20)
1/10	25/11-3/1	19,60	4,28	0,00	1,91	0,05	0,00
16/10	10/12-18/1	21,25	5,09	0,00	2,14	0,07	0,00
31/10	25/12-2/2	24,54	6,91	0,00	2,56	0,11	0,00
15/11	9/1-17/2	28,15	8,94	0,00	2,01	0,07	0,00
1/12	25/1-5/3	32,45	11,85	0,00	1,29	0,03	0,00
16/12	09/2-20/3	37,04	15,18	0,00	0,86	0,01	0,00
31/12	24/2-4/4	45,30	21,79	0,00	0,49	0,01	0,00

## NECESSIDADES HÍDRICAS DAS CULTURAS

O alto desempenho da agricultura brasileira e o crescimento expressivo de sua produtividade a partir da década de 1990 resultam de uma revolução tecnológica ocorrida nos principais segmentos do setor agrícola. Para reduzir o risco climático na agricultura e diminuir as perdas de safra, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu, em outubro de 1995, o Projeto de Redução de Riscos Climáticos na Agricultura como fase inicial de implantação do Programa de Zoneamento Agrícola do Brasil.

Assim, no início da década passada, intentou-se o Programa de Zoneamento Agrícola do MAPA, que, dentre os principais resultados alcançados, destacam-se: redução de riscos climáticos para culturas; retorno de capitais aplicados em operações de crédito agrícola; redução das taxas de sinistralidade e, de modo geral, diminuição no número de indenizações pagas pelo Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e por seguradoras privadas.

Por meio de modelos de simulação de crescimento e de desenvolvimento de culturas; base de dados de clima e de solo;

técnicas de análise de decisão e ferramentas de geoprocessamento, foi desenvolvida uma série de estudos sobre zoneamento de riscos climáticos para a agricultura brasileira, cujos trabalhos básicos compuseram um número especial da Revista Brasileira de Agrometeorologia (2001).

Como exemplo desses zoneamentos, pode-se citar o Zoneamento de Riscos Climáticos do Milho, para a Região Centro-Oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais (SANS et al., 2001), no qual as simulações das épocas de semeadura foram feitas a cada dez dias, a partir de 1<sup>a</sup> de setembro, até início de janeiro. Do balanço hídrico, a variável mais importante na definição dos riscos é o índice de satisfação da necessidade de água pela cultura (Isna), que é a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima da cultura.

Tomaram-se valores médios anuais do Isna para o período entre as fases de pendamento e maturação, período este crítico ao déficit hídrico, para a produção de milho, e efetuou-se a análise frequencial do Isna para 20%; 50% e 80% de ocorrência. Utilizou-se a frequência de 80% para espacialização, por ser mais conservadora. Foram definidas três classes de Isna para a diferenciação dos ambientes dentro dos Estados, ou seja:  $Isna > 0,55$  (região agroclimática favorável, com pequeno risco climático);  $0,55 > Isna > 0,45$  (região agroclimática intermediária, com médio risco);  $Isna < 0,45$  (região agroclimática desfavorável, com alto risco climático e elevado déficit hídrico).

Como resultados, foram gerados mapas contendo a espacialização das áreas com baixo, médio e alto riscos para plantio, levando-se em consideração a disponibilidade hídrica de cada Estado (Fig. 4).

## SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA

O atual modelo de desenvolvimento humano, associado ao crescimento populacional, pressiona cada dia mais o campo pelo aumento da produção de alimentos para uma população mundial estimada em 9 bilhões de pessoas em 2050 (UNITED

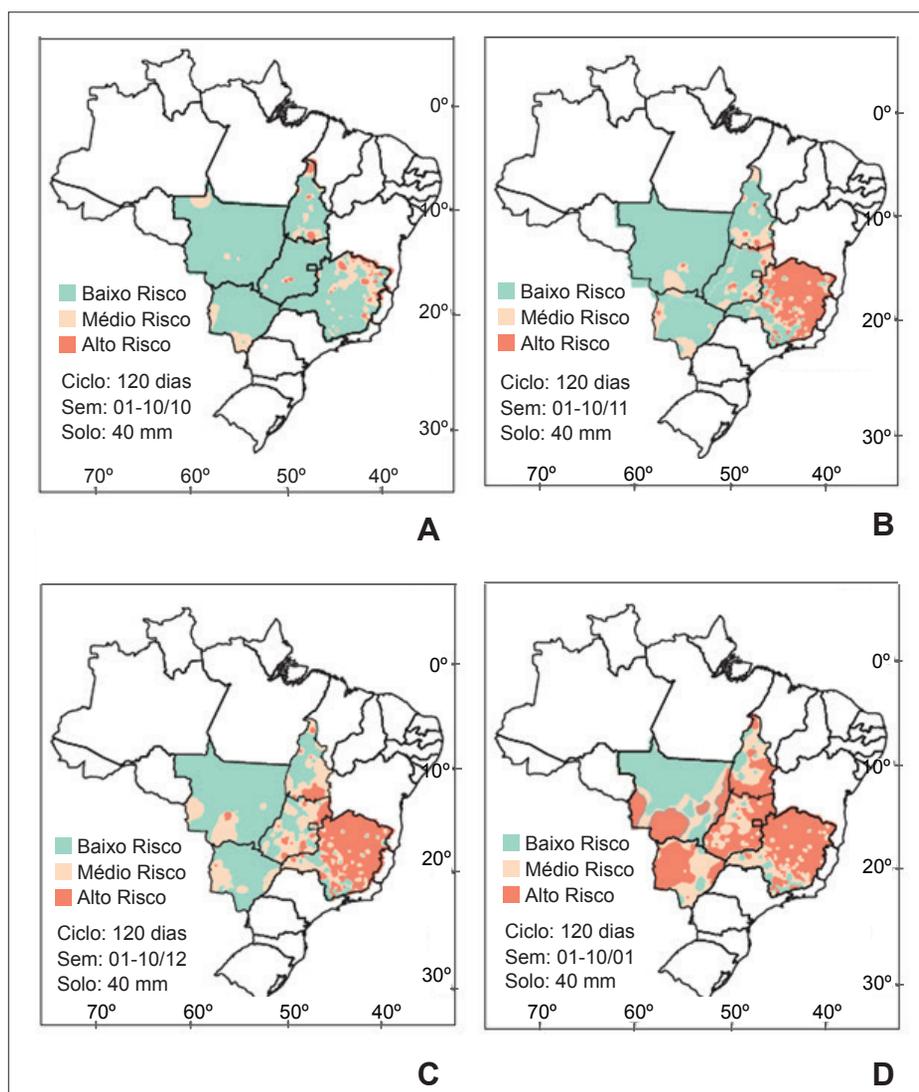


Figura 4 - Espacialização de riscos climáticos da cultura do milho de sequeiro (120 dias)  
 FONTE: Sans et al. (2001).

NOTA: Semeadura entre 1 a 10/10 (A); 1 a 10/11 (B); 1 a 10/12 (C) e 1 a 10/01 (D), considerando-se um solo de capacidade de armazenamento de água de 40 mm, para os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Tocantins.

NATIONS, 2014). Tal fato induz, não somente o aumento da produtividade, mas também o das áreas agricultáveis em todo o mundo. Para manter a agricultura em níveis elevados de produção, será necessário, cada dia mais, repensar a agricultura para transformá-la em atividade promotora do desenvolvimento sustentável. Desse modo, torna-se fundamental a criação de mecanismos que permitam o desenvolvimento da consciência acerca da sustentabilidade na agricultura moderna, concomitantemente ao crescimento econômico.

Deve-se, entretanto, cuidar para que o crescimento econômico, que foca somente o aumento da renda, não seja confundido com o crescimento humano, que envolve melhorias culturais, econômicas, políticas e sociais, dentre outras. Caso contrário, apesar da disponibilidade de alimentos, ainda haverá o problema da fome como consequência da pobreza.

Ferreira (2012) cita que, em tempos de globalização, a construção de sociedades sustentáveis esbarra no paradigma do progresso tecnológico-produtivista, ao qual o

consumo predatório dos recursos naturais está intrínseco. Romper esse paradigma, significa abrir possibilidades à sustentabilidade. Ou seja, assegurar às gerações futuras a herança de oportunidades a todas as formas de recursos da terra em condições de igualdade à atual geração.

A sustentabilidade que deve assegurar às próximas gerações aquilo que hoje é desfrutado é, por vezes, confundida com renovação dos recursos naturais, quando deveria explicitar, em longo prazo, a manutenção das oportunidades humanas, ou seja, a conservação de todas as formas de recursos humanos, ambiental, econômico e energético, dentre outros.

Preconizados por Verona (2010), dentre os atributos básicos indispensáveis para estabelecer uma situação de agricultura sustentável, além da produtividade e estabilidade (manter constante a produtividade dos agroecossistemas gerada ao longo do tempo), podem-se destacar mais dois: resiliência e adaptabilidade.

O primeiro, diz respeito à capacidade que um agroecossistema apresenta de retornar ao seu potencial de produção após sofrer determinadas perturbações. Pode ser citada a capacidade de recuperação de um agroecossistema após um período muito longo de seca.

Já a adaptabilidade, seria a capacidade do agroecossistema de encontrar novas situações de estabilidade após uma situação adversa. Trata-se, por exemplo, da capacidade de buscar opções tecnológicas perante uma determinada situação.

Na moderna agricultura, incrementos nos rendimentos e reduções nos custos e nos riscos de insucesso dependem cada vez mais do uso criterioso dos recursos. Nesse processo, o agricultor deve tomar decisões em função dos fatores de produção disponíveis e dos níveis de risco que envolvem sua atividade, visando à obtenção de maior rentabilidade. Dentre os fatores de risco, pode-se considerar como principais aqueles referentes às incertezas de mercado e às condições climáticas (FARIAS et al., 2001), ou seja, a variabilidade climática confere ao clima o principal fator de risco e de insucesso no cultivo, sendo este

diretamente responsável pela variabilidade da produção. Por conseguinte, afeta os três pilares fundamentais da sustentabilidade: o social, o ambiental e o econômico.

Assim, considerando que a variabilidade climática sempre foi um dos principais fatores na determinação dos riscos às atividades agrícolas, ressalta-se a importância do aperfeiçoamento e do desenvolvimento de projetos que possam, cada dia mais, ajudar a compreender e a minimizar os possíveis impactos da variabilidade do clima sobre a agricultura. Sobretudo, como amparo destes para a realização de política pública, sendo a Agroclimatologia a Ciência responsável por compilar todas as informações possíveis, a fim de contribuir, efetivamente, para a sustentabilidade da agricultura diante das intempéries.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As taxas de crescimento da produção agrícola mundial (Fig. 5), superadas pelas taxas dos incrementos populacionais nos últimos anos, vêm causando certa inquietude acerca da segurança alimentar.

Sendo o setor agrícola o maior consumidor de água, esta torna-se o componente essencial e estratégico ao desenvolvimento da agricultura, em que o controle e a administração adequadas possibilitarão o manejo justo e equilibrado, assegurando a continuidade das atividades desse setor.

Dentro da lógica da sustentabilidade, o secretário-geral da ONU, Ban Ki-moon, apresentou aos Estados-membros das Nações Unidas um relatório-síntese (UNITED NATIONS, 2014) sobre o trabalho desenvolvido para a definição e negociação da agenda pós-2015. O citado relatório inclui os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que guiarão o desenvolvimento global depois do fim do prazo para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Dos 17 ODS propostos, destacam-se dois: ODS6: Garantir disponibilidade e manejo



Figura 5 - Campo agrícola com plantio de milho

NOTA: Área rural da cidade de Champaign, Illinois, EUA.

sustentável da água e saneamento para todos; e ODS13: Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos (reconhecendo que a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima – United Nations Framework Convention on Climate Change (CQNUMC), é o principal fórum internacional e intergovernamental para negociar a resposta global à mudança do clima).

Diante da atual realidade acerca da disponibilidade hídrica que afeta não somente o setor agrícola, mas também toda a população, quem é o principal responsável? O clima ou a ausência do poder público, que não exerce a responsabilidade do seu papel na implementação de políticas públicas que objetivam preservar e restaurar os bens oferecidos pela natureza, como é o caso dos recursos hídricos.

Destaca-se que, mesmo considerando a previsão de intempéries ou anomalias climáticas, medidas devem ser tomadas a partir de estratégias que conduzirão sustentabilidade do sistema. No caso da agricultura sustentável, esta somente ocorrerá com a indução dos agentes sociais a uma dinâmica articulação, com ações que visam à

garantia da sustentabilidade da agricultura a partir da consideração de duas diretrizes: Fortalecimento de mecanismos e instâncias de articulação entre governo e sociedade civil, e Incentivo à geração e à difusão de informações e de conhecimentos.

Assim, enquanto os eventos naturais extremos, a exemplo das secas, não podem ser evitados, sabe-se que a integração de pesquisa com técnicas de estimativas de riscos e avisos antecipados, com medidas de prevenção e mitigação, como, por exemplo, um Sistema Antecipado de Alerta à Deficiência Hídrica, pode evitar o desdobramento evolutivo dos desastres decorrentes desses eventos.

Num país com enorme extensão territorial como o Brasil, com grande diversidade climática, a boa qualidade das previsões meteorológicas é imprescindível ao planejamento e ao bom desempenho de inúmeras áreas sociais e atividades econômicas, principalmente a agricultura.

Assim, atualmente, os principais órgãos oficiais que disponibilizam informações meteorológicas e climatológicas são o Inmet<sup>4</sup>, que é vinculado ao MAPA, e o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)<sup>5</sup>, do Instituto Nacional de Pes-

<sup>4</sup>Consultar: <http://www.inmet.gov.br/portal>

<sup>5</sup>Verificar em: <http://www.cptec.inpe.br>

quisas Especiais (Inpe), o qual é vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Esses são os dois órgãos principais de meteorologia do Brasil que possuem um grupo de trabalho que funciona de forma permanente e coordenada no planejamento, na solicitação de recursos e na formulação de políticas para a área.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P.E.P. de; RESENDE, M. **Cultivo do milho**: manejo de irrigação. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 8p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 47).
- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. Meteorological drought: policy statement. **Bulletin of the American Meteorology Society**, Boston, v. 78, p. 847-849, 1997.
- BLAIN, G.C.; BRUNINI, O. Caracterização do regime de evapotranspiração real, em escala decadal, no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 75-82, abr. 2007.
- BRUNINI, O. et al. **Caracterizações macroclimáticas, agrometeorológicas e restrições ambientais para o cultivo de milho em regiões tropicais baixas**. [Campinas]: InfoBibos, 2006. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_3/ambientemilho/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/ambientemilho/index.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2015.
- CONAB. **Safras**: séries históricas. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 15 mar. 2015.
- ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES. **Pacific decadal oscillation index and el nino/la nina**. Yellowknife, Canadá, 2015. Disponível em: <<http://www.enr.gov.nt.ca/state-environment/22-pacific-decadal-oscillation-index-and-el-ninola-nina>>. Acesso em: 15 mar. 2015.
- FAO. Climpag. **Production variability and losses**. [Roma, 2014]. Disponível em: <[http://www.fao.org/nr/climpag/agroclim/losses\\_en.asp](http://www.fao.org/nr/climpag/agroclim/losses_en.asp)>. Acesso em: 15 mar. 2015.
- FARIAS, J.R.B. et al. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Zoneamento Agrícola, Passo Fundo, v.9, n.3, p.415-421, 2001. Número especial.
- FERREIRA, W.P.M. Sustentabilidade: o paradigma do desenvolvimento. **Glocal**, v. 3, p. 3-50, 2012.
- MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple times scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 9., 1995, Boston. **Proceedings...** Boston: American Meteorological Society, 1995. p. 233-236.
- MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Boston. **Proceedings...** Boston: American Meteorological Society, 1993. p.179-184.
- MENDONÇA, J.E. **Com seca, agricultura corre atrás da adaptação**. Blog Planeta Sustentável da Editora Abril S.A. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/planeta-urgente/com-seca-agricultura-corre-atras-da-adaptacao/>>. Acesso em: 15 mar. 2015.
- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Índice normalizado de precipitación: guía del usuario**. Genebra, 2012. 15p. (OMM, 1090).
- REVISTA BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA. Zoneamento agrícola, Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, v. 9, n. 3, 2001. Edição especial.
- SANS, L. M. A. et al. Zoneamento de riscos climáticos do milho para a região Centro-Oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Zoneamento agrícola, Passo Fundo, v.9, n.3, p.527-535, 2001. Número especial.
- SILVA, M.A.V. et al. Época de semeadura do milho para a região de Sete Lagoas, MG, baseada na probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.57, n.4, p.454-458, jul./ago. 2010.
- UNITED NATIONS. **The road to dignity by 2030: ending poverty, transforming all lives and protecting the planet**. New York, 2014. 47p. Synthesis Report of the Secretary-General On the Post-2015 Agenda.
- VERONA, L.A.F. A real sustentabilidade dos modelos de produção da agricultura: indicadores de sustentabilidade na agricultura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n. 2, p.S52-S61, jul. 2010. Suplemento. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2010/01/VERONA-Indicadores-De-Sustentabilidade-na-Agricultura-CBO-2010.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

# Leite e derivados: qualidade e segurança



publicacao@epamig.br

(31) 3489-5002



# Irrigação: manejo eficiente da água na agricultura irrigada em cenários de escassez hídrica

*Fúlvio Rodriguez Simão<sup>1</sup>, Abílio José Antunes<sup>2</sup>*

Resumo - Em cenários de escassez hídrica, o adequado manejo de áreas irrigadas é uma grande oportunidade para a melhoria na eficiência do uso da água. A água é fundamental para as plantas e seu déficit pode causar sérios danos à produção agrícola. Assim, melhorias na eficiência da irrigação podem potencializar benefícios em favor da sociedade. A eficiência no uso de recursos, por meio de projetos modulares, pode viabilizar a implantação e o manejo racional da irrigação, mesmo em pequenas propriedades. A engenharia e o manejo racional da irrigação são estratégias fundamentais para o uso eficiente dos recursos hídricos em cenários de escassez sazonal ou episódica de água.

Palavras-chave: Recurso hídrico. Déficit hídrico. Relação solo-água-planta. Sistema de irrigação. Irrigação modular.

## INTRODUÇÃO

A irrigação é uma prática milenar adotada pelos produtores para atenuar efeitos deletérios do déficit hídrico nas culturas. Segundo a FAO (2015), cerca de 70% da água consumida no mundo é utilizada pela agricultura, majoritariamente pela irrigação. Estima-se que, no Brasil, a utilização de água pela irrigação também seja superior a essa porcentagem. Mas é justamente por ser responsável pela maior parcela do uso dos recursos hídricos, que a irrigação também é a maior oportunidade para a eficiência no uso de água em cenários de escassez. Assim, uma economia de 10% a 20% da água de irrigação implica, potencialmente, na duplicação da disponibilidade de água para o consumo humano nas cidades. Ou seja, 15% de 70% do total da água disponível correspondem a 10,5% do total, ou seja, aproximadamente, o volume que é utilizado hoje para o abastecimento humano, cujo uso poderia ser duplicado. Obviamente, o aproveitamento dessa água, disponibilizada por uma redução

na demanda de irrigação, estaria atrelado ao deslocamento de parte dos núcleos populacionais para a região, onde esse recurso hídrico estaria presente e seria utilizado, implicando na dificuldade de acesso a serviços (saúde, educação, etc.) por essa população, por exemplo. Um manejo eficiente da irrigação apresenta grande potencial para a produção sustentável de alimentos, fibras e energia, com respeito ao meio ambiente, evitando também os efeitos deletérios do déficit hídrico às plantas e propiciando o seu desenvolvimento adequado.

## IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA AS PLANTAS

A água é fundamental para todos os seres vivos e, conseqüentemente, é também essencial para as plantas. Além de ser a molécula mais presente nos organismos, H<sub>2</sub>O tem principal papel no resfriamento das plantas, por meio da evapotranspiração (ET).

Estima-se que 99% do consumo de água pelas plantas são por causa da ET, sem a qual o dossel dessas plantas atingiria tem-

peraturas extremas, o que impossibilita a maioria dos processos fisiológicos. Apesar do grande volume, a água constituinte nas plantas representa menos de 1% da utilizada por estas. Portanto, é por meio de estruturas celulares conhecidas como estômatos que a maior parte da água é transpirada, e, assim, utilizada pelos cultivos.

Kramer e Boyer (1995) informam que pela passagem estomática também ocorre a assimilação de CO<sub>2</sub> (fotossíntese) e que a abertura estomática é regulada por diversos fatores como luz, concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, umidade, temperatura, vento, nutrição mineral, dentre outros. Assim, quando H<sub>2</sub>O intracelular passa do estado líquido para o gasoso, sendo transportado para o ambiente através dos estômatos, o calor latente da evaporação é dissipado (a energia é utilizada no processo de evaporação da água), reduz o calor sensível e ocorre, conseqüentemente, o resfriamento da planta.

A água apresenta ainda outras importantes funções como meio de ocorrência de reações bioquímicas, fundamentais para a

<sup>1</sup>Engº Agrº, Ph.D., Pesq. EPAMIG-DPPE/Bolsista FAPEMIG, Belo Horizonte, MG, fulvio@epamig.br

<sup>2</sup>Engº Agrº, M.Sc., Pesq. EPAMIG-DPPE, Belo Horizonte, MG, abilio@epamig.br

fisiologia vegetal; a absorção de elementos químicos e o transporte de fotoassimilados e nutrientes através da seiva (KRAMER; BOYER, 1995).

A partir do conhecimento das relevantes funções da água, verifica-se que esta não só é fundamental para as plantas, como também para exploração vegetal racional por meio dos cultivos.

## EFEITOS DELETÉRIOS DO DÉFICIT HÍDRICO

Na ausência de níveis hídricos satisfatórios, as plantas passam a sofrer uma série de consequências negativas que podem impactar no seu uso sustentável dentro dos sistemas produtivos. Assim, o déficit hídrico pode prejudicar o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas.

Mesmo que não aconteça durante todo o ciclo, se a falta de água ocorrer em estádios fisiológicos críticos da planta, os danos ao seu desenvolvimento e à produtividade das lavouras podem ser significativos. Por exemplo, é sabido que o déficit hídrico durante o período de enchimento dos grãos pode causar grandes perdas para a cafeicultura. Um

exemplo de como o estresse hídrico afeta o algodoeiro em diferentes fases de seu desenvolvimento pode ser observado no Gráfico 1, onde é apresentada a produtividade da cultivar FM 9180, irrigada por gotejamento subsuperficial, quando submetida à interrupção das irrigações em diferentes estádios (SIMÃO, 2013).

As reduções das produtividades podem, em parte, ser explicadas pela redução da assimilação de CO<sub>2</sub>, observadas durante todo o ciclo (SIMÃO; RITCHIE; BEDNARZ, 2013).

## USO EFICIENTE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA AGRICULTURA IRRIGADA

Mesmo em cenários de escassez de água, não é razoável ser privado dos benefícios valiosos provenientes dos recursos hídricos ou que a limitação seja dada somente por ações de racionamento. O que se propõe é o uso sustentável da água disponível, visando à preservação do recurso hídrico para as gerações futuras, e a garantia dos benefícios sociais e econômicos para a sociedade.

## Eficiência no uso de água

Um aspecto importante a considerar, visando o uso consciente dos recursos hídricos, é a eficiência com que tais recursos são utilizados nos processos produtivos. Assim, dentro da atividade agrícola, a relação entre produtos obtidos e quantidade de água utilizada determina quanto eficiente é o sistema na utilização do recurso hídrico.

Ao contrário do que se pode pensar, nem sempre a agricultura que utiliza menos água, por exemplo a agricultura de sequeiro, será a mais eficiente. Isto porque a perda em produtividade pelo déficit hídrico pode causar reduções drásticas, que a razão produtividade-água utilizada torna-se menor que no sistema irrigado, implicando em uma menor eficiência no uso da água.

O uso eficiente da água (UEA) – water use efficiency (WUE) – pode ser definido de diversas formas, em função dos parâmetros de interesse do estudo. Por exemplo, fisiologicamente, pode-se definir o UEA como a razão entre a quantidade de CO<sub>2</sub> assimilado (fotossíntese), dividido pela quantidade de água perdida no processo (transpiração) (SIMÃO; RITCHIE; BEDNARZ, 2013).

Formas em que a UEA pode ser ou foi definida em trabalhos diversos (Equações 1 a 3).

Equação 1:

$$UEA_T = \frac{P}{T}$$

Equação 2 (STILLER; REID; CONSTABLE, 2004):

$$UEA_{ET} = \frac{P}{ET}$$

Equação 3 (SIMÃO, 2013):

$$UEA_{IRR} = \frac{P}{LB}$$

em que:

P = produtividade (kg/ha);

T = transpiração total da planta durante o ciclo (mm);

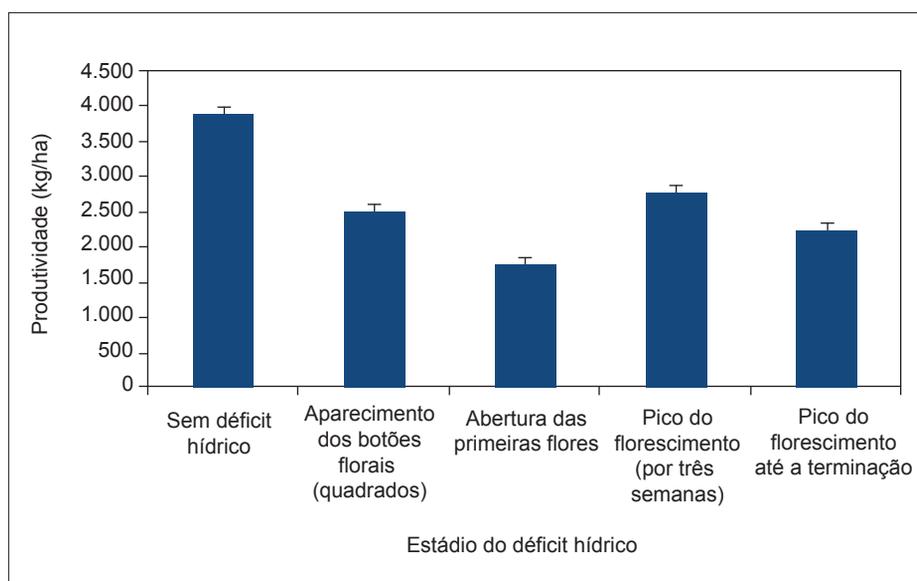


Gráfico 1 - Produtividade de algodão em caroço, cultivar FM 9180, submetido a déficit hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento em Lubbock, TX, EUA

FONTE: Dados básicos: Simão (2013).

NOTA: Barras pretas representam a diferença mínima significativa (120 kg/ha).

ET = evapotranspiração do solo e da planta durante o ciclo (mm);  
 LB = lâmina bruta de irrigação total aplicada (mm).

Do ponto de vista da teoria da Economia da Produção (DOLL; ORAZEN, 1992), a máxima eficiência física no uso de um insumo (no caso, a água) pode ser observada na inflexão da curva, que relaciona a produção obtida com a quantidade de água aplicada. Entretanto, para maximizar o lucro do produtor, deve-se observar a relação entre os lucros obtidos e a água utilizada.

Assim, a irrigação pode tornar-se uma estratégia para o aumento da eficiência no uso da água, propiciando ao produtor seus diversos benefícios.

### Benefícios da irrigação

A irrigação pode ser entendida como estratégia para obter sistemas produtivos sustentáveis que utilizem os recursos hídricos de forma eficiente. Dentre os benefícios que a irrigação pode trazer para a agricultura destacam-se:

- a) aumento da produtividade;
- b) permite alcançar a mesma produção física total de uma maior área de sequeiro, utilizando-se uma área menor (melhor uso eficiente do solo);
- c) segurança e garantia de produção, mesmo com a ocorrência esporádica de estiagens e veranicos;
- d) incorporação de novas áreas ao sistema produtivo;
- e) ocorrência de mais de uma safra por ano;
- f) maior qualidade dos produtos agrícolas;
- g) produção em períodos de entressafra dos cultivos de sequeiro, com melhores preços para o produtor e regularidade no abastecimento;
- h) colheitas mais homogêneas (uniformização do período de colheita).

Situações em que o déficit hídrico

propicia uma grande redução nas produtividades, o acréscimo de água pode resultar em um real aumento do UEA. Com base na teoria da Economia da Produção (DOLL; ORAZEN, 1992), um manejo racional da irrigação deve resultar na máxima eficiência econômica, ou seja, maior rentabilidade e lucro para o produtor irrigante por unidade de água utilizada.

### Política Nacional de Irrigação

Pela importância estratégica da irrigação e considerando a articulação com a Política Nacional de Recursos Hídricos, está em fase de implantação a Política Nacional de Irrigação disposta por meio da Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013. Um dos principais objetivos dessa Política é ampliar ambiental e sustentavelmente a área irrigada, aumentando a produtividade e reduzindo os riscos da agricultura, promovendo, assim, o desenvolvimento regional e local (BRASIL, 2013).

Para cumprir com seus objetivos, essa Lei prevê diversos instrumentos como planos e projetos de irrigação, o Sistema Nacional de Informações sobre Irrigação, a pesquisa científica e tecnológica, a assistência técnica, a extensão rural e outros. Já dentre os princípios da Política Nacional de Irrigação (BRASIL, 2013) destacam-se:

I - uso e manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos destinados à irrigação;

II - integração com as políticas setoriais de recursos hídricos, de meio ambiente, de energia, de saneamento ambiental, de crédito e seguro rural e seus respectivos planos, com prioridade para projetos cujas obras possibilitem o uso múltiplo dos recursos hídricos;

III - articulação entre as ações em irrigação das diferentes instâncias e esferas de governo e entre estas e as ações do setor privado;

IV - gestão democrática e participativa dos Projetos Públicos de Irrigação com infraestrutura de irrigação de

uso comum, por meio de mecanismos a serem definidos em regulamento;

V - prevenção de endemias rurais de veiculação hídrica.

Assim, ressalta-se que todo o arcabouço de instrumentos que será utilizado na regulamentação dessa Lei no Brasil, a irrigação eficiente certamente será utilizada como meio de gestão sustentável de água e solo, considerando os usos múltiplos dos recursos hídricos. Dessa forma, o que é preconizado é que a técnica receba um manejo adequado e seja realizada com a máxima economicidade e eficiência.

### Manejo da água na agricultura irrigada/gerenciamento da irrigação

Dentro de uma visão moderna de agricultura irrigada, a eficiência no uso da água é assegurada por um gerenciamento profissional da atividade. Enquanto em uma visão simplista, o manejo da irrigação resume-se a responder às relevantes perguntas de quando e quanto irrigar. Na atualidade, o manejo da irrigação ganhou um significado mais amplo e também engloba sistemas complexos que visam o aumento da competitividade e a sustentabilidade da atividade do empresário irrigante.

Em termos gerais, existem algumas estratégias utilizadas no manejo da irrigação que devem ser adotadas, dependendo da filosofia do produtor, de condições socioeconômicas referentes ao sistema produtivo empregado e da disponibilidade de água na propriedade.

Provavelmente, a estratégia mais adotada para o manejo da irrigação refere-se à suplementação total da água, mantendo-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo, ou seja, o limite máximo de armazenamento de água no solo é alcançado e mantido. Esse tipo de manejo de irrigação muitas vezes é chamado irrigação total, em que o monitoramento do consumo de água por meio da ET, calculado por equações que se baseiam em parâmetros climáticos, ou medido por sensores de umidade do solo, é necessário para que,

com base nestes valores e no conhecimento das características do sistema de irrigação utilizado (vazão dos emissores, intensidade de precipitação, eficiência, etc.), se possa, com precisão, repor a água no solo.

São adotadas também, estratégias que se baseiam na restrição do volume aplicado, em função não de manter uma produção máxima, mas sim de maximizar o lucro, uma vez que em muitas circunstâncias, como o que acontece com diversos insumos agrícolas, o aumento da produção por causa da irrigação pode ser decrescente até atingir o nível máximo (DOLL; ORAZEN, 1992). Para se utilizar adequadamente essa estratégia de irrigação com um déficit, representante da não compensação do incremento do insumo (água) em função do retorno em termos de receita obtida, é necessário que se conheça bem a função produção x água, bem como os custos fixos de produção, custo variável por unidade de irrigação aplicada e expectativa de receita por unidade de produto.

Uma prática muito utilizada em sistemas agrícolas, com base primordialmente na produção com o uso da água da chuva (sequeiro) ou em condições nas quais a disponibilidade hídrica é limitada é a chamada irrigação de salvação. Esta prática caracteriza-se pela aplicação da irrigação somente nas fases de desenvolvimento, nas quais o efeito do déficit hídrico é mais deletério e/ou quando a umidade do solo atinge níveis críticos. Assim, pode-se garantir que a umidade do solo seja adequada pelo menos para a germinação da planta.

No caso do cultivo do algodoeiro, por exemplo, com base em informação técnica como a disponibilizada no Gráfico 1, pode-se evitar que o déficit hídrico ocorra no período de abertura das primeiras flores, prevenindo maiores danos à produtividade. Para adoção racional de uma estratégia de manejo de irrigação do tipo salvação, é necessário o conhecimento da fisiologia da planta, o monitoramento com precisão adequada da umidade do solo, bem como das relações solo-água-planta-atmosfera.

Além dessas estratégias mais comuns de manejo de irrigação, outras mais complexas podem ser utilizadas, visando melhorar a eficiência no uso de água, como a adoção de diferentes metodologias na estimativa da redução da ET para sistemas de irrigação localizada (SIMÃO, 2004), molhamento parcial de raízes, dentre outros. Dessa forma, déficits hídricos controlados em estádios específicos podem ser utilizados para induzir e uniformizar o florescimento no caso da cafeicultura, da citricultura e de algumas outras fruteiras, ou para uniformizar a colheita de alguns cultivos, sendo também considerados como parte de uma estratégia eficiente de manejo da irrigação. Por exemplo, na produção de lima-ácida Tahiti, no Norte de Minas, o produtor pode utilizar um déficit hídrico, acompanhado de práticas de manejo complementares, para se beneficiar de uma concentração da produção em períodos de melhores preços (SIMÃO et al., 2008).

Conforme pode-se observar, os fatores envolvidos no manejo da irrigação são complexos e, portanto, para gerenciar o conjunto de informações, efetuar os cálculos referentes à necessidade de irrigação e auxiliar o irrigante na tomada de decisão, foram desenvolvidos diversos sistemas computacionais implantados com sucesso, dentre os quais destacam-se o Sistema de Suporte à Decisão Agrícola (Sisda), Irriga, IrriPlus, IrriSimples e Irriger (IRRIGER, 2015). De modo geral, a experiência mostra que o sucesso no uso desses sistemas está relacionado com o cuidado na coleta dos dados que o abastecem, pois é a partir daí que todos os parâmetros utilizados são calculados.

Pelo menos em suas etapas iniciais, sistemas como o Sisda, o IrriPlus, o Irriger e análogos baseavam-se fortemente na coleta diária de dados meteorológicos que só são possíveis, em muitas propriedades, com a disseminação de estações meteorológicas automáticas a custos razoáveis. Áreas monitoradas pelo Sistema Irriger já totalizam mais de 220 mil hectares (IRRIGER, 2015). De forma geral, para sistemas de

manejo de irrigação, com base na coleta de dados climáticos, também é sugerido o acompanhamento por meio de medidas de umidade de solo, a fim de aferir o sistema e ajustar as equações e coeficientes utilizados. Para o manejo de irrigação com base na umidade do solo, pode-se utilizar do método-padrão de estufa, tensiômetro e, mais recentemente, equipamento conhecido como Irrigas (CALBO; CARVALHO; SILVA, 2005).

No que se refere aos sistemas com monitoramento com base na planta, o SmartField/SmartCrop (SMARTFIELD, 2015) tem sido adotado com sucesso em algumas regiões do mundo, como a região Oeste do Texas. Tal sistema baseia-se em sensores de temperatura do dossel distribuídos por uma área. Os algoritmos utilizados pelo sistema relacionam as variações da temperatura das plantas, durante o dia, com o estresse hídrico recebido por estas, indicando, assim, a necessidade de iniciar a irrigação ou de ajustar as lâminas de água aplicadas.

Considerando-se o manejo de irrigação de forma mais ampla, dentro do contexto da agricultura irrigada, também tem-se sugerido que metodologias de gestão da sustentabilidade, com base em indicadores como o ISA, proposto por Ferreira et al. (2012), sejam aplicadas e potencializadas pelo uso conjunto de avaliações da engenharia e do manejo dos sistemas de irrigação (MERRIAM; KELLER, 1978). Assim, sugere-se um melhor sistema de adequação socioeconômica e ambiental para propriedades rurais irrigantes. Essa proposta torna-se necessária, pois, em importantes áreas de irrigação, o consumo de água pode ser considerado o impacto ambiental de maior importância (SIMÃO et al., 2009).

Portanto, irrigação eficiente e bem manejada pode ser uma estratégia em períodos de escassez hídrica. Promove maior produção por unidade de água utilizada, e contribui para a conservação dos recursos hídricos e exploração da potencialidade do sistema de irrigação adotado.

## Métodos e sistemas de irrigação

Irrigação refere-se à suplementação de água nas culturas de forma tecnicamente correta. Assim, vários conceitos quanto à forma de realizar a irrigação remetem a diferentes métodos e sistemas que apresentam, conseqüentemente, diversos níveis de eficiência em potencial, custos e riscos.

De maneira geral, os métodos de irrigação podem ser classificados em não pressurizados (irrigação por superfície) e pressurizados, que abrangem o método por aspersão e o de irrigação localizada (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Variações dentro desses conceitos implicam em diferentes sistemas de irrigação.

É importante ressaltar que não existe um único sistema que seja melhor em todos os casos. O que se busca é que, para cada situação e cada necessidade, se implante o sistema que melhor se adapte. Dentre os fatores que devem ser observados, antes da definição do sistema a utilizar, destacam-se o relevo, o clima, a capacidade de investimento do produtor, o nível tecnológico

adotado no cultivo, bem como a eficiência de aplicação (Ea) do sistema de irrigação. Assim, para o cultivo da bananeira no Norte de Minas, por exemplo, mesmo que os sistemas de gotejamento atinjam potencialmente maior Ea, recomenda-se que sejam utilizados os de microaspersão, que aliam os benefícios da irrigação localizada com maior porcentagem de área molhada, necessária para a maximização da produtividade da cultura.

A Ea do sistema de irrigação não define isoladamente o UEA, entretanto, pode sim compor o UEA dependendo do conceito adotado. Ea refere-se à razão entre a água captada e a disponibilizada de maneira uniforme para a planta, por meio de seu sistema radicular, não incluindo a forma que a planta utiliza a água para formação dos componentes da produção.

De maneira geral, estima-se que sistemas por superfície por sulco convencional têm uma Ea potencial que, com boas condições de projeto e manejo, varia de 60% a 75%. Já a irrigação pressurizada por aspersão e localizada, a Ea pode assumir valores de 85% a 95%, respectivamente (BERNARDO; SOARES; MANTOVA-

NI, 2006). Ainda que a Ea dos sistemas de irrigação por superfície muitas vezes seja mais baixa que a observada em outros sistemas, que variam entre 40% e 70% (CHRISTOFIDS, 2002), é importante que estes continuem sendo estudados, pois são os mais utilizados no mundo e necessitam que sejam adequadamente gerenciados e até otimizados. Além disso, o conhecimento sobre o projeto e o manejo dos sistemas de irrigação por superfície permite que suas vantagens e desvantagens sejam adequadamente comparadas com outras opções disponíveis que, por exemplo, muitas vezes podem precisar de um grande investimento para a sua implantação.

Na busca por aumento da Ea dos sistemas de irrigação, adaptações de sistemas previamente existentes têm sido sugeridas, como, por exemplo, a de pivô central para Low Energy Precision Application (LEPA). No sistema de LEPA (Fig. 1), adaptações com curvas do tipo Gooseneck, mangueiras flexíveis e emissores adaptados, permitem que, mesmo em um sistema automatizado tipo pivô, a água seja aplicada mais próxima ao solo e à planta, adquirindo, assim,



Figura 1 - Sistema de pivô central tipo LEPA

NOTA: LEPA - Low Energy Precision Application.

características de irrigação localizada e Ea majorada.

Também ganham maior aplicabilidade os sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial (Fig. 2). A possibilidade de haver emissores enterrados, sem que ocorra sua obstrução constante é obtida por meio da instalação de válvulas anti-vácuo nas linhas de derivação, bem como pelo uso de emissores adaptados para esse tipo de sistema. Assim, o gotejamento subsuperficial alia a alta uniformidade de aplicação dos sistemas de irrigação localizada, com uma reduzida perda de água por evaporação, atingindo, assim, Eas da ordem de 96%.

### **IRRIGAÇÃO DE PEQUENAS ÁREAS EM MINAS GERAIS: COMO CONVIVER SOB OS EFEITOS DA SECA DE 2014**

O estado de Minas Gerais é chamado de caixa d'água do Brasil, pelo fato de a maioria dos rios, não amazônicos, ter suas

nascentes neste Estado. Minas viveu, em 2013, 2014 e início de 2015, períodos de seca sem precedentes, ainda não completamente superados (março de 2015). O problema não é só em Minas Gerais, pois, da mesma forma, os Estados vizinhos foram afetados. Chuvas escassas prejudicaram cultivos em crescimento, e, principalmente, comprometeram o reabastecimento dos lençóis freáticos. No atual período das águas (outubro/2014 a março/2015), as precipitações ocorridas, salvo no mês de fevereiro, foram no geral bem abaixo da média, com um viés de escassez d'água. Esse fato tem favorecido uma conscientização da necessidade de uma participação contributiva de todos, para conviver com as limitações hídricas do momento e, possivelmente, dos próximos meses.

Somente quando ocorrer a normalização climática, o que depende da natureza, é que Minas Gerais voltará à condição de caixa d'água do Brasil. Até lá, a agricultura mineira terá que conviver com limitações,

fazendo a sua parte, de produção em ambiente de escassez.

### **Aspectos ambientais**

Por volta da segunda metade do século passado intensificou-se a discussão sobre Ecologia, Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (solo, água, fauna e flora). Esses temas, que antes eram mais ligados ao mundo rural, ganharam a atenção das populações citadinas. Hoje, temas como respeito ecológico, preservação ambiental, produção com sustentabilidade, controle de perdas, eficiência energética, controle de resíduos e de poluição, etc. são de interesse geral e de cobrança por parte dos consumidores.

Nessa transformação em curso, é lógico que a agricultura técnica está intimamente inserida no contexto e deve ofertar sua contribuição. É oportuno informar que a pesquisa agrícola sempre atuou e atua no desenvolvimento de técnicas produtivas, sem conflitar com as desejadas medidas preservacionistas. A pesquisa agrônômica é conservacionista, desenvolve soluções, cuja aplicação observa preceitos ambientais, e que são incorporados nas indicações técnicas recomendadas para uso nas atividades produtivas.

Existem produtores que, no ímpeto de muito produzir, desviam-se do desejável, utilizando práticas tecnicamente não recomendadas, o que é incorreto. A agricultura técnica, a maneira preconizada e correta de produzir, não dá aval a tais desmandos e não deve ser com estes confundida.

### **Direito ao uso da água e aspectos legais na irrigação**

A água vem, a cada dia, ganhando mais importância ao ser considerada como um bem finito, escasso, de valor econômico, de uso múltiplo e imprescindível à vida. A irrigação para muitos, tendo em vista os volumes que utiliza, é, por vezes, tida como uma destruidora de água, o que não tem o menor fundamento. A irrigação utiliza água que, a seguir, é restituída ao meio ambiente.



Fúlvio R. Simão

Figura 2 - Faixa molhada de linha de algodoeiro irrigado por gotejamento subsuperficial

O crescimento populacional, a maior demanda por alimentos, a urbanização e o aumento do padrão de vida das populações são fatores que levam à crescente demanda por água. Regiões que antes tinham plena disponibilidade hídrica passaram a ter intenções de uso além da disponibilidade existente. Sendo a água um bem de disponibilidade limitada, torna-se necessário rateá-la entre os interessados, de acordo com critérios oficiais. Existe hierarquia quanto aos usos: a preservação de uma vazão mínima que proporcione condição de sobrevivência aos peixes de um rio ou a utilização hídrica para dessedentar pessoas ou animais são exemplos de usos com prioridade em relação a outras atividades, como as de predominância econômica. A irrigação é comumente participante como última usuária, prioritariamente, fazendo o uso da fração cujo destino final seria o mar, onde inexoravelmente irá acontecer a sua salinização.

O uso em irrigação segue as recomendações legais vigentes, o que não é uma exigência nova, em decorrência do momento atual. O produtor que se interessar em irrigar deve, como primeira providência, procurar a entidade competente, informando o local do seu empreendimento e demais pretensões. Após análise técnica, existindo possibilidade de atendimento, sem prejudicar outros usuários do manancial, será emitida a autorização de uso, a outorga ou a licença para uso insignificante, sem a qual nada deve ser providenciado.

Tendo a outorga em mãos, o produtor terá ainda que cuidar de dois outros aspectos legais para ter sua gleba de irrigação em condição operacional:

- a) o projeto técnico da instalação: elaborado por profissional registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (Crea-MG), com a respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART);
- b) o acompanhamento de implantação do projeto: atividade que deverá acontecer sob supervisão de pro-

fissional igualmente registrado no Crea-MG, garantindo a fiel execução das prescrições técnicas. Compete a esse profissional a emissão da ART, relativa à implantação do projeto. Não é necessária a presença do autor do projeto na fase de implantação; basta haver a participação de um profissional igualmente qualificado, o qual, geralmente, é radicado na região, facilitando a atividade.

Em relação aos preceitos legais citados (outorga, projeto técnico e responsabilidade técnica de implantação), exigidos de todo projeto, independentemente de tamanho ou valor, observa-se que promovem encargos desproporcionais, os quais são relativamente mais onerosos para os candidatos a pequenas áreas. Isto induz muitos desses pequenos produtores à desistência ou, então, ao uso de soluções com base em indicações leigas, sem fundamentação legal. Tal situação, geralmente aceita de boa-fé, deixa o irrigante na condição de contraventor, o qual, na maioria das vezes, desconhece esta situação.

### **Irrigação de pequenas áreas**

Inúmeras são as formas de irrigar, embora todas tenham o mesmo propósito: aplicar no solo, na zona radicular da cultura que se quer beneficiar, água em tempo oportuno e em quantidade suficiente, com o mínimo de perdas e de consumo energético, a um custo econômico aceitável. Para o vegetal é indiferente a forma como o transporte da água é feito.

Um dos métodos mais consagrados para as pequenas áreas é o da aspersão, especialmente na variante que utiliza tubulações fixas e enterradas. Nesse arranjo, o trabalho do irrigante fica reduzido a instalar os aspersores nas posições que se deseja irrigar, sem a desgastante tarefa de mudança de tubulações, ao fim de cada rega.

Na EPAMIG, em seus Campos Experimentais, tem sido instalado e divulgado esse tipo de irrigação, despertando o

interesse de produtores. Tais agricultores relataram não haver encontrado projetistas para o estudo e elaboração de projeto destinado a glebas que desejavam irrigar, frustrando suas pretensões. Minas Gerais tem uma respeitável rede oficial de assistência técnica aos agricultores, com centenas de escritórios dispersos pelos municípios, prestando um relevante trabalho de assistência agropecuária, inclusive em culturas irrigadas, mas sem um correspondente contingente de profissionais especializados em projetos de irrigação.

Por outro lado, existem firmas especializadas, com quadros técnicos qualificados, capazes de oferecer soluções de qualidade, mas cujo trabalho tem custos a considerar. Exemplificando, já na fase preliminar, de levantamento de informações básicas para o projeto (tipo de solo, topografia, vazão, etc.) surgem problemas relacionados com as despesas envolvidas: o tempo gasto em viagens e as despesas de deslocamento não guardam proporcionalidade com o tamanho dos projetos, podendo ser iguais tanto para um produtor que deseje irrigar 1 ha, como para seu vizinho, um agricultor interessado em um pivô de 100 ha. Isto é, áreas menores tendem a dispêndios por hectare mais elevados. O que torna um fator complicador ainda mais é o exemplo de haver disponibilidade hídrica para a área de 100 ha e não haver o correspondente na área menor. O grande produtor vai ter suas despesas compensadas com receitas advindas de 100 ha irrigados, ao passo que o pequeno produtor, seu vizinho, nada terá além da frustração e as despesas relativas ao estudo.

Na elaboração de projetos de pequenas áreas, o custo do projeto pode exceder o custo da própria instalação. Isso significa a inexistência de solução para pequenas áreas de rega? Considerando as exigências de outorga, projeto e implantação supervisionada, como exige a legislação vigente, está o pequeno produtor sendo alijado? Não necessariamente, se houver uma maneira diferente de atendimento, que satisfaça a legislação, mas sem tantos custos na fase

de estudos. Isto pode ser factível por meio de uma abordagem diferente: ao invés de elaborar um projeto específico para cada local que queira irrigar, procura-se a solução por meio de consulta a um portfólio de projetos já existentes e disponibilizados.

### Conjuntos Padronizados

Os Conjuntos Padronizados são projetos de irrigação por aspersão, com rede fixa e enterrada, e de significativa facilidade operacional. Estão propostos seis projetos distintos, para áreas irrigadas de 1 a 6 ha, com todo o detalhamento técnico pertinente (plantas e listagem completa dos componentes da instalação). Se existir na propriedade, área condizente com um dos modelos de Conjunto Padronizado, e se este for do agrado do interessado, não haverá necessidade de realizar toda a série de estudos e despesas relativas à elaboração do projeto técnico. Haverá, assim, uma possível solução, de acordo com as exigências legais, e que possibilita estimar previamente os custos do empreendimento. Tudo isto sem despesas para o pretendente que preserva sua liberdade de levar avante ou não o empreendimento.

Em resumo: os Conjuntos Padronizados pretendem atender a exigências legais e, ao mesmo tempo, facilitar a implantação de pequenas áreas de rega, com instalações padronizadas, devidamente projetadas, a ser instaladas onde as condições locais sejam adequadas ao seu uso. É bem simples e praticamente sem custos verificar se as condições existentes comportam ou não um Conjunto Padronizado. Caso não existam, torna-se imperiosa a elaboração de um projeto específico, com todos os trabalhos e custos inerentes, ou seja, a situação que os Conjuntos Padronizados tentam evitar. Portanto, constituem solução para os locais onde haja condições para seu uso.

Foram consideradas as seguintes condições:

- faixa ciliar: com até 50 m de largura ao longo do manancial;
- água: disponibilidade em vazão condizente a cada um dos modelos com a outorga, permitindo uso imediato;
- ponto de captação: na faixa ciliar, fora da faixa de enchentes usuais. Caso haja barranco, deverá ter até 3 m de altura (compatível com mangote de 5 m);

d) energia: disponibilidade de energia elétrica, próxima ao ponto de captação, monofásica ou trifásica;

e) solo: com declividade até 5%, destocado e apto ao cultivo.

No Quadro 1, estão relacionadas as áreas de cada um dos modelos, bem como outras informações.

O produtor que pretende usar a irrigação, deverá, inicialmente, identificar entre os seis modelos de tecnologia propostas, aquele que melhor se adapta a seu interesse e disponibilidade de área e água, observando as dimensões indicadas para identificar o local, em sua propriedade, adequado à instalação. Todos os modelos têm dimensões múltiplas de 15 m, por ser essa a distância padrão entre os aspersores.

Outras características comuns a todos os modelos:

- aspersores setoriais na periferia: todos os conjuntos contam com tubulações situadas nas linhas periféricas, para funcionamento de aspersores setoriais. Ao irrigar em semicírculo, os setoriais aplicam 100% da água no interior da área, sem perdas, e

QUADRO 1 - Informações sobre os Conjuntos Padronizados

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Modelo	Dimensões (m)		Área		Perímetro (m)	Saídas			Aspersores			Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Diferença de nível (m.c.a.)	Q/ha (m <sup>3</sup> /h)
	Nível	Declive	m <sup>2</sup>	d%		Setorial	Circular	Total	Setorial	Circular	Total			
AF1	105	105	11.025	10,3	420	28	36	64	3	3	6	4,5	10,75	4,082
AF2	195	105	20.475	2,4	600	40	72	112	4	6	10	8,0	10,75	3,907
AF3	315	105	33.075	10,3	840	56	120	176	5	10	15	12,5	10,75	3,779
AF4	225	195	43.875	9,7	840	56	168	224	5	14	19	16,5	15,25	3,761
AF5	375	135	50.625	1,3	1020	68	192	260	5	12	17	18,9	12,25	3,723
AF6	315	195	61.425	2,4	1020	68	240	308	6	20	26	23,0	15,25	3,744

NOTA: 1 = Nome do modelo de Conjunto Padronizado; 2 = Dimensão do modelo na direção da curva de nível; 3 = Dimensão do modelo na direção da declividade; 4 = Área irrigada pelo modelo; 5 = Porcentual do acréscimo em relação à área nominal; 6 = Perímetro da área irrigada pelo modelo; 7 = Número de posições irrigadas por aspersor setorial; 8 = Número de posições irrigadas por aspersor circular; 9 = Número total de posições irrigadas pelos aspersores; 10 = Número de aspersores setoriais operando no modelo; 11 = Número de aspersores circulares operando no modelo; 12 = Número de aspersores operando simultaneamente; 13 = Vazão operacional do modelo; 14 = Diferença de nível existente no modelo; 15 = Vazão por área ocorrente no modelo.  
m.c.a. - Metros de coluna d'água.

- com ganhos na uniformidade de precipitação, na eficiência de rega e em economia energética;
- b) aspersores circulares nas posições internas (não periféricas): atuam nas posições interiores, sob o mesmo espaçamento (15 x 15 m). São abastecidos por meio de circuitos fechados que proporcionam, sem prejuízo operacional ou aumento do consumo energético, o uso de tubulações de menor diâmetro, tendo um menor investimento na instalação;
- c) aspersores com baixa intensidade e tempo longo de precipitação: são adequados o aspersor setorial que apresente vazão de 0,5 m<sup>3</sup>/h e o aspersor circular que apresente vazão de 1,0 m<sup>3</sup>/h; com pressão operacional entre 25 e 30 metros de coluna d'água (m.c.a.), com alcance do jato igual ou maior que 12 m. Esses valores são válidos para todos os modelos, exceto o AF5, que tem turno de rega de dez dias, ao invés de sete, como nos demais, o que motiva uma lâmina de maior rega, proporcional aos dias de intervalo entre irrigações. Nesse caso, os aspersores deverão apresentar vazões de 1,425 m<sup>3</sup>/h e 0,712 m<sup>3</sup>/h, para os modelos circular e setorial, respectivamente;
- d) baixa intensidade de precipitação: as descargas consideradas, de 500 L/h (0,5 m<sup>3</sup>/h), em área de 112,5 m<sup>2</sup> (aspersor setorial) e de 1.000 L/h (1,0 m<sup>3</sup>/h) em área de 225 m<sup>2</sup> (aspersor circular), equivalem a uma lâmina bruta média de 4,44 L/m<sup>2</sup>/h ou seja 4,44 mm/h. No modelo AF5, a intensidade é de 6,33 mm/h. Essas intensidades são baixas e proporcionam infiltração total da água aplicada em praticamente qualquer solo. Deixam de existir preocupações maiores, relacionadas com perdas por escoamento superficial e empoçamentos;
- e) longo tempo de precipitação: as intensidades adotadas proporcionam aproveitamento integral da água de rega e servem praticamente a todos os tipos de solo. Compensam-se seus baixos valores por meio do número de horas de cada irrigação. A combinação Baixa Intensidade x Longo Tempo de Irrigação alcançam os seguintes parâmetros:
- lâmina bruta mensal: 190 mm,
  - intervalo entre irrigações: 7 dias (10 dias no AF5),
  - dias de operação dentro do intervalo: 6 dias (8 dias no AF5),
  - tempo de rega/posição: até 10 horas/posição,
  - posições de irrigação/dia: 2,
  - horas diárias de irrigação: 20 horas (em duas posições/dia);
- f) turno de rega: adotados os valores de dez dias para o modelo AF5 e sete dias nos demais, considerados adequados para locais onde a ocorrência de veranicos com duração de 15 a 20 dias seja vista como causadora de prejuízos suportáveis, não como da perda completa da produção agrícola;
- g) trabalho do irrigante: havendo necessidade de irrigar, a tarefa do operador consiste em instalar os aspersores nas posições a ser irrigadas e ligar a motobomba. O operador fica liberado para exercer outras tarefas, no período correspondente à aplicação da lâmina bruta desejada. Como exemplo, tem-se o caso de uma irrigação que demande 8 horas de aplicação e que tenha início às 7 horas da manhã. Esta terminará às 15 horas e o operador deverá desligar o equipamento. Em seguida, mudará os aspersores para as próximas posições de irrigação. O início da irrigação na nova posição poderá ser imediata ou em outro horário, se for conveniente (tarifa de menor custo, por exemplo).

Nos trabalhos de campo é sempre desejável evitar longos períodos contínuos, sem folgas. Tarefas marcadas para domingos, feriados e serviço noturno costumam ser refugadas, apresentam custo mais elevado e devem ser evitadas. Nas instalações propostas, com tubulações enterradas, que envolvem somente o deslocamento de aspersores, em tempo diminuto, não há justificativa para ocupação exclusiva de trabalhador. O trabalho do operador pode ser organizado para ocorrer todo no período diurno (sem custos de hora extra). Favorável também é o número de dias de irrigação dentro do turno de rega, de oito dias por decêndio no modelo AF5, e seis dias por semana nos demais, o que facilita folga aos domingos, com menor custo de mão de obra e melhor aceitação da tarefa.

Ultimando as informações genéricas sobre os Conjuntos Padronizados, é oportuno informar que somente os aspersores constituem material típico de irrigação e que equivalem a menos de 5% do custo geral do equipamento. A motobomba, tubulações e conexões dos Conjuntos, que constituem os equipamentos de maior custo, são as mesmas usadas na construção civil, como, por exemplo, na instalação hidráulica de prédios de apartamentos. São peças encontradas nos depósitos de materiais de construção, existentes nas mais remotas comunidades, com facilidade de aquisição, concorrência entre fornecedores e facilidade de mão de obra apta para montagem (quando o próprio interessado não assume esta tarefa).

### **Pontos considerados na irrigação**

Para uma área com irrigação, deve-se fazer um balanço dos prós e dos contras relacionados com o que se deseja. A irrigação não tem receita própria. Trata-se de uma ferramenta de trabalho que, se devidamente utilizada, alcançará resultado com ganhos suficientes para pagar despesas de irrigar e demais gastos com a cultura. Despesas como mão de obra, adubos, defensivos, combustíveis, eletricidade e demais itens

devem ser avaliados da melhor maneira possível. A estes valores devem-se acrescentar os custos da irrigação e também a margem de lucro do produtor. Tem-se, assim, uma estimativa do valor a ser compensado pelo valor da produção irrigada. Normalmente, produção bem conduzida e preços agrícolas normais fazem a atividade ser compensadora.

As exigências ambientais são as mesmas para qualquer projeto. Um projetista deverá ser procurado para atender ao produtor irrigante. Por meio de um estudo de campo, avaliará a existência ou não das condições necessárias para o projeto. O custo do estudo é pouco significativo em relação ao custo da instalação implantada, especialmente em grandes projetos.

Uma situação diferente pode acontecer com um produtor que contratou um projetista e que, na avaliação de campo em sua propriedade constatou que o manancial hídrico a ser usado é insuficiente ou que tenha excesso de irrigantes, portanto, não terá como alcançar seu objetivo.

A título de exemplo, cita-se como fica a situação de um produtor da Agricultura Familiar, pretendente a uma área irrigada de 3 ha e que teve conhecimento e interesse pelos Conjuntos Padronizados. Esse produtor verifica a existência de terreno favorável à implantação do projeto e, se pretende avançar em seu objetivo, poderá prosseguir com uma tomada de preços no comércio, obtendo, assim, uma estimativa do custo dos componentes, já incluso o frete até a sua região.

O produtor poderá verificar se há financiamento bancário vantajoso, que possibilite a compra dos componentes com preço à vista. Esse produtor pode avançar ainda mais, procurando a repartição competente e verificando a possibilidade de outorga. Finalmente, precisa localizar um profissional para assistir a implantação. Todas estas ações podem ser desenvolvidas como um levantamento preliminar de informações, sem encargos formalizados, facultando ao produtor a liberdade de decidir o que fazer segundo sua conveniência.

Uma vez de posse da autorização de uso da água, o produtor apresentará o projeto, ao profissional que fará o acompanhamento da implantação, e solicitará uma visita desse profissional ao local, para verificar a adequabilidade do projeto às condições apresentadas.

A seguir vem a fase relativa à compra do equipamento. Se houver financiamento bancário, é necessário que haja liberação dos recursos destinados à aquisição em tempo oportuno. Depois, vem a fase de compra dos equipamentos, seu transporte até o local do projeto e, finalmente, a montagem supervisionada da instalação.

Complementando as ações, vem o teste operacional. Estando tudo aprovado, é feita a entrega técnica do projeto. A partir desse momento, passa-se ao agricultor o comando e a administração do conjunto.

### **Divulgação dos Conjuntos Padronizados na EPAMIG**

Relatou-se a utilização de técnica de aspersão com tubos enterrados, utilizada na EPAMIG em suas atividades normais de pesquisa e produção, nos Campos Experimentais. Áreas beneficiadas com dimensões, formatos e características próprias tiveram projetos específicos. Além de servir como ferramenta de produção, estas instalações possibilitaram demonstrações aos produtores, os quais se interessaram pela técnica, mas que não conseguiram avançar no propósito, pelas dificuldades de projeto, como já explicado.

Constatada a dificuldade existente e ainda acrescida de exigências ambientais, cabe a pergunta: existe alguma forma de atender ao interessado em pequenas áreas de rega, dentro das exigências legais e a um custo mínimo?

Os Conjuntos Modulados foram idealizados para buscar resposta a esta questão. A EPAMIG espera que seja uma boa alternativa, adequada para muitos, mas sem pretensão de atender a tudo e a todos. Para divulgá-los já conta com um dos modelos, o AF1, instalado no Campo Experimental de Patos de Minas (CEST),

em operação e pronto para visitação. Três novas unidades similares deverão ser instaladas em outros Campos Experimentais, para atuarem como vitrines da tecnologia. Também está sendo estudada a instalação de unidades demonstrativas junto à Associação de Produtores, interessados em irrigação. O equipamento deverá ser instalado em local indicado pela Associação, montado e operado com a participação dos interessados, possibilitando o aprendizado desde a montagem do equipamento até o operacional da rega, ao longo de todo o ciclo.

Pretende-se proporcionar aos agricultores uma demonstração completa da irrigação, suas dificuldades e custos, oferecendo conhecimentos e vivência, para que possam, por experiência própria, decidir entre irrigar ou não, em sua atividade particular.

### **Considerações complementares sobre os Conjuntos Padronizados**

Como em qualquer atividade, os Conjuntos Padronizados apresentam vantagens e limitações. Estas são bem poucas, e, possivelmente, as mais citadas são as relacionadas com os tubos verticais de instalação dos aspersores, existentes em cada posição de funcionamento. O problema reclamado está na grande quantidade de saídas de aspersores existentes na área (de 15 em 15 m), o que exige atenção dos operadores de máquinas agrícolas, para não atropelar as saídas. É necessário considerar e, se possível, conviver com este aspecto.

Com relação às vantagens, existem diversos pontos a considerar:

- a) baixa ocupação de mão de obra: em decorrência de só haver mudança de aspersores;
- b) facilidade de aquisição: por usar material típico da construção, facilmente encontrado;
- c) montagem simples: pela simplicidade da instalação e disponibilidade de montadores;

- d) preço competitivo: alinhado com as soluções de menor custo;
- e) água 100% aplicada na área de cultivo: pelo uso de aspersores setoriais;
- f) alta uniformidade de rega: pela superposição de jatos e 100% de aplicação no interior da área;
- g) instalação do projeto pode ser por etapas: pela rede cobrir áreas progressivamente;
- h) adequada à consorciação de culturas na área de cultivo;
- i) rede enterrada pode ser aproveitada em mudanças no método de irrigação (de aspersão para gotejamento, por exemplo);
- j) baixo risco de erosão: por ter baixa intensidade de precipitação;
- k) consumo energético reduzido: por utilizar aspersores com baixa pressão operacional.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Especial nos cenários reais e previstos de déficit hídrico na agricultura, o uso eficiente dos recursos hídricos torna-se primordial. Nesse contexto, a irrigação deve ser cada vez mais considerada como estratégia na busca do desenvolvimento sustentável na agricultura.

Considerando-se a ocorrência frequente de déficits hídricos episódicos e sazonais, bem como a consequente diminuição na disponibilidade dos recursos hídricos, o desenvolvimento, a difusão e a implementação de tecnologias e informações tecnológicas, que visam à melhoria da eficiência do uso da água pela agricultura irrigada, tornam-se primordiais para o desenvolvimento sustentável da sociedade.

## RECOMENDAÇÃO

Para o uso adequado das tecnologias descritas e a implantação e manejo de sistemas de irrigação, recomenda-se a contratação de profissional habilitado para assumir a função de responsável técnico.

A EPAMIG e os autores desse artigo não se responsabilizam pelo uso inadequado dos processos.

## AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e demais colaboradores da EPAMIG e aos parceiros, pelo apoio ao desenvolvimento das pesquisas e pela concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.
- BRASIL. Lei nº 12.787, 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nºs 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nºs 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 14 jan. 2013.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L. de C. e. **Sistema Irrigado para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 174p.
- CHRISTOFIDIS, D. Irrigação: a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Irrigação & Tecnologia Moderna – ITEM**, Brasília, n.54, p. 46-55, 2002.
- DOLL, J.P.; ORAZEN, F. **Production economics: theory with applications**. 2.ed., Malabar, Flórida: Krieger, 1992. 470p.
- FAO. **Aquastat**. Rome, 2015. Disponível em: <[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm)>. Acesso em: 12 fev. 2015.
- FERREIRA, J.M.L. et al. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. **Informe Agropecuário**. Adequação socioeconômica e ambiental de propriedades rurais, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p.12-25, nov./dez. 2012.
- IRRIGER. **Irriger's numbers**. Uberaba, [2015]. Disponível em: <<http://irriger.com.br/en-US/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations**

**of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495p.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University-Agricultural and Irrigation Engineering Department, 1978. 271p.

SIMÃO, F.R. **Estudo de diferentes estratégias de manejo da irrigação de cinco importantes fruteiras na região Norte de Minas**. 2004. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

SIMÃO, F.R. **The effects of varying levels of deficit irrigation and episodic drought stress on West Texas cotton cultivars**. 2013. 214f. Tese (Doctor of Philosophy in Plant and Soil Science) – College of Agricultural Sciences and Natural Resources, Texas Tech University, Lubbock, 2013. Disponível em: <<http://repositories.tdl.org/ttu-ir/handle/2346/50661>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

SIMÃO, F.R.; RITCHIE, G.L.; BEDNARZ, C.W. Cotton physiological parameters affected by episodic irrigation interruption. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 3, n. 6A, p. 443-454, June 2013.

SIMÃO, F.R. et al. **Coletânea e análise de impactos ambientais gerados pelo Perímetro Irrigado de Jaíba**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. 67p. (EPAMIG. Documentos, 45).

SIMÃO, F.R. et al. Efeito do estresse hídrico na produtividade da lmeira ácida Tahiti irrigada, durante o ano de 2007. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória. **Anais...** Frutos para todos: estratégias, tecnologias e visão sustentável. Vitória: INCAPER: Sociedade brasileira de Fruticultura, 2008. 1 CD-ROM.

SMARTFIELD. **Smartfield: growing a greener future**. Lubbock, 2015. Disponível em: <[http://www.smartfield.com/smartfield\\_products/equipment/smartcrop/](http://www.smartfield.com/smartfield_products/equipment/smartcrop/)>. Acesso em: 10 mar. 2015.

STILLER, W.N.; REID, P.E.; CONSTABLE, G.A. Maturity and leaf shape as traits influencing cotton cultivar adaptation to dryland conditions. **Agronomy Journal**, v.96, n. 3, p. 656-664, May 2004.

# Genética e melhoramento: desenvolvimento e introdução de novas cultivares com tolerância ao déficit hídrico

Ana Cristina Pinto Juhász<sup>1</sup>, Aurinelza Batista Teixeira Condé<sup>2</sup>, Ester Alice Ferreira<sup>3</sup>,  
Fúlvio Rodriguez Simão<sup>4</sup>, Lilian Cristina Andrade de Araujo Teixeira<sup>5</sup>, Vânia Aparecida Silva<sup>6</sup>

**Resumo** - No atual cenário agrícola globalizado, estratégias que visam obter materiais genéticos para atender às demandas prioritárias da cadeia produtiva são imprescindíveis à segurança alimentar. Dentre estas, citam-se as relacionadas com as mudanças climáticas, principalmente o déficit hídrico, cada vez mais abrangendo um número maior de áreas produtivas. Nesse sentido, o Brasil investe em pesquisas que procuram minimizar os danos causados por esse fator climático abiótico limitante. Dentre as estratégias de estudo, o melhoramento genético de plantas é de grande importância, uma vez que poderia reduzir em até 25% as perdas ocasionadas pelo déficit hídrico. O uso de variabilidade genética disponibilizada em Bancos de Germoplasma, junto às estratégias de melhoramento genético (tanto convencional, quanto de técnicas biotecnológicas), e o conhecimento de processos fisiológico e bioquímico do fenômeno seca são ferramentas que amparam o melhoramento genético de plantas, as quais já estão sendo utilizadas no desenvolvimento de cultivares das principais culturas economicamente relevantes para o País.

**Palavras-chave:** Biotecnologia. Melhoramento genético. Risco climático. Estresse hídrico. Déficit hídrico. Genótipo tolerante.

## INTRODUÇÃO

Na atualidade, é um grande desafio para os programas de melhoramento genético gerar genótipos que acompanhem as demandas relacionadas com os fatores climáticos. Dentre essas demandas, a disponibilização de genótipos com tolerância ou resistência ao estresse hídrico é uma das vertentes atuais em que o melhora apresenta-se engajado.

Tal prioridade à temática resistência à seca deve-se ao enfoque diante da perspectiva de mudanças climáticas (veranicos, aquecimento global, aumento de fenômenos como desertificação, alte-

ração dos índices pluviométricos, dentre outros), assinaladas como consequências do efeito estufa, o que vem aumentando consideravelmente os eventos de seca nas últimas décadas.

A redução da produtividade de grãos pelo estresse hídrico pode ser amenizada por algumas práticas de manejo. Entretanto, o maior progresso tem sido obtido por meio do melhoramento genético, uma vez que cultivares tolerantes têm a capacidade de interligar uma diversidade de sinais ambientais a sinais metabólicos, que regulam a expressão gênica durante o estresse (CUSTÓDIO et al., 2009), possibilitando assim a sua sobrevivência.

Estima-se que 25% das perdas por déficit hídrico podem ser eliminadas por melhoramento genético.

Neste contexto, a busca por cultivares mais tolerantes ou resistentes à seca tem sido foco constante de pesquisadores, visto ser este fator abiótico limitante para a obtenção de máxima produtividade, além de limitar a distribuição de espécies vegetais às mais variadas regiões (VERS-LUES et al., 2006).

Assim, os objetivos deste artigo são: descrever as estratégias para melhoramento genético no desenvolvimento de cultivares, e apresentar genótipos que impliquem em fenótipo de interesse adap-

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG Triângulo e Alto Paranaíba/Bolsista FAPEMIG, Uberaba, MG, ana.juhasz@epamig.br

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas, Lavras, MG, aurinelza@epamig.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas, Lavras, MG, ester@epamig.br

<sup>4</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Pesq. EPAMIG-DPPE/Bolsista FAPEMIG, Belo Horizonte, MG, fulvio@epamig.br

<sup>5</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, M.Sc., Doutoranda Genética e Melhoramento de Plantas UNESP, Jaboticabal, SP, araujo.l.c.a@gmail.com

<sup>6</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, vania.silva@epamig.br

tados às condições de déficit hídrico, em culturas de relevante importância econômica.

## ESTRATÉGIAS PARA MELHORAMENTO GENÉTICO

Os genótipos possuem dois mecanismos de sobrepor à seca: fuga ou tolerância. O mecanismo de fuga é descrito por Verslues et al. (2006) como a capacidade de a planta evitar a falta de água nos tecidos durante a seca, por meio da manutenção do turgor e volume celular, tanto pela absorção de água por um sistema radicular abundante, como pela redução de sua perda por meio da transpiração por vias não estomáticas, como a cutícula da folha. O mecanismo de tolerância é a capacidade de as plantas suportarem o déficit hídrico com baixo potencial de água nos tecidos, mantendo seu metabolismo, mesmo sob baixos potenciais de água no solo, em decorrência, principalmente, do ajuste osmótico e da capacidade antioxidante. Esse conhecimento é fundamental para a aplicação das estratégias dos programas de melhoramento genético.

Dentro das estratégias, trabalha-se com diversas alternativas para solução desse fator limitante:

- a) uso de seleção direta, indireta ou combinada: programas de melhoramento convencional baseiam-se no estudo de caracteres fenotípicos, de preferência com alto valor adaptativo, alta herdabilidade, de fácil mensuração e correlacionados com o rendimento, que são influenciados pelo fator em questão. A seleção direta de genótipos é realizada sob a condição de estresse hídrico; a indireta, sem condição de estresse hídrico, e a combinada, em ambas as situações. Na cultura do milho, por dificuldade de seleção direta para tolerância à seca, são empregados caracteres secundários, como o caráter *staygreen*, prolificidade e intervalo entre florescimento masculino e feminino (CÂMARA, 2006).

MARA, 2006). Genótipos de milho com elevado *staygreen*, alta prolificidade e reduzido intervalo entre florescimentos são menos afetados por estresse hídrico (CHAPMAN; EDMEADES, 1999). Na cultura do feijão, considerado uma espécie com pouca tolerância a estresses hídricos, tem-se encontrado correlação positiva entre disponibilidade de água no solo e alguns componentes do rendimento, sendo estes utilizados como caracteres secundários na cultura (BLUM, 1997);

- b) uso de seleção recorrente: estratégia para explorar os efeitos condicionados por poligenes com efeitos pequenos e cumulativos em algumas espécies. Essa estratégia é muito utilizada na cultura do milho (CHAPMAN; EDMEADES, 1999);
- c) uso da biotecnologia: considerando-se tolerância à seca como uma característica poligênica e difícil de ser trabalhada no melhoramento genético clássico, a biologia molecular assume papel-chave na identificação pontual de genes envolvidos nas respostas ao déficit hídrico, permitindo a identificação e a compreensão de rotas metabólicas envolvidas nas respostas fisiológicas à seca. Existem duas vertentes no âmbito molecular:

- desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas, por meio da transferência de genes de interesse para outros genótipos, assim como entre espécies incompatíveis. Um exemplo são as construções *Dehydration Responsive Element Binding* (DREB), nome de um gene extraído da *Arabidopsis thaliana*, que se encontra em estudos avançados para a cultura da soja, com a obtenção da soja DREB, tolerante à seca, em parceria realizada entre a Embrapa Soja e

o Japan Internacional Research Center for Agricultural Sciences (Jircas). Estudos semelhantes já foram liberados para as culturas do milho, algodão, feijão e cana-de-açúcar. Outro exemplo na cultura do milho é a cultivar *DroughtGard™*, obtida pelo evento MON87460,

- seleção assistida por marcadores moleculares: o uso desses genes como sondas moleculares em programas de melhoramento genético de plantas que buscam a identificação de genótipos e expressam mecanismos metabólicos que aumentam sua tolerância às condições de deficiência hídrica, possibilitada pelo mapeamento de locos relacionados com o estresse hídrico em estudo de QTLs (CÂMARA, 2006), já que as características morfofisiológicas, que afetam a tolerância à seca, apresentam natureza poligênica.

Além disso, devem-se avaliar estudos da interação e sobreposição de técnicas, tanto do ponto de vista fisiológico e bioquímico, quanto do estudo de natureza molecular.

## MELHORAMENTO GENÉTICO EM CULTURAS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

### Cereais

A produtividade dos cereais depende da quantidade de água disponível no solo, e as cultivares tolerantes à seca podem reduzir a quantidade de água consumida e/ou produzir mais grãos para uma mesma quantidade de água. Cabe ao melhorista avaliar os mecanismos de sobreposição à seca utilizada pelas espécies, e discernir quanto à metodologia de avaliação e critério de seleção.

Há várias espécies de cereais com cultivares e/ou linhagens registradas como tolerantes à seca, obtidas por métodos de melhoramento clássico (Quadro 1).

QUADRO 1 - Cultivares e/ou linhagens de diferentes cereais tolerantes à seca obtidas em diferentes Centros e Institutos por meio de técnicas de melhoramento genético convencional

Cereal	Cultivar/Linhagem	Desenvolvimento	Centro ou Instituto envolvido
Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	MGS 1 Aliança	Método <i>bulk</i> . Genitores: PF 858 x OCEPAR 11	EPAMIG
	Ripper	Método <i>bulk</i> modificado	Colorado Agricultural Experiment Station (Estados Unidos)
Cevada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.)	Lenetah	Método genealógico ou <i>pedigree</i> Genitores: 94Ab12981 x 91Ab3148	United States Department of Agriculture (USDA) - Agricultural Research Service, Aberdeen, ID cooperada com Idaho Agricultural Experiment Station (Estados Unidos)
	Giza 126	Seleção de população F3 do Icarda. Genitores: Baladi Bahteem x SD729-Per 12762BC	International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (Icarda)
	Giza 124	Seleção fenotípica dentro de famílias F4	Sakha Research Station Northern Delta Region (Egito)
Milho ( <i>Zea mays</i> L.)	BRS Gorutuba	Seleção massal estratificada (variedade de população aberta)	Embrapa Tabuleiros Costeiros
	ND 2005 e ND 2006	Seleção recorrente	North Dakota Agricultural Experiment Station (Estados Unidos)

FONTE: Dados básicos: Ashraf (2010).

O conhecimento da fisiologia da planta é fundamental no estudo de fenotipagem de cultivares para melhor aproveitamento desses genótipos em programas de melhoramento, com mais eficiência no processo. Essa interação proporcionará aos melhoristas, juntamente com profissionais de outras áreas do conhecimento, contribuir ativamente na identificação de genótipos superiores em relação à tolerância à seca (DURÃES et al., 2004).

Durães et al. (2004) concluíram que estratégias de mapeamento genético e de testes de associação fenótipo-genótipo podem ser utilizadas para identificação de genes e regiões genômicas associadas ao controle da tolerância ao estresse hídrico. O mapeamento genético permite determinar o controle genético de uma característica complexa, possibilitando identificar o número e a localização de genes que atuam na expressão do estresse hídrico, mensurando o seu efeito na variação fenotípica e suas interações.

A Embrapa e algumas instituições de pesquisa desenvolvem o Projeto ORYGENS (genes de *Oryza*). Tal Projeto fundamenta-se no desenvolvimento de

pesquisa com a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) e seus parentes próximos, como o milho e o sorgo. Permite a integração do conhecimento atual da ciência genômica vegetal, revigorado com o sequenciamento do genoma estrutural de arroz, nas rotinas dos programas de melhoramento genético. O germoplasma submetido à análise fenotípica é utilizado concomitantemente para avaliação genotípica com marcadores moleculares. O mapeamento genético e de testes de associação fenótipo-genótipo é utilizado para a identificação de genes e de regiões genômicas associadas ao controle do estresse hídrico.

O uso da Engenharia Genética, em especial o de eventos transgênicos, está sendo estudado em todo o mundo para várias características, inclusive com o objetivo de melhorar a tolerância a estresses bióticos e abióticos em uma série de culturas (ASHRAF et al., 2010). A cultivar de milho *DroughtGard*<sup>TM</sup> é um exemplo de transgênico obtido pelo evento MON 87460 plantado pela primeira vez nos Estados Unidos, em 2013. O evento foi doado pela Monsanto para a Water Efficient

Maize for Africa (WEMA) – Milho de Uso Eficiente da Água para a África, em uma parceria público-privada, criada com o intuito de desenvolver o primeiro milho transgênico tolerante à seca, adaptado a países africanos (CLIVE, 2014).

### Soja

Apesar dos esforços, ainda não há uma cultivar de soja totalmente resistente à seca, mas há uma variabilidade para o fenótipo em estudo, existindo cultivares com melhor adaptabilidade em condições ambientais específicas.

A construção rd29:DREB1A e DREB2, desenvolvida a partir de elementos gênicos de *Arabidopsis thaliana*, objetiva conferir aumento de tolerância à seca. Na vertente molecular, a soja DREB, evento transgênico que apresenta as construções gênicas DREB, está em desenvolvimento. Este projeto é resultado de pesquisa da Embrapa e do Jircas.

Já a construção rd29: GUS também será utilizada para verificar os níveis de déficit hídrico necessários para ativar o promotor rd29 de *Arabidopsis thaliana* em soja.

A soja DREB, com tolerância à seca, ainda está em fase de seleção do evento elite. Portanto, ainda não foram iniciados os estudos para sua regulamentação. No projeto, as atividades com a soja DREB envolverão basicamente cruzamentos e seleção de possíveis eventos elites, para que seja possível desenvolver germoplasma geneticamente modificado com essa característica, o que poderá representar uma grande contribuição para o futuro da agricultura, especialmente para o cenário de aquecimento global acelerado.

### Fruticultura

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas e detém os maiores e melhores Bancos de Germoplasma do mundo das principais frutíferas cultivadas, dentre estas abacaxi, banana, citros, maracujá e videira. São mais de 15 mil acessos distribuídos nas instituições de pesquisa, dentre as quais destacam-se:

- a) Instituto Agronômico de Campinas (IAC) para as frutíferas: videira, pessegueiro, pereira, ameixeira, macieira, maracujazeiro, abacaxizeiro, bananeira e mangueira, dentre outras;
- b) Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), considerada referência no melhoramento genético da macieira;
- c) Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), com abacaxizeiro e mamoeiro;
- d) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que possui o maior número de acessos, com destaque para a Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, com abacaxi, banana e citros; e a Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, com pessegueiro.

Os Programas de Melhoramento Genético de Frutíferas buscam o desenvolvimento de cultivares que atendam à demanda do mercado consumidor, agre-

gando características de adaptação às condições edafoclimáticas das respectivas regiões de cultivo. Nesse sentido, a tolerância ao déficit hídrico está entre os fatores abióticos estudados para a maioria das frutíferas cultivadas, tendo em vista que algumas regiões brasileiras são caracterizadas pela baixa precipitação pluviométrica e/ou distribuição irregular das chuvas.

Algumas frutíferas, tradicionalmente denominadas temperadas, como videira, pessegueiro e figueira, entram no período de dormência em condições de estresse hídrico. Assim, deve ser considerado que as respostas das plantas frutíferas ao estresse hídrico variam, principalmente em função da espécie e do estágio fenológico.

O maior Programa de Melhoramento Genético de Frutíferas do Brasil é o de plantas cítricas, representadas por laranjeiras, tangerineiras e limoeiro, e destaca-se também pelo maior número de acessos no mundo. Algumas características peculiares a esse gênero, como os longos ciclos de reprodução e longos períodos de juvenilidade, poliembrião nucelar, alta heterozigose, partenocarpia, incompatibilidade e esterilidade, têm sido limitantes aos programas de melhoramento genético convencionais (OLIVARES-FUSTER; DURAN-VILA; NAVARRO, 2005). As principais variedades cítricas cultivadas no Brasil e no mun-

do são oriundas de mutações espontâneas ou de seleção de plantas, sendo poucas as cultivares originadas de programas de melhoramento por hibridação.

Apesar da diversidade de genótipos cítricos e da variabilidade genética disponível nos Bancos de Germoplasma distribuídos no País, a citricultura brasileira foi e ainda está constituída na combinação laranja 'Pera' x limão 'Cravo'.

Na citricultura, a utilização da enxertia tem possibilitado a combinação com porta-enxertos e, na escolha destes, dentre vários fatores, considera-se também seu comportamento em condições de estresse hídrico (Quadro 2).

A utilização de novas cultivares, seja copa, seja porta-enxerto, é necessária para a diversificação da citricultura brasileira, ao introduzir e avaliar genótipos tolerantes ao estresse hídrico. Nesse sentido, avaliações de porta-enxerto, para identificação de genótipos potenciais, têm sido realizadas, conforme reportado por Suassuna et al. (2012). Estes autores, ao avaliarem a produção de fitomassa dos genótipos potenciais de porta-enxerto provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura, chegaram à seguinte classificação, quanto à tolerância ao estresse hídrico:

- a) moderadamente sensíveis ao estresse hídrico: 'LCRSC', o limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e o híbrido

QUADRO 2 - Comportamento dos principais porta-enxertos usados na citricultura em condições de estresse hídrico

Porta-enxerto	Comportamento em estresse hídrico
Limoeiro 'Cravo' <i>C. limonia</i> Osbec	Muito Tolerante
Limoeiro 'Rugoso' <i>C. jambhiri</i> Lush	Tolerante
Limoeiro 'Volkameriano' <i>C. volkameriana</i> Ten. & Pasq	Tolerante
Laranjeira 'Azeda' <i>C. aurantium</i> L.	Pouco tolerante
Laranjeira 'Caipira' <i>C. sinensis</i>	Pouco tolerante
Tangerineira 'Cleópatra' <i>C. reshni</i> Hort. ex Tan.	Tolerante
Tangerineira 'Sunki' <i>C. Sunki</i> Hort. ex Tan.	Pouco tolerante
Trifoliata <i>Poncirus trifoliata</i> L.	Intolerante
Citrumelero 'Swingle' <i>Poncirus trifoliata</i> x <i>C. paradisi</i>	Intolerante
Tangelo 'Orlando' <i>C. reticulata</i> Blanco x <i>C. paradisi</i> Macf.	Tolerante

FONTE: Dados básicos: Carvalho e Setin (2014).

‘TSKC x (TR x LCR) – 059’ - Tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum x {TR [Trifoliata (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) x LCR [Limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck)]} – 059; TSKFL {Tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção ‘da Flórida’} x CTC 25 {Citrange [*C. sinensis* x *P. trifoliata* (L.) Raf.] C 25} – 010; TSKC {Tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção comum} x TRENG – 256 {Trifoliata [*P. trifoliata* (L.) Raf.] ‘English’ - 264}; CTSW [Citrumelo (*C. paradisi* Macfad x *P. trifoliata*) ‘Swingle’]; LCRC – Limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck); {Tangerineira ‘Sunki’ [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] seleção ‘da Flórida’} x [Limoeiro ‘Rugoso Mozael’ (*C. jambhiri*Lush.) seleção de ‘Mozael’] – 007;

- b) sensíveis ao estresse hídrico: limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana* V. Tem. & Pasq.)

As ferramentas biotecnológicas têm auxiliado os programas de melhoramento na identificação e obtenção de material genético tolerante ao estresse hídrico.

Na Engenharia Genética, estudos realizados por Pedrosa (2013) buscaram validar a função de genes das famílias *Late Embryogenesis Abundant* (LEA) e 9-cis-epoxicarotenoide dioxigenase (NCED) em mecanismos de resposta e tolerância à seca, por meio da superexpressão em plantas transgênicas de tabaco, visando uma futura aplicação em trabalhos de transformação genética de variedades porta-enxerto de citros. Como resultado, concluíram que os genes CsLEA2e CsNCED3 contribuem para a estratégia fisiológica de tolerância à desidratação das plantas, por meio da ativação do mecanismo de fechamento estomático.

Em transformação genética de plantas cítricas, Pereira (2014) buscou a validação da função do gene CsNF-YA1. Os resultados desse estudo indicam que o referido gene é um fator de transcrição que atua em mecanismos de tolerância à seca, podendo ser potencialmente utilizado em estratégias de obtenção de variedades porta-enxerto de citros tolerantes à seca.

Dados do genoma funcional de citros estão disponíveis on-line na plataforma HarvEST<sup>7</sup>. Trata-se de um software de visualização de bancos de dados obtidos por meio de sequenciamento de *Expressed Sequence Tags* (EST), submetidos a várias condições, dentre estas o estresse hídrico.

São 141 bibliotecas e, aproximadamente, 470 mil ESTs dos gêneros *Citrus* e *Poncirus* com, cerca de 95% das sequências de EST. Dados do genoma estrutural e funcional dos citros foram disponibilizados, nos quais identificou-se a existência de diversos genes ortólogos de resposta, em tolerância à seca, previamente caracterizados em *Arabidopsis*.

Outra fruteira que merece destaque é a cultura da bananeira. A cultivar mais utilizada comercialmente em áreas irrigadas no Brasil é a ‘Prata-Anã’, conhecida pela grande necessidade de irrigação e pouca resistência a déficits hídricos, mesmo que de pequena magnitude (SIMÃO, 2004). Porém, em trabalho recente de Coelho et al. (2014), foi destacado que cultivares de bananeira respondem à aplicação de água de forma diferenciada, havendo, assim, aquelas mais ou menos tolerantes ao déficit hídrico no solo, bem como as de maior ou menor resposta à aplicação de água de irrigação.

### Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância no cenário nacional. É fonte de divisas e utilizada para diversas finalidades, como fabricação de aguardente, de rapadura, de melado, de açúcar

e de álcool, bem como para nutrição animal. Dentre todas as ações necessárias ao cultivo da cana-de-açúcar, a escolha das variedades é uma das mais importantes, devendo ser testada quanto à sua adaptação e estabilidade em condições locais. O destino a ser dado ao produto da cana-de-açúcar auxiliará na escolha da variedade, sendo também recomendado o uso combinado de cultivares de diversos tipos de maturação (precocidade).

A disponibilidade de cultivares de cana-de-açúcar resistentes à seca, apesar de desejável, não é uma característica facilmente encontrada. Barbosa et al. (2014) verificaram baixa resistência à seca nas cultivares RB 86-7515 e SP 81-3250. Para estas cultivares, balanços hídricos com valores abaixo de -13 mm causam queda significativa na população final de plantas, e valores abaixo de -35 mm levam à morte o total de plantas, indicando o uso benéfico da irrigação para essa cultura, mesmo que suplementar ou de salvação. Entretanto, Pincelli (2010) reportou tolerância à deficiência hídrica para as cultivares SP 81-3250 e SP 83-2847, por meio da análise de variáveis morfofisiológicas.

Nas condições semiáridas do Norte de Minas, em experimentos realizados pela EPAMIG, foram testadas e caracterizadas as seguintes cultivares “com potencial produtivo e características desejáveis para trato de animais e matéria-prima para a agroindústria”: RB 83-5486, SP 80-1842 e RB 76-5418 (precoce); e RB 85-5536, SP 80-1816 e IAC 86-2480 (de maturação média).

### Algodão

A produção de algodão no mundo ocorre parcialmente em áreas de sequeiro, ou com as demandas supridas pela chuva e, em parte, em áreas irrigadas. Entretanto, mesmo em áreas de cotonicultura irrigada, como o oeste do Texas, a redução na disponibilidade de água na fonte de

<sup>7</sup>Consultar em: <http://harvest.ucr.edu>.

recursos hídricos, no caso o Aquífero de Ogallala, proporciona aos produtores e à sociedade a busca de estratégias combinadas que visam o aumento da eficiência do uso de água. Neste contexto, o estudo da sensibilidade relativa de várias cultivares em condições diversas de déficit hídrico pode propiciar o desenvolvimento de práticas de manejo cultural adequadas para situações de disponibilidade hídricas adversas (Gráficos 1 e 2).

Observa-se, nos Gráficos 1 e 2, que há uma forte interação para produtividade de algodoeiros de cultivares diversas, tanto em função da ocorrência de déficit hídrico episódico ocorrido em estádios diferentes, quanto em função do uso de níveis de irrigação contínua reduzida. Exemplos claros são que, por exemplo, em 2012 em condição de ausência de déficit hídrico, a produção da cultivar DP 9012 foi significativamente superior à da cultivar FM 9180, mas isso não ocorreu para o tratamento que sofreu estresse durante os outros estádios fenológicos. De forma semelhante, em 2011, a produtividade da cultivar FM 9180 foi estatisticamente superior à das demais cultivares em condição de irrigação total, mas não em condições de sequeiro ou de irrigação com déficit.

Assim, por causa deste tipo de interação, companhias como Bayer Crop-Science e Monsanto têm investido em programas de melhoramento que visam à obtenção de cultivares que apresentem estabilidade de produção e qualidade, demandando menores suprimentos de água.

Como se sabe, a transpiração é o mecanismo pelo qual as plantas dissipam o calor, visto que características como forma, composição e disposição de folhas que promovem uma menor absorção de radiação e, conseqüentemente, menor aquecimento, promoveriam conjuntamente resistência ao estresse por calor e menor demanda potencial de água pelo algodoeiro, justificando o investimento nesse tipo de programa.

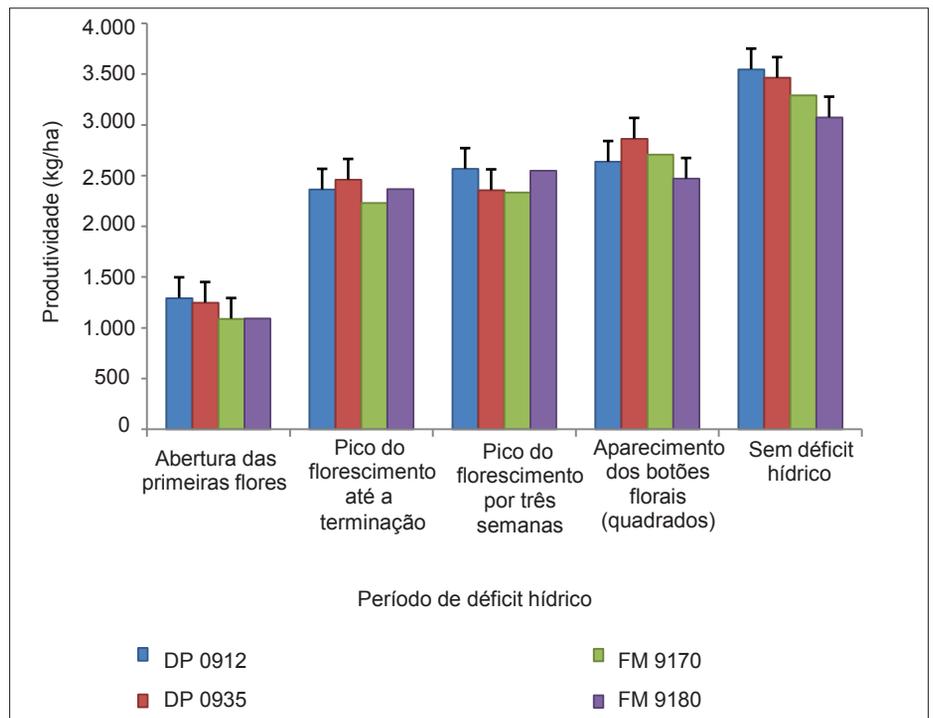


Gráfico 1 - Produtividade de algodão em caroço para cultivares submetidas a déficit hídrico em períodos diversos, em Lubbock, TX, EUA-2011

FONTE: Dados básicos: Simão (2013).

NOTA: Barras pretas representam uma diferença mínima significativa (DMS).

DMS = 203 kg/ha.

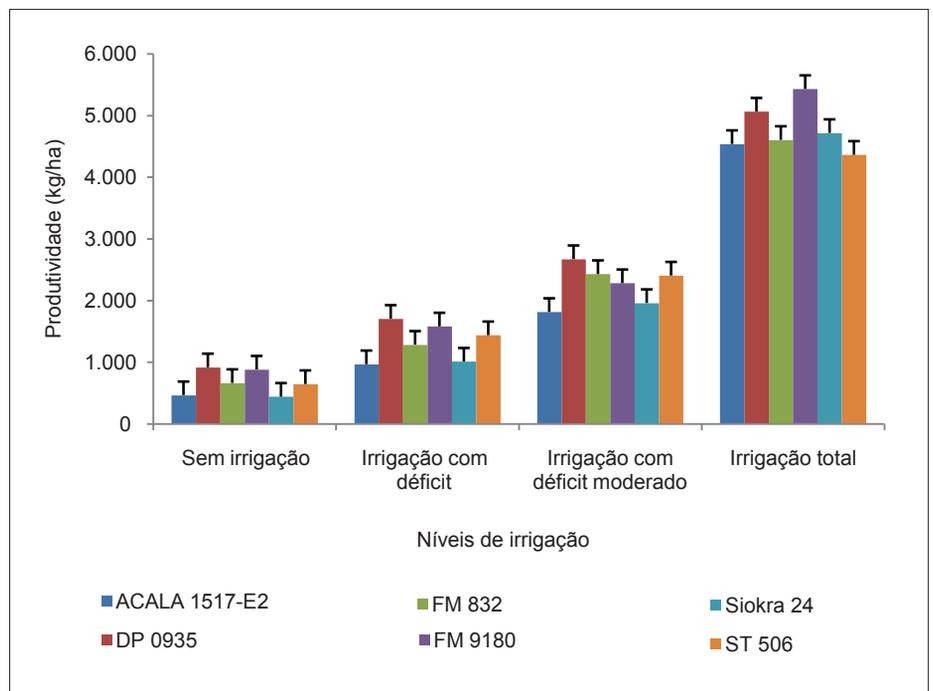


Gráfico 2 - Produtividade de algodão em caroço para cultivares submetidas a níveis de irrigação variável, em Lubbock, TX, EUA, 2011

FONTE: Dados básicos: Simão (2013).

NOTA: Barras pretas representam uma diferença mínima significativa (DMS).

DMS = 221 kg/ha.

## Café

Períodos de déficit hídrico acentuado, previstos em decorrência das mudanças climáticas, causarão impactos negativos na cafeicultura. Portanto, o desenvolvimento de cultivares mais resistentes a períodos de déficit hídrico, bem como de tecnologias que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de estiagem é o foco do melhoramento genético do cafeeiro no Brasil.

Dentre as 124 espécies do gênero *Coffea*, apenas *Coffea arabica* e *Coffea canephora* apresentam importância econômica em escala mundial. As demais espécies têm importância em programas de melhoramento genético, como fontes de variabilidade genética para resistência às principais pragas e doenças, qualidade, tolerância a estresses abióticos, precocidade de maturação dos frutos, dentre outras.

O desenvolvimento de cultivares de *Coffea arabica* tolerantes ao calor e à seca, nos diversos programas de melhoramento no Brasil, tem utilizado como fontes de tolerância genótipos portadores de genes das espécies *Coffea canephora*, *Coffea liberica*, *Coffea dewevrei* e *Coffea racemosa*. Essas espécies foram identificadas como tolerantes à seca e, portanto, nas últimas décadas ocorreram muitos trabalhos de transferência de genes dessas espécies para o *Coffea arabica* (SERA et al., 2013). Além disso, materiais de *Coffea arabica* procedentes da Etiópia também têm sido selecionados e cruzados com cultivares elites, para geração de híbridos com características de tolerância à seca (FAZUOLI et al., 2013).

Neste contexto, recentemente, as cultivares IAPAR 59 (portadora de genes do *Coffea canephora* do Híbrido de Timor) e IPR 100 (derivada de cafeeiros da série BA-10) foram identificadas como sendo tolerantes à seca (SERA et al., 2013).

Outros materiais que também têm sido identificados com potencial de tolerância são progênies de *Coffea dewevrei* e

cafeeiros derivados de híbridos interespecíficos (FAZUOLI et al., 2013).

No Programa de Melhoramento Genético da EPAMIG, as primeiras pesquisas, com a finalidade de seleção de genótipos tolerantes à seca, foram iniciadas na década de 1990, utilizando genótipos oriundos de diversos estudos realizados nas regiões Sul, Triângulo e Alto Paranaíba. Os genótipos superiores portadores de genes do *Coffea canephora* do Híbrido de Timor foram levados para as regiões consideradas marginais para acompanhamento e seleção. Atualmente, no estado de Minas Gerais, encontram-se instalados ensaios nas cidades de Couto de Magalhães, Unai, Pirapora, Turmalina, Itamarandiba, Capelinha e Aricanduva.

As estratégias de melhoramento de *Coffea canephora* para obtenção de materiais tolerantes à seca mais comumente utilizadas são a introdução de germoplasma, seleção clonal, hibridação, seleção recorrente, haploidiploidização, manutenção da variabilidade genética. Os programas de melhoramento genético no Brasil têm como tática o uso simultâneo e combinado de métodos de melhoramento via assexuado e sexuado (FERRÃO et al., 2007). Nesse caso, a propagação vegetativa das plantas superiores viabiliza a fixação dos caracteres selecionados, embora conduza ao estreitamento da base genética. Por outro lado, a variabilidade genética é explorada por meio da recombinação seletiva dos genótipos superiores com elevada frequência de genes favoráveis.

O desenvolvimento de cultivares de *Coffea canephora* tolerantes à seca tem sido realizado principalmente pelo Incaper em parceria com a Embrapa Café. As cultivares já desenvolvidas e caracterizadas por apresentarem tolerância à seca são as variedades clonais Emcapa 8141- Robustão Capixaba, Vitória Incaper 8142, Diamante Incaper 8112, Jequitibá Incaper 8122 e Centenária Incaper 8132.

No estado de Minas Gerais, desde o ano de 2001, a EPAMIG iniciou pesqui-

zas que visam à avaliação de clones obtidos pelo Incaper, os quais apresentaram excelente capacidade de adaptação e altas produtividades. A obtenção de genótipos mais produtivos em regiões com altas temperaturas, baixa altitude e disponibilidade hídrica restrita, como no Vale do Rio Doce, Vale do Jequitinhonha e Mucuri, é um dos objetivos do Programa.

O Banco de Germoplasma do Café representa um acervo de materiais genéticos que constitui fonte de variabilidade genética para utilização em Programas de Melhoramento Genético do Cafeeiro. As principais coleções de germoplasma de *Coffea* existentes no Brasil estão localizadas em bancos da EPAMIG, IAC, Incaper, Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Fundação Procafé. As coleções são formadas por diferentes espécies, mutantes, formas botânicas, genótipos e cultivares oriundas de programas de melhoramento; variedades exóticas e introduções oriundas dos centros de origem e de diversificação de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*.

Com o objetivo de identificar fontes de tolerância à seca, os trabalhos de caracterização morfológica, agrônoma, química e molecular, realizados com os materiais genéticos mantidos nos Bancos de Germoplasma, são contínuos, bem como a introdução de novos acessos por meio de intercâmbio de registros com bancos de instituições nacionais e internacionais.

Na área da Biotecnologia, há possibilidade de geração de uma enorme quantidade de informações genéticas que podem auxiliar e acelerar os Programas de Melhoramento Genético do Cafeeiro, visando tolerância à seca. Exemplo disso é o Banco de Dados do Genoma Café, uma iniciativa do Consórcio Pesquisa Café, coordenado pela Embrapa Café, em colaboração com outras instituições de fomento e pesquisa, que possibilitou a identificação de mais de 33 mil genes distintos de *Coffea arabica*, *Coffea canephora* e *Coffea racemosa*.

A construção das bibliotecas do genoma funcional do cafeeiro relacionado com a seca foi realizada por meio do sequenciamento de cDNAs (ESTs), sintetizados a partir de material vegetal de *Coffea arabica* submetido ao estresse hídrico em campo e de um clone tolerante à seca de *Coffea canephora* submetido ao estresse hídrico em vasos. A informação disponível nesse Banco de Dados é, atualmente, trabalhada para identificar os genes relacionados com a tolerância à seca em café.

A realização de análises funcionais tem identificado genes candidatos associados à tolerância à seca em café. Os genes identificados estão associados à percepção e sinalização de ABA, controle da transcrição e genes estruturais responsivos à seca, como por exemplo, o CcDREB1D (gene que codifica o fator transcrição envolvido na rota de sinalização de estresse, independentemente de ABA) (MARRACINNI et al., 2012) e CaHB12 (fator transcricional pertencente à família homeobox) (UFRJ; EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA, 2013).

A expectativa é a de que estes genes poderão ser utilizados tanto como marcadores moleculares, durante o processo de seleção, quanto como candidatos para transformação de plantas, visando ao desenvolvimento de cultivares com tolerância à seca. Um exemplo disso é o gene CaHB12, que, quando transferido para *Arabidopsis*, tornou esta planta altamente tolerante à seca (UFRJ; EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA, 2013).

Outro destaque recente na biotecnologia cafeeira é o sequenciamento, pela primeira vez no mundo, do genoma completo do café (*Coffea canephora*), realizado por um consórcio internacional composto por 11 países, dentre estes o Brasil. Com o conhecimento do genoma completo, será possível a aplicação de técnicas genômicas avançadas nos Pro-

gramas de Melhoramento Genético do Cafeeiro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Selecionar e disponibilizar progênies superiores que agreguem tolerância ou resistência ao estresse hídrico é um grande desafio para o melhorista, visto que o fenótipo apresenta comportamento complexo, devendo-se trabalhar com a interação genótipo x ambiente, obtenção de genótipos com comprovada adaptabilidade e estabilidade em ambientes desfavoráveis, aliada à grande quantidade de locos de caráter quantitativo associado.

Além disso, é fator preponderante a escolha adequada de técnica seletiva, uso de variabilidade genética para seleção, a qual deve ser ofertada por Bancos de Germoplasma, e que a tolerância ao estresse hídrico não apresente correlação negativa com fenótipos relacionados com a produtividade.

Espera-se que a oferta de conhecimento acerca dos mecanismos morfofisiológicos, químicos e moleculares envolvidos nos genótipos em estudo gere novas técnicas que auxiliarão na eficácia da seleção e, conseqüentemente, reduzirão o tempo e o trabalho para avaliação de genótipos de tolerância a esse estresse abiótico.

Tal linha de pesquisa apresenta sua importância intensificada, tendo em vista o apelo direcionado à segurança alimentar, diante da crescente demanda por alimentos em decorrência do crescimento populacional, e à sustentabilidade ambiental, perante o desafio da manutenção da produção agrícola brasileira e mundial, além de possibilitar a expansão para áreas marginais de cultivo.

## AGRADECIMENTO

Ao Consórcio Pesquisa Café, pelo apoio financeiro; ao Banco do Nordeste; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo

apoio financeiro aos trabalhos e bolsas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ASHRAF, M. Inducing drought tolerance in plants: recent advances. **Biotechnology Advances**, v. 28, n. 1, p. 169-183, Jan./Feb. 2010.
- BARBOSA, F. da S. et al. Drought resistance of sugar-cane crop for different levels of water availability in the soil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 203-210, Mar./Apr. 2014.
- BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: BELHASSEN, E. (Ed.). **Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biology analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 57-70.
- CÂMARA, T.M.M. **Mapeamento de QTLs de caracteres relacionados à tolerância ao estresse hídrico em milho tropical**. 2006. 177f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- CARVALHO, S.A. de; SETIN, D.W. Propagação comercial de plantas cítricas. **Informe Agropecuário**. Citricultura, Belo Horizonte, v. 35, n. 281, p. 46-53, jul./ago. 2014.
- CHAPMAN, S.C.; EDMEADES, G.O. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: II - direct and correlated responses among secondary traits. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 5, p.1315-1324, Sept./Oct. 1999.
- CLIVE, J. **Status global das cultivares transgênicas comercializadas**: 2014. São Paulo: Conselho de Informações sobre Biotecnologia, [2014]. (ISAAA. Relatório, 49). Disponível em: <[http://cib.org.br/wp-content/uploads/2015/01/ISAAA\\_ExecutiveSummaryBriefs49\\_port.pdf](http://cib.org.br/wp-content/uploads/2015/01/ISAAA_ExecutiveSummaryBriefs49_port.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- COELHO, E.F. et al. Avaliação de genótipos de bananeira sob irrigação em condições semiáridas do norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23., 2014, Cuiabá. **Anais...** Fruticultura: oportunidade e desafios para o Brasil. Cuiabá: Sociedade Brasileira de Fruticultura

ra, 2014. 1 CD-ROM.

CUSTÓDIO, C.C. et al. Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de semente de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 131-143, 2009.

DURÃES, F.O.M. et al. **Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 17p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 39).

FAZUOLI, L.C. et al. Tolerância à seca e ao calor e características de frutos e de sementes de genótipos de *Coffea dewevrei*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 39., 2013, Poços de Caldas. **Anais...** Com boa tecnologia, mais café se anuncia. Poços de Caldas: Fundação PROCAFÉ, 2013. p. 247-248.

FERRÃO, R.G. et al. Melhoramento genético de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R.G. et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. cap.5, p.123-173.

MARRACCINNI, P. et al. Differentially expressed genes and proteins upon drought acclimation in tolerant and sensitive genotypes of *Coffea canephora*. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 11, p. 4191-4212, Apr. 2012.

OLIVARES-FUSTER, O.; DURAN-VILA, N.; NAVARRO, L. Electrochemical protoplast fusion in citrus. **Plant Cell Reports**, Berlin, v.24, n. 2, p. 112-119, May 2005.

PEDROSA, A.M. **Análise funcional dos genes CsLEA2 e CsNCED3 para tolerância à seca em citros**. 2013. 50f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2013.

PEREIRA, S.L. da S. **Análise funcional de um gene candidato de tolerância à seca em citros codificando para o fator nuclear y (nf-y)**. 2014. 44f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2014.

PINCELLI, R.P. **Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfológicas**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências

Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.

SERA, T. et al. Reação à deficiência hídrica em mudas de cafeeiros arábicos portadores de genes do *C. racemosa*, *C. liberica* e *C. canephora*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 15., 2013, Araguari. **Anais...** Araguari: Embrapa Café, 2013. 1 CD ROM.

SIMÃO, F.R. **Estudo de diferentes estratégias de manejo de irrigação em cinco importantes fruteiras na região Norte de Minas**. 2004. 77f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

SIMÃO, F.R. **The effects of varying levels of deficit irrigation and episodic drought stress on West Texas cotton cultivars**. 2013. 214f. Tese (Doctor of Philosophy in Plant and Soil Science) – College of Agricultural Sciences and Natural Resources, Texas Tech University, Lubbock, 2013. Disponível em: <<http://repositories.tdl.org/ttu-ir/handle/2346/50661>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

SUASSUNA, J.F. et al. Produção de fitomassa em genótipos de citros submetidos a estresse hídrico na formação do porta-enxerto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.12, p. 1305-1313, dez. 2012.

UFRJ; EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA (Rio de Janeiro, RJ). Marcio Alves Ferreira, Fernanda Pinheiro da Cruz Waltenberg, Eduardo Romano de Campos Pinto, Maria Fátima Grossi de Sá. **Utilização do gene homeobox de café CAHB12 na produção de plantas transgênicas mais tolerantes ao déficit hídrico e estresse salino**. BR n. PI 0106005, 12 nov. 2009, 13 out. 2013.

VERSLUES, P.E. et al. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, n. 4, p. 523-539, Feb. 2006.

# Oliveira no Brasil: tecnologias de produção



publicacao@epamig.br  
(31) 3489-5002



# Convivência com o Semiárido: introdução de novas espécies, cultivares e desenvolvimento de tecnologias para a agropecuária

*Alniusa Maria de Jesus<sup>1</sup>, João Batista Ribeiro da Silva Reis<sup>2</sup>, Domingos Sávio Queiroz<sup>3</sup>, Adriana Madeira Santos Jesus<sup>4</sup>, Paulo Emílio Rodrigues Donato<sup>5</sup>, Ariane Castricini<sup>6</sup>, Nívio Poubel Gonçalves<sup>7</sup>*

**Resumo** - A agricultura desenvolvida no Semiárido brasileiro tem como um dos principais desafios assegurar a convivência harmônica com as condições edafoclimáticas, cuja maior finalidade é a continuidade dos processos produtivos, possibilitando trabalho, geração de renda, segurança alimentar e redução da degradação ambiental. Em decorrência das chuvas irregulares, é preciso manejar os recursos hídricos para melhor planejar as atividades agrícolas. Isso significa abranger as questões relacionadas com o contexto ambiental específico do agroecossistema. A convivência com o Semiárido requer outros valores e outros padrões de produção, como as alternativas com base na agroecologia, por exemplo, na criação de pequenos animais e nos projetos associativos e cooperativos, que expressam uma economia solidária. O Semiárido convive com muitos problemas que impedem sua viabilização. Porém, é diante das adversidades climáticas e dos ensinamentos da natureza que as famílias aprendem a planejar suas atividades de produção de forma diversificada, de modo que assegurem sua soberania e segurança alimentar, principalmente se o ano de chuvas não for favorável. Nesse sentido, as capacidades de desenvolvimento sustentável do Semiárido propiciam oportunidades de aprendizagem, assessoria técnica e aprimoramento tecnológico.

**Palavras-chave:** Recurso hídrico. Déficit hídrico. Água pluvial. Palma forrageira. Umbu. Mandioca.

## INTRODUÇÃO

A região Semiárida ocupa uma área de, aproximadamente, 1 milhão de km<sup>2</sup>, sendo caracterizada pela heterogeneidade das condições naturais, como clima, solo, topografia, vegetação e características socioeconômicas (DONATO, 2011).

A natureza no Semiárido traz, em si, a marca da escassez hídrica. O agravante é o desconhecimento ou mesmo o desuso de muitas espécies com elevado po-

tencial produtivo, as quais poderiam ser utilizadas na época seca do ano, na forma in natura ou conservadas. O Semiárido é uma terra marcada pela irregularidade das chuvas, determinando longos períodos de secas, com forte deficiência hídrica e graves consequências sociais, que apresentam elevada dependência dos recursos naturais (FERREIRA, 1994).

As características edafoclimáticas e socioeconômicas do Semiárido brasileiro

requerem tecnologias específicas de utilização e conservação dos recursos hídricos, ressaltando a importância de explorar as potencialidades de forma sustentável e economicamente viável. Há dois aspectos fundamentais e específicos que devem ser considerados, quando da geração e aplicação de técnicas de cultivo e práticas de manejo de plantas nativas: a complexidade da comunidade vegetal e o caráter ecológico do manejo (ANDRADE et al.,

<sup>1</sup>Bióloga, Pós-Doc Fitopatologia, Pesq. EPAMIG Norte de Minas, Nova Porteirinha, MG, alniusa@epamig.br

<sup>2</sup>Engº Agrícola, D.Sc. Irrigação e Drenagem, Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Nova Porteirinha, MG, jbrsreis@epamig.br

<sup>3</sup>Zootecnista, D.Sc. Zootecnia, Pesq. EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Viçosa, MG, dqueiroz@epamig.br

<sup>4</sup>Engº Agrº, Pós-Doc Fitotecnia, Pesq. EPAMIG Triângulo e Alto Paranaíba, Uberaba, MG, adriana.madeira@epamig.br

<sup>5</sup>Engº Agrº, D.Sc. Zootecnia, Pesq. IFBaiano, Campus Guanambi, Guanambi, BA, donato@guanambi.ifbaiano.edu.br

<sup>6</sup>Engº Agrº, D.Sc. Fitotecnia, Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Nova Porteirinha, MG, ariane@epamig.br

<sup>7</sup>Engº Agrº, M.Sc. Entomologia, Pesq. EPAMIG Norte de Minas, Nova Porteirinha, MG, nivio@epamig.br

2010). Tais características influenciam diretamente a fisiologia e o metabolismo das plantas.

Entretanto, existem espécies vegetais que apresentam características que permitem desenvolver-se nestas regiões, conhecidas como plantas xerófilas. O xerofilismo é inerente àquelas plantas que toleram a escassez de água, que fogem aos efeitos da deficiência hídrica ou que resistem à seca (DUQUE, 2004).

As lavouras xerófilas representam uma boa opção para a agricultura no Semiárido. Nenhum país do mundo dispõe de um conjunto de culturas xerófilas valiosas como o Brasil. O melhor aproveitamento econômico dessas plantas deverá ser fundamentado nos conhecimentos mais racionais das condições características de cada uma das regiões naturais. Ressalta-se que essas espécies possuem mecanismos de adaptação com características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, visto que o de maior importância é o controle estomático, porque as principais perdas de água pelas plantas são realizadas pelos estômatos (90%).

As culturas xerófilas adaptam-se ao solo e ao clima do Semiárido, e não requerem o artificialismo da irrigação. Assim, o umbuzeiro, no período chuvoso, é forçado a restringir o consumo de água.

As plantas xerófilas podem ser classificadas como: efêmeras, suculentas ou carnosas e lenhosas. Como exemplos de vegetais suculentos, xerófilos, podem-se mencionar as cactáceas, sendo a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) a mais utilizada nessa região (DUQUE, 2004). Entre as efêmeras mais comuns, citam-se algumas gramíneas, tais como o sorgo e o milheto.

É preciso compreender que o cultivo de plantas xerófilas e de outras espécies do Semiárido não pode ser visto como uma atividade que necessita somente cultivar e esperar que a riqueza do solo e subsolo mantenha-se para sempre. Sendo assim, é necessário reciclar seus próprios insumos,

manter e recuperar a fertilidade do solo, com eficiência e menor dependência. Em decorrência do fenômeno natural da seca, o qual não pode ser modificado, torna-se fundamental e urgente aprender a conviver com esta situação. Assim, é imprescindível a utilização de alternativas que venham a amenizar os impactos negativos, gerando tecnologias agroecológicas de convivência com o Semiárido, para a redução dos riscos à seca (ANDRADE et al., 2010).

Daí a importância de estudos sobre a convivência como algo particular a cada região, adaptando-se a economia à realidade semiárida. A viabilização das atividades econômicas necessárias ao desenvolvimento sustentável, aliada à combinação de princípios e valores da convivência nas regiões Semiáridas, é um dos grandes desafios enfrentados atualmente (SILVA, 2006).

Salienta-se que a convivência com o Semiárido implica em uma harmonia entre humanos e o meio ambiente, pois não se trata de tentar modificar suas características naturais, e sim de adaptar-se a estas, para que se estabeleça um equilíbrio (PIMENTEL, 2002).

Nesse sentido, é necessário estimular o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na solução dos problemas. Uma forma importante de convivência com o Semiárido são os sistemas tradicionais, conhecidos como fundos de pasto, tecnologias que possibilitam a captação e a estocagem da água de chuva, os bancos de sementes e de proteínas, e enfatizar também as técnicas de fenação, silagem, além do cultivo de plantas forrageiras que garantam a alimentação dos animais na época das secas. Neste período, as culturas mais utilizadas são a palma forrageira e a mandioca. Esta última, principalmente por ser fonte de proteína e de fibras, sendo também usada para a alimentação humana.

Ressalta-se que as referidas tecnologias estão associadas às técnicas de manejo adequado do solo, utilizadas para

melhorar a produtividade e a qualidade da produção agrícola de frutas (SILVA, 2006) e de plantas ornamentais.

A utilização de espécies exóticas adaptadas às condições edafoclimáticas e com alto potencial forrageiro contribuíram significativamente no desenvolvimento dos rebanhos e podem ser aproveitadas em um curto prazo na economia local. O estudo das forrageiras xerófilas reveste-se de crucial importância, quando se considera que estas formam um grande grupo de espécies, com plantas de interesse ecológico e econômico (ARAÚJO, 2007).

Outra opção é o consórcio com plantas xerófitas ornamentais (cactus, agaves, bromélias e orquídeas), que possuem exigências edafoclimáticas idênticas às da palma forrageira, que, por sua vez, é uma alternativa para diversificação do cultivo e aumento da renda dos agricultores. As plantas xerófitas ornamentais apresentam elevado valor comercial, e, quanto maior for o seu porte, maior será o preço pago por espécie disponibilizada no mercado.

Os produtores poderão cultivar a palma forrageira para alimentação animal, produção de mudas comercializáveis para outros produtores dessa espécie ou utilizáveis no xeropaisagismo, concomitantemente à produção de outras espécies xerófitas. Por meio da diversificação, será possível produzir palma forrageira com menor impacto ambiental e possibilitar ao produtor uma nova alternativa de renda, com produção de plantas ornamentais xerófitas. Isso, porque, assim como a palma forrageira, essas plantas possuem o metabolismo ácido das crassuláceas – Crassulacean Acid Metabolism (CAM). A diversificação de espécies vegetais nos cultivos agrícolas é bastante benéfica, pois mantém a biodiversidade e influencia na defesa das plantas. Além disso, o xeropaisagismo tem sido cada vez mais valorizado mundialmente, em decorrência do apelo ambiental pela redução do consumo hídrico (informação verbal).<sup>8</sup>

<sup>8</sup>Informação concedida por Elka Fabiana Aparecida Almeida, pesquisadora da EPAMIG Norte de Minas, em 2015.

## CONVIVENDO COM O SEMIÁRIDO: PASTAGENS

A região Norte de Minas ocupa uma extensão de 120 mil km<sup>2</sup>, correspondendo a 20,7% da área total do estado de Minas Gerais. Apresenta diversidades físicas bem marcantes, pois certo grau de homogeneidade é dado pela restrição hídrica mais ou menos acentuada, o que torna a região reconhecida como aquela de maior grau de aridez em Minas Gerais.

O clima local, principal elemento de caracterização regional, é predominantemente Aw (classificação de Köppen) – clima tropical úmido (megatérmico) das savanas, com inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C.

Na porção mais ao norte da região, há transição para o tipo Bsh – clima semi-árido, tipo estepe, com chuva no verão, precipitação anual normalmente inferior a 750 mm e evaporação excedendo a precipitação. Nas partes mais elevadas do Espinhaço, prevalece o tipo Cwa – clima mesotérmico, de inverno seco e verão chuvoso, em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18 °C. A precipitação total varia entre 700 mm ao norte da região, até cerca de 1.200 mm na região da Serra do Espinhaço.

Em quase toda a região, as chuvas estendem-se de outubro a abril. No entanto, numa extensa área ao norte, o período chuvoso é mais curto, de outubro a fevereiro, com ocorrência ocasional do fenômeno de veranicos, de intensidade variada e imprevisível, provocando grandes prejuízos ao setor agrícola (ANTUNES, 1994).

No Norte de Minas, a vegetação apresenta grande diversidade fitofisionômica, com predominância da vegetação de Cerrado e formações afins ao noroeste, sul e planaltos da Serra do Espinhaço da região Norte de Minas.

A Caatinga ocupa uma extensão expressiva, dominando na parte central e norte da região. No limite dessas regiões, podem ser observadas, em graus distintos

de dominância de uma formação sobre outra, as Florestas Caducifólias/Caatinga e Caatinga/Cerrado (BRANDÃO, 1994).

Em função da diversidade de solos e vegetação da região, também as pastagens refletem esta variação. Assim, ao sul e a oeste, onde há predomínio da vegetação de Cerrado, há grande exploração de pastagens naturais, e as pastagens artificiais são, em sua maioria, formadas por espécies do gênero *Urochloa* (sinonímia *Brachiaria*). Nas áreas de melhor fertilidade, além de *Brachiaria*, encontram-se também cultivares do gênero *Panicum*.

Na região mais ao norte, onde predomina a vegetação de Caatinga e matas, a quase totalidade das pastagens é artificial, sendo encontradas espécies do gênero *Brachiaria*, além de cultivares dos gêneros *Panicum* e *Cenchrus*. Os ciclos periódicos de seca e chuva condicionam o comportamento do pecuarista, que direciona a formação ou reforma das pastagens para as cultivares do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, se as precipitações são mais altas, e para cultivares do gênero *Cenchrus*, se as precipitações são mais baixas.

As espécies forrageiras reagem de maneira diferenciada aos fatores de ambiente, especialmente a disponibilidade de umidade, principal fator de limitação ao crescimento de forrageiras na região. Essas diferenças decorrem de mecanismos que algumas espécies desenvolveram para evitar ou tolerar o estresse hídrico, seja através do desenvolvimento de raízes mais longas, com modificação da superfície foliar depositando mais cera ou desenvolvendo pilosidade mais intensa, alterando a orientação da folha, a velocidade da senescência da folha e o ajustamento osmótico nas regiões de crescimento, dentre outros.

Nas condições do Norte de Minas, a instabilidade de chuvas, ao proporcionar a ocorrência frequente de veranicos ao longo da estação chuvosa, pode afetar profundamente o crescimento do pasto, reduzindo a disponibilidade de forragem e elevando a pressão de pastejo, com con-

seqüências extremamente negativas para a persistência da pastagem. O efeito manifesta-se de maneira imediata, caso a disponibilidade de forragem seja baixa por ocasião da ocorrência de veranicos, ou produzirá um efeito posterior, ao reduzir a recuperação do pasto e a disponibilidade futura, gerando problemas de superpastejo na estação seca seguinte.

Interessa ao criador da região Norte de Minas, cuja precipitação irregular é o principal limitante, espécies forrageiras com melhor desempenho sob déficit hídrico e que sejam capazes de sobreviver aos períodos de estresse que ocorrem com variada frequência. Dentro dessa perspectiva, Pezzopane et al. (2014) avaliaram o desempenho de quatro cultivares de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse hídrico (Quadro 1).

O efeito do déficit hídrico manifestou-se pela redução na massa de forragem seca em todas as cultivares, cuja redução média foi de quase 38%. Verifica-se que a cultivar Piatã apresentou a menor redução na produção sob estresse hídrico (28%), sinalizando para maior tolerância ao déficit hídrico. Deve-se levar em conta que, se a produção sob estresse hídrico não diferiu entre as cultivares, sob condições de suficiência hídrica, as outras cultivares tiveram desempenho melhor.

Em capim-elefante, Barreto et al. (2005), obtiveram redução muito mais intensa na produção de forragem, em decorrência do déficit hídrico (77,5%), (Quadro 2), que Pezzopane et al. (2014) em cultivares de *B. brizantha*. O híbrido de milho não foi mais eficiente que as demais cultivares de capim-elefante em tolerar o déficit hídrico, mas apresentou produção muito superior aos demais sob estresse hídrico, destacando como alternativa para condições semiáridas, pelo potencial de produção. Nesse caso, a tolerância ao estresse hídrico deve ser vista com reserva, e o potencial de produção absoluta é um critério importante para a seleção de espécies forrageiras na condição de déficit hídrico.

QUADRO 1 - Massa seca total de plantas de quatro acessos de *Brachiaria brizantha* submetidas ou não ao estresse por déficit hídrico

Genótipo	Massa seca total (g/vaso)			Redução (%)
	Com estresse	Sem estresse	Média	
Piatã	11,6±2,2	16,1±0,9	13,9 A	27,95
Paiaguás	13,9±0,5	23,2±1,9	18,6 A	40,09
Marandu	13,9±0,7	23,6±2,6	18,7 A	41,10
Xaraés	12,3±0,7	24,0±2,0	18,1 A	48,75
Média	13,1b	21,0 a		37,62

FONTE: Dados básicos: Pezzopane et al. (2014).

NOTA: Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

QUADRO 2 - Produção de massa de forragem seca de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e de híbrido de capim-elefante x milho (*P. americanum*) submetidos a regimes de umidade

Cultivar	Produção massa seca (g/m <sup>2</sup> )		Redução (%)
	Sem estresse	Com estresse	
Cameroon	335,56 Ab	67,64 Bb	79,84
Roxo de Botucatu	305,09 Ab	61,32 Bb	79,90
Mott	330,11 Ab	103,84 Bab	68,54
Híbrido HV-241	1.268,57 Aa	229,18 Ba	81,93
CV(%) regime umidade	7,57		
CV(%) cultivares	15,70		

FONTE: Dados básicos: Barreto et al. (2005).

NOTA: Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

CV - Coeficiente de variação.

## PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, espécie da família das cactáceas, gênero *Opuntia*, é também conhecida como figueira-da-índia, nopal, nopalera, higuera-de-índias, higuera-de-pala, tuna, figueira-da-barbaria, figuera-de-mor e indiapico. É natural da América, sendo cultivada nas Américas tropical e subtropical e nos países mediterrâneos (MANICA, 2002).

A palma forrageira foi introduzida no Brasil por volta de 1880, no estado de Pernambuco. Essa cultura é considerada como uma das principais plantas capazes de produzir grande quantidade de matéria seca (MS), para a alimentação de rumi-

nantes no Semiárido brasileiro, principalmente no período seco, que tem maior escassez de forragem.

Esta cactácea apresenta baixo conteúdo de MS (10%), quando comparada com a maioria das forrageiras (SANTOS; SANTOS; FARIAS, 2001). Dessa forma, funciona como importante fonte de água para pequenos ruminantes em regiões Semiáridas (VIEIRA, 2006). A planta apresenta baixa porcentagem de proteína bruta (PB), em torno de 5% a 6%, e produção de MS que varia de 5 a 10 t/ha, como consta na maioria das cartilhas destinadas aos produtores rurais.

No Brasil, a Região Nordeste destaca-se pela produção de palma forrageira para

alimentação de animais, sobretudo pelas condições favoráveis ao seu cultivo, tais como temperatura, luminosidade e umidade relativa (UR) (NUNES et al., 2012).

A exploração pecuária na Região Nordeste é prejudicada pelas constantes secas e irregularidades das chuvas, causando assim, baixa produtividade de seu rebanho. O período de seca raramente é menor do que oito meses, diminuindo a disponibilidade de pasto para os animais, o que afeta a competitividade da produção e, muitas vezes, até a sobrevivência das espécies exploradas.

Trabalhos conduzidos na região de Guanambi, BA, comprovaram que, com manejo adequado de espaçamentos e adubação, é possível aumentar a produtividade e melhorar a qualidade nutricional, elevando, principalmente, o teor de PB da forragem de palma (DONATO et al., 2014ab).

A lavoura deve ser implantada em solos bem drenados, próxima ao local de consumo da forragem pelos animais e isolada com cercas. A época de plantio indicada é no período seco, dois meses antes da estação chuvosa. Os cladódios para plantio devem ser colhidos cerca de 15 dias antes, passar por um período de cura, para cicatrização do corte, evitando-se o apodrecimento, quando colocados em contato com o solo (Fig. 1).

A área deve ser subsolada, arada, corrigida, gradeada, sulcada no espaçamento de plantio e adubada. A adubação pode ser química, orgânica e química ou somente orgânica. No plantio, deve-se enterrar de 30% a 50% do comprimento do cladódio, e este deve ser posicionado com a face plana voltada para o sentido Leste/Oeste.

A realização de adubação de cobertura com nitrogênio (N) e potássio (K) é importante para o desenvolvimento da planta e manutenção da fertilidade do solo, uma vez que a planta extrai esses nutrientes em quantidades elevadas, e os cladódios são retirados da área no processo de colheita.

A colheita ocorre a partir de sete meses do plantio em áreas com fertilidade elevada, e o ideal é a colheita a partir de 20 meses do plantio. Com colheitas anuais, a lavoura tem uma vida produtiva de 10 a 20 anos, se conduzida adequadamente.

A colheita e o transporte são as atividades mais onerosas da cultura. Portanto, um espaçamento que permita a entrada de máquinas para a retirada dos cladódios é importante. Nesse sentido, espaçamentos em fileiras duplas, triplas ou quádruplas são fundamentais, para que carroças de tração animal ou mesmo carretas rebocadas por tratores possam entrar e fazer a retirada dos cladódios de dentro da lavoura (Fig. 2).

As populações variam de 5 mil a 100 mil plantas por hectare, mas é possível atingir produtividades de matéria verde de 150 a 300 t/ha/ano, com populações de plantas, que variam de 20 mil a 40 mil plantas/hectare.

O custo de implantação da lavoura de palma é crescente, em função do aumento da população, pois um inconveniente é que o plantio ocorre em época de escassez de forragem e, nesse período, há dificuldade de encontrar cladódios para plantio, além do preço elevado da palma, em função da alta procura pelos produtores para alimentar o rebanho.

Trabalhos realizados na região de Guanambi (Gráfico 1A) indicam que a produção de MS cresceu em função do aumento da dose de esterco bovino aplicado ao solo até a dose de 71,8 Mg/ha, atingindo a produção de 21,8 Mg/ha de MS (DONATO, 2011).

O teor de PB, que é considerado baixo, pode ser melhorado em função da adubação da planta.

Foi possível aumentar o teor de PB da palma forrageira cultivar Gigante com o aumento das doses de esterco bovino aplicadas ao solo (DONATO et al., 2014b). O teor de PB subiu de 9,6 dag/kg para 12,5 dag/kg com o aumento das doses de esterco bovino de 0 a 90 dag/kg (Gráfico 1B).



Paulo Emílio Rodrigues Donato

Figura 1- Cladódios na sombra em processo de cura no primeiro plano, plantio em fileiras quádruplas no segundo plano e cerca de proteção, set. 2014



Paulo Emílio Rodrigues Donato

Figura 2 - Área pronta para ser colhida, mar. 2015

NOTA: Fileiras quádruplas, permitindo a entrada de carroça para o transporte da palma (espaçamento 1,0 x 0,20 x 3,00m).

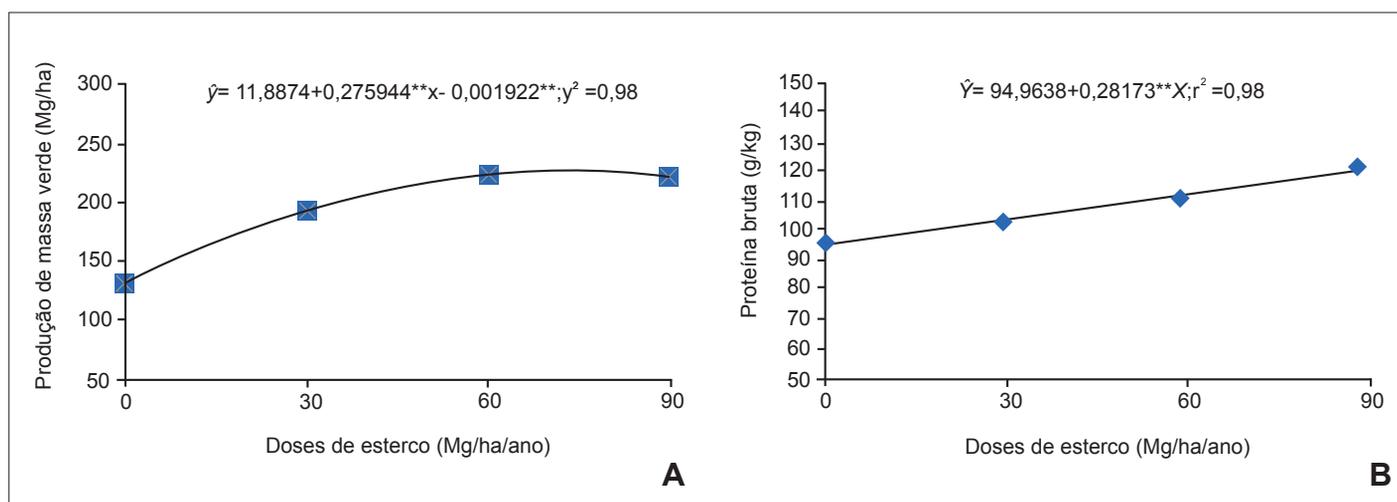


Gráfico 1 - Produção média de massa verde e teor de proteína bruta (PB) em tecidos de cladódios aos 600 dias após o plantio, em palma forrageira 'Gigante', em função de doses de esterco bovino

FONTE: Donato (2011) e Donato et al. (2014b).

NOTA: Gráfico 1A - Produção média de massa verde. Gráfico 2B - Teor de proteína bruta (PB) em tecidos de cladódios.

\*\*significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

### Pós-colheita de figo-da-índia

O fruto figo-da-índia (*Opuntia ficus-indica*) apresenta morfologia idêntica à do cladódio (folha modificada). É doce e succulento, com 4,8 a 10 cm de comprimento e largura de 4 a 8 cm. Seu tamanho é determinado em função do número de sementes fecundadas e abortadas, e sua forma apresenta-se bastante diversificada. A massa pode variar entre 100 e 200 g. Desse total, 30% a 40% representam a massa da casca que, nos estádios iniciais de desenvolvimento, é verde, mudando para esverdeado, amarelo, dependendo da cultivar. Sua porção comestível (polpa), que corresponde a cerca de 45% do peso total, é suave, succulenta, açucarada, muito aromática quando madura, e possui numerosas sementes pequenas e lenticulares, cujo peso total representa de 5% a 15% do fruto (MANICA, 2002; RAMADAN; MÖRSEL, 2003).

Por ser não climatérico, o fruto deve ser colhido maduro, uma vez que, diferentemente dos climatéricos, não possui as reservas necessárias para promover as modificações relacionadas com o amadurecimento fora da planta (ALVES et al., 2008).

As tecnologias de conservação pós-colheita, como refrigeração e atmosfera

modificada por embalagens, podem ser utilizadas para a extensão da vida útil dos frutos. Entretanto, a sensibilidade ao frio e a anaerobiose podem proporcionar perdas de qualidade irreversíveis.

Nunes (2015) revestiu figos-da-índia com películas de fécula de mandioca e verificou que o revestimento a 3% contribui para a conservação pós-colheita dos frutos mantidos sob refrigeração de 10°C, pois retardou a perda de massa e reduziu o aumento nos teores de sólidos solúveis, dos açúcares totais e carotenoides.

A produção de frutos não é adequadamente explorada no Brasil, em parte por causa da escassez de informações sobre a fisiologia da maturação e os aspectos de qualidade (CANTWELL, 2001).

A produção do fruto figo-da-índia nas regiões Semiáridas nordestinas pode ser uma alternativa de desenvolvimento econômico, uma vez que sua produção dura o ano inteiro. Quando esses frutos são processados em forma de conservas, podem ser mantidos por cerca de seis meses em refrigeração. Assim, tornam-se opção para reduzir a fome e minimizar as deficiências nutricionais da população regional (OLIVEIRA; JUNQUEIRA; MASCARENHAS, 2011).

### UMBUZEIRO COMO CULTURA ALTERNATIVA PARA AS ÁREAS DE SEQUEIRO DO NORTE DE MINAS GERAIS

O umbuzeiro é uma fruteira nativa, cujos frutos são explorados comercialmente para consumo in natura ou para uso industrial, na elaboração de suco, polpa congelada, sorvete, geleia e doces.

No Norte de Minas, o umbu é comercializado nas feiras e por ambulantes. Sua exploração baseia-se no extrativismo, e constitui fonte de recursos para a população de baixa renda.

Para a coleta, selecionam-se umbuzeiros cujos frutos sejam maiores e/ou organolepticamente melhores, deixando sem colher aquelas plantas cujos frutos sejam de qualidade inferior. Dessa maneira, processa-se uma seleção negativa, pois permanecem no campo as sementes dos frutos de qualidade inferior.

O umbuzeiro é das poucas plantas preservadas pela população local. Mesmo assim, corre o risco de diminuição e/ou extinção de seu germoplasma, em decorrência do extrativismo e da implantação de pastagens e agricultura irrigada sobre as áreas, onde essa planta ocorre naturalmente. Por isso, tornam-se necessárias

medidas que visem à preservação de sua variabilidade genética.

Poucas são as alternativas para a exploração das áreas de sequeiro do Norte de Minas, onde se aponta a cultura do umbuzeiro, por se tratar de uma espécie nativa da região e produtora de frutos já aproveitados economicamente.

Por meio de um estudo realizado pela EPAMIG Norte de Minas identificaram-se e cadastraram-se tecnologias utilizadas na região para a produção do fruto e a multiplicação do umbuzeiro, visando estabelecer um sistema de produção dessa fruteira sob as condições locais.

Foram selecionadas matrizes de umbuzeiros, cujos frutos apresentaram características desejáveis para o consumo in natura e/ou industrial, no intuito de multiplicar tais matrizes e mantê-las em jardins clonais como germoplasma, à dis-

posição de geneticistas e produtores. Com esse estudo avaliou-se a fertilidade natural dos solos onde ocorrem umbuzeiros nativos, com o objetivo de conhecer as condições sob as quais se desenvolvem, e prestar consultoria técnica a produtores interessados em preservar e/ou cultivar o umbuzeiro.

Os primeiros resultados mostram como os entrevistados multiplicam e cultivam umbuzeiros nos quintais de suas propriedades, destacando-se que, até o início desse projeto, ainda não existia, no Norte de Minas, nenhum plantio organizado dessa fruteira.

Nos quatro primeiros anos do trabalho de seleção de matrizes de umbuzeiro, foram identificadas 32 plantas promissoras, cujos frutos foram avaliados pelos seguintes parâmetros: peso, comprimento e diâmetros maior e menor do fruto, ren-

dimento de polpa, teor de sólidos solúveis (°Brix) e acidez (pH). Desse total, foram eleitos 22 umbuzeiros, cujos frutos apresentaram peso médio superior a 50 g, rendimento médio de polpa superior a 55% e teores de sólidos solúveis e de pH, entre 8,0 e 12,90 °Brix, e entre 1,0 e 3,5, respectivamente.

No Quadro 3, observam-se o peso médio, diâmetro maior e menor, rendimento, graus Brix e pH dos frutos dos principais clones avaliados no estudo.

Atualmente, a EPAMIG já possui registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de plantas fornecedoras de material de propagação, que permite produzir muda dessa espécie. Como porta-enxertos, são utilizadas plantas de umbu-cajá (*Spondias* sp.). As sementes são colocadas para germinar em leite de areia lavada de rio.

QUADRO 3 - Peso médio, diâmetro maior e menor, rendimento, graus Brix e pH dos frutos dos principais clones avaliados na EPAMIG Norte de Minas

EPAMIG (n°)	Ano agrícola	Peso médio do fruto (g)	Comprimento do fruto (cm)	Diâmetro maior (cm)	Diâmetro menor (cm)	Rendimento firme (%)	Rendimento maduro (%)	Brix		pH	
								Firme	Maduro	Firme	Maduro
01	1997/1998	79,95	5,31	5,25	4,90	68,59	62,25	8,50	7,50	3,30	3,20
	1998/1999	71,58	5,12	4,98	4,75	75,37	60,33	10,60	10,40	3,00	3,00
	1999/2000	86,53	5,55	5,36	5,05	58,92	50,82	9,70	9,7	2,86	3,06
	Média	79,35	5,33	5,20	4,90	68,29	58,80	9,60	9,20	3,05	3,09
03	1997/1998	74,80	5,43	4,94	4,72	69,84	62,16	11,00	11,6	2,00	3,00
	1998/1999	63,34	5,24	4,74	4,55	70,11	62,57	11,90	12,60	2,50	2,50
	1999/2000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Média	69,07	5,34	4,84	4,64	69,98	62,37	11,45	12,0	2,25	2,75
05	1996/1997	54,38	4,86	4,46	4,28	...	...	...	...	...	...
	1997/1999	59,66	4,98	4,69	4,49	67,74	67,99	9,30	9,20	2,80	3,20
	1998/1999	66,39	5,19	4,90	4,68	70,11	61,19	10,60	10,90	2,00	2,50
	1999/2000	61,82	5,06	4,78	4,50	54,65	56,91	10,00	8,90	2,55	2,68
	Média	60,56	5,02	4,71	4,49	64,17	62,03	9,97	9,67	2,45	2,79
09	1997/1998	47,87	4,57	4,37	4,19	64,99	65,51	8,00	8,50	2,80	3,20
	1998/1999	47,45	4,49	4,29	4,17	58,57	65,05	10,00	9,80	2,00	2,00
	1999/2000	45,46	4,48	4,38	4,16	60,88	56,90	7,70	8,50	2,45	2,60
	Média	46,93	4,51	4,35	4,17	61,48	62,49	8,57	8,93	2,42	2,60
10	1997/1998	45,75	4,94	4,09	3,94	66,68	60,65	9,00	8,00	3,20	3,10
	1998/1999	55,10	5,22	4,32	4,21	61,15	...	9,80	...	2,00	...
	1999/2000	42,32	5,04	3,97	3,81	64,56	51,69	1,30	8,00	2,52	2,68
	Média	47,72	3,07	4,13	3,99	64,13	56,17	8,77	8,00	2,57	2,89

NOTA: Firme ou "de vez".

... Dados desconhecidos.

As mudas permanecem na sementeira até obter pelo menos quatro folhas definitivas (cerca de 10 cm de altura), quando são transferidas para sacolas plásticas (60 cm de altura por 25 cm de diâmetro) contendo substrato composto de três partes de terra de barranco, uma parte de areia e uma parte de esterco de curral misturadas homogeneamente e adubadas com superfosfato simples, na proporção de 1,0 kg por metro cúbico da mistura.

Tem-se empregado a garfagem no topo, em fenda cheia, usando-se garfos com cerca de 20 cm de comprimento e 0,4 a 0,6 cm de diâmetro na base. Esses garfos são retirados de ramos de crescimento do mesmo ano, enxertados nos porta-enxertos decepados a 20 cm de altura, com o clone desejado, segundo o destino: para ser consumido in natura, os clones EPAMIG 5 e EPAMIG 1; para plantios, cujos frutos destinam-se à indústria, os Clones EPAMIG 9 e EPAMIG 10. As mudas estarão prontas para plantio no campo entre sete e nove meses depois do sementeio.

Sugere-se que, no campo, as mudas sejam plantadas no espaçamento de 10 m entre ruas e 10 m entre plantas em covas com dimensões de 60 cm de profundidade e 50 cm de largura na base e no topo. O enchimento da cova deve ser feito com a antecedência necessária, para a acomodação da mistura, que deve ser de esterco de curral e adubos fosfatados.

O umbu, mesmo sendo uma planta em início de domesticação, e, ainda, sem um

sistema de produção bem definido, vem despertando interesse entre os agricultores, comprovado pela enorme procura pelas mudas produzidas pela EPAMIG Norte de Minas.

## MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família Euphorbiaceae, sendo nativa do continente americano, com ampla distribuição geográfica. Mais de 100 países produzem essa cultura. O Brasil participa com 10% da produção mundial, sendo o segundo produtor de mandioca (EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2015).

Essa planta é cultivada em escala variável em todos os Estados da Federação, com produção estimada, para 2015, de 24.046.847 t. O estado de Minas Gerais e a Região Nordeste do Brasil participam desse total com 3,9% e 25,3%, respectivamente (IBGE, 2015). O Norte de Minas e grande parte do Nordeste brasileiro encontram-se no Polígono das Secas, que tem cerca de 11,5% do território nacional, e no qual a cultura da mandioca apresenta-se como excelente alternativa, por ser um cultivo tradicional e fazer parte do cardápio regional, tanto na forma in natura, quanto na de produtos industrializados.

A mandioca é considerada de grande importância para as regiões tropicais e subtropicais, principalmente, por suas

fontes de carboidratos, sendo utilizada na dieta alimentar básica de 500 a 700 milhões de pessoas, notadamente aquelas de extratos sociais de baixa renda. Tanto as folhas como as raízes são utilizadas na alimentação humana e de animais, sendo as raízes o principal produto, consumidas na forma de farinha, raspas, raízes frescas cozidas e fécula (BOLANOS, 2001).

Além disso, a parte aérea da planta de mandioca consiste em importante fonte de alimentação animal, durante o período de estiagem. Do ponto de vista técnico, a produção da parte aérea também é importante, pois está diretamente associada à produção de material de plantio e, portanto, à facilidade de propagação da cultivar (SAGRILLO et al., 2010). A maior disponibilidade de material permite melhor seleção e padronização das ramas no plantio de novas áreas, fator que, por si só, aumenta a produtividade.

O uso de variedades melhoradas e adaptadas às condições edafoclimáticas locais é outro meio para promover melhoria do sistema de produção da cultura e aumentar a produtividade de mandioca em uma região. Isso, porque, em virtude da alta interação genótipos x ambientes, dificilmente um genótipo se comportará de maneira semelhante em todas as regiões ecológicas (FUKUDA; SILVA, 2003).

Para a região Semiárida, têm sido recomendadas algumas variedades mais adaptadas aos principais estresses desse ecossistema (Quadro 4 e 5).

QUADRO 4 - Variedades recomendadas pela Embrapa e adotadas por agricultores - Região Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais

Estado	Variedades encontradas	Variedade mais adotada
Bahia	BRS Kiriris; BRS Gema de Ovo; Alagoana; BRS Formosa; BRS Mulatinha.	BRS Formosa
Ceará	Pretinha; BRS Gema de Ovo; BRS Tapioqueira; BRS Dourada; BRS Verdinha; BRS Arari; BRS Poti Branca; Mani Branca; BRS Kiriris; BRS Aramaris; BRS Rosada; Amansa Burro; Rosa; Rosinha; BRS Prata.	Pretinha
Minas Gerais	BRS Kiriris; BRS Gema de Ovo.	BRS Kiriris
Pernambuco	Pretinha; BRS Verdinha; BRS Dourada; BRS Gema de Ovo; BRS Mulatinha; BRS Tapioqueira; Mani Branca; BRS Arari; BRS Caipira; Tianguá; Lagoão; BRS Formosa.	Pretinha
Piauí	Pretinha.	Pretinha
Sergipe	BRS Kiriris; BRS Aramaris; Rosa; BRS Dourada; BRS Poti Branca; BRS Jari; Aipim Brasil; Mani Branca.	BRS Kiriris

FONTE: Almeida et al. (2014).

NOTA: Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

QUADRO 5 - Características das variedades recomendadas pela Embrapa e adotadas por agricultores - Região Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais

<sup>(A)</sup> Variedade	<sup>(B)</sup> Tipo de variedade	<sup>(B,C)</sup> Característica
Pretinha	Introduzida	Tolerante à seca.
BRS Formosa	Melhorada	Resistente à bacteriose; tolerante à seca. Híbrido para produção de farinha e fécula.
BRS Kiriris	Melhorada	Resistente à podridão de raízes; indicada para uso industrial e de mesa. Híbrido com boas características agrônômicas e com ampla adaptação ao ambiente (SE, MG). Hastes eretas, adequadas para o plantio mecanizado.
BRS Rosada	Introduzida	Rica em licopeno.
BRS Tapioqueira	Melhorada	Alto rendimento e altos teores de amido. Híbrido para produção de farinha e fécula.
BRS Verdinha	Melhorada	Adaptada ao Semiárido de altitude; tolerante à seca; altos teores de amido. Raízes de cor externa branca (importante na produção de farinha). Variedade para uso industrial na produção de fécula e farinha, com alto teor de amido.
BRS Gema de Ovo	Introduzida	Precoce; raízes com polpa de cor creme (4 mg/g de betacaroteno). Cultivar recomendada por apresentar teor de betacaroteno mais elevado que os clones de polpa branca.
Alagoana	Introduzida	Adaptada ao Semiárido. Película externa escura, entrecasca clara e polpa branca.
Amansa Burro	Introduzida	Adaptada ao Semiárido. Usada para alimentação animal, apresenta retenção foliar na época seca. Cultivar de polpa branca. Recomendada para a indústria de farinha e fécula.
BRS Arari	Introduzida	Adaptada ao Semiárido de altitude, película fina, branca e facilidade de descascar. Cultivar de polpa branca. Recomendada para a indústria de farinha e fécula.
Aramaris	Introduzida	Tolerante à podridão de raízes.
BRS Dourada	Introduzida	Precoce. Raízes com polpa de cor creme (4 mg/g de betacaroteno). Cultivar recomendada por apresentar alto teor de carotenoide. As raízes prestam-se à produção de palitos e chips (não se quebram), e podem ser fritas sem pré-cozimento.
BRS Jari	Melhorada	Teor de betacaroteno de 8,7 mg/g. Híbrido lançado em razão do seu teor de betacaroteno, superior em mais de 100%, em relação à 'BRS Dourada' e 'BRS Gema de Ovo'.
BRS Mulatinha	Melhorada	Tolerante à seca e alto teor de amido. Tardia (colheita a partir dos 18 meses, no Semiárido). Híbrido recomendado para plantio em solos arenosos e quantidade de chuvas anuais de 600 a 750 mm.
BRS Poti Branca	Melhorada	Altos rendimentos de raiz e de fécula. Tem alta produção de manivas, e hastes eretas, adequadas para o plantio mecanizado.
BRS Prata	Melhorada	Híbrido. Tolerante à seca. Raízes de cor externa branca (importante na produção de farinha) e fáceis de descascar. Alto teor de amido. Manivas apresentam alta qualidade e alta taxa de brotação, característica importante, especialmente no Semiárido.
Aipim Brasil	Introduzida	Precoce. Raízes sem fibras, polpa branca e com excelente sabor.
BRS Caipira	Melhorada	Alto rendimento e altos teores de amido. Híbrido para produção de farinha e fécula.
Lagoão	Introduzida	Sem informação.
Mani Branca	Melhorada	Adaptada ao Semiárido de altitude, clara, película fina e altos teores de amido. Raízes de cor externa branca. Híbrido para a indústria de farinha e fécula.
Rosa	Introduzida	Extremamente tolerante à seca, e com boa retenção foliar, o que a torna apropriada para ser usada na alimentação animal. Raízes de formato uniforme e tempo de cozimento relativamente baixo, o que faz com que seja uma cultivar de duplo propósito (mesa e indústria). Apresenta excelente brotação, o que é importante para cultivo no Semiárido.
Rosinha	Introduzida	Tolerante à seca e com boa retenção foliar. Utilizada na alimentação animal.
Tianguá	Melhorada	Resistência ao superbrotamento; colheita precoce.

FONTE: (A) Almeida et al. (2014), (B) Informação concedida pela equipe de Melhoramento da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em 2014 e (C) Araujo e Almeida (2013).

NOTA: Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

A demanda por alternativas de cultivo no Norte de Minas, que atendam aos produtores rurais, principalmente de pequenas propriedades, é constante. Apesar de os genótipos de mandioca adaptarem-se às mais diferentes condições edafoclimáticas, são necessários estudos para avaliação e identificação dos mais indicados para cultivo em determinada região. Com esse objetivo, foi realizada a avaliação da produção de 35 genótipos de mandioca cultivados em condições de sequeiro, em área da EPAMIG Norte de Minas, localizada no Perímetro Irrigado do Jaíba, município de Jaíba.

Desses genótipos, 20 integravam uma antiga coleção mantida na EPAMIG: 118; 141; 266; 347; 356; 361; 12818; Abacate; Amarelinha; Cidade Rica; Engana Ladrão; IAC 127; IAC 12829; IAC 1418; IAC 712; Mantiqueira; Mico; Paulistinha; Prato Cheio e Olho Roxo. Uma variedade amplamente cultivada no local recebeu a denominação de Olho Roxo Local. Duas variedades lançadas pela Empresa Brasi-

leira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa): BRS Dourada e BRS Gema de Ovo. Sete genótipos foram introduzidos pela Embrapa na região, em 2008: Amarelo I; Baianinha; Aipim Brasil; Mocotó; Per 374; Pinheirinha e BRS Rosada. Cinco são híbridos obtidos pela Universidade Federal de Lavras (Ufla): Ufla 2; Ufla 10; Ufla 22; Ufla 42 e Ufla 48.

A identificação dos genótipos da antiga coleção da EPAMIG pode ter sido parcialmente perdida ao longo dos anos, às vezes não sendo mais possível chegar à sua origem. Mesmo assim, optou-se por avaliá-los, por serem sobreviventes, alguns por cerca de 30 anos, com manejo mínimo, em condições de sequeiro.

O plantio foi feito em janeiro de 2010; a colheita e a avaliação foram realizadas aos 10 e 16 meses pós-plantio. Para garantir o pegamento das mudas, foi feita irrigação de salvamento no primeiro mês, já que, em janeiro, ocorre um veranico típico. O espaçamento de plantio foi de 1,0 x 0,6 m.

A massa fresca (kg) das ramas de plantas de mandioca é apresentada no Quadro 6. O número médio de raízes tuberosas, a massa fresca das raízes (kg) e índice de colheita (%) são apresentados no Quadro 7.

### Pós-colheita

A mandioca é conhecida por ser a raiz tuberosa mais importante da América Tropical, com uso no processamento industrial e destaque na alimentação humana e animal. As raízes de mandioca são eficientes na produção de amido, sendo a fonte mais barata deste.

O amido, independentemente de sua origem, é empregado na indústria alimentícia, metalúrgica, de mineração, de construção, cosmética, farmacêutica, de papel e de papelão, têxtil, na do álcool e etc.

A mandioca é considerada como cianogênica de maior importância no Brasil (AMORIM; MEDEIROS; RIET-CORREA, 2006).

QUADRO 6 - Massa fresca das ramas de plantas de mandioca cultivadas no sequeiro - EPAMIG, Jaíba-2011

Genótipo	Massa fresca das ramas (kg)		Genótipo	Massa fresca das ramas (kg)	
	Meses após o plantio			Meses após o plantio	
	10	16		10	16
Amarelinha	2,3222	3,0447	IAC 1418	3,2528	3,2528
347	1,3222	3,0492	Cidade Rica	2,1166	3,0383
IAC 12829	2,4778	4,3733	118	2,4666	3,5597
IAC 712	1,6361	1,9769	361	1,2111	2,8791
12818	1,3166	3,9352	Engana Ladrão	2,0916	3,0802
IAC 127	1,2694	2,9554	Ufla 2	1,3611	2,9694
Mico	1,4583	3,6639	Ufla 10	1,4166	4,1400
356	1,2167	1,9300	Ufla 22	0,5999	3,8047
141	1,5611	2,1664	Ufla 42	1,9361	4,4233
Abacate	1,8861	2,0737	Ufla 48	0,6055	1,0946
Olho Roxo	3,0194	3,0194	Pinheirinha	1,4722	4,5755
BRS Gema de Ovo	2,7555	5,5030	Mocotó	1,5027	3,4573
BRS Dourada	3,4005	4,0272	Baianinha	1,6611	4,8533
266	3,1305	3,3786	Per 374	1,1666	1,5791
Mantiqueira	3,4277	6,2377	Amarelo I	1,1080	2,3633
Olho Roxo Local	2,4166	2,9508	BRS Rosada	1,3111	3,9658
Paulistinha	2,2694	2,5975	Aipim Brasil	0,6028	2,6844
Prato Cheio	2,9027	4,2247			

QUADRO 7 - Número médio de raízes tuberosas, massa fresca das raízes e índice de colheita por planta - EPAMIG, Jaíba-2011

Genótipo	Raízes tuberosas (n <sup>o</sup> )		Massa fresca das raízes tuberosas (kg)		Índice de colheita (%)	
	Meses após o plantio		Meses após o plantio		Meses após o plantio	
	10	16	10	16	10	16
Amarelinha	4,1111	6,3333	0,6483	2,1696	53,2709	36,6239
347	3,6666	8,5555	0,5391	2,3836	51,8328	41,0534
IAC 12829	5,2777	5,7222	0,6001	1,2922	52,8291	23,8736
IAC 712	4,1111	6,9333	0,7589	1,4346	52,3917	37,9144
12818	4,0555	7,3333	0,8027	2,7190	50,7019	36,7392
IAC 127	3,7222	6,8333	0,6714	2,0960	52,8895	37,9671
Mico	4,5555	8,0666	0,6183	2,9338	54,5508	39,9260
356	4,2222	5,8889	0,7177	1,1642	52,8026	38,4544
141	6,6111	8,0238	1,5841	2,2567	55,5609	50,4697
Abacate	7,2222	10,5000	1,0708	2,0772	62,9277	37,3458
Olho Roxo	8,1663	8,7222	2,0892	2,2097	51,9027	40,0588
Gema de Ovo	6,5000	9,7222	1,6289	1,7589	55,4045	22,2063
Dourada	6,7777	7,8333	1,6328	1,9336	54,2883	25,9581
266	5,4444	6,7778	1,1164	2,0112	54,8591	31,8839
Mantiqueira	5,4444	8,8889	1,4591	1,7164	53,5098	17,5559
Olho Roxo Local	8,0000	8,5555	1,5422	2,8612	61,1071	43,3503
Paulistinha	4,9999	6,7222	1,3152	2,5429	51,2424	43,1844
Prato Cheio	3,1666	7,3889	0,8914	0,9873	50,7946	16,9909
IAC 1418	6,5555	7,2778	1,4876	1,8855	55,7263	19,7101
Cidade Rica	4,8889	5,2222	0,5089	1,4855	58,9245	29,6490
118	6,4999	7,0000	1,7122	1,9500	54,3307	31,8532
361	3,0000	6,7222	0,4633	2,1250	50,8751	36,0496
Engana Ladrão	3,8888	7,4444	0,3905	2,1483	54,7377	30,9062
Ufla 2	7,5555	9,5000	1,1922	3,5941	56,0358	49,7596
Ufla 10	6,8333	12,222	1,0716	4,0128	52,7623	40,7126
Ufla 22	2,5555	4,6388	0,1969	2,4824	41,3590	36,9699
Ufla 42	10,4444	13,0555	1,7866	3,7478	55,0332	43,5106
Ufla 48	4,7777	5,0000	0,7136	0,8401	50,5800	42,3102
Pinheirinha	6,4444	10,8888	1,1380	3,9594	54,9973	47,3378
Mocotó	2,3333	4,2666	0,5797	2,7528	46,0309	45,7699
Baianinha	5,0000	5,6000	1,7169	4,3998	48,7232	48,6247
Per 374	4,0556	4,3333	0,6688	1,5761	50,6740	41,4498
Amarelo I	5,2333	5,6667	0,9972	1,4625	62,4427	25,4374
Rosada	0,3889	1,9333	0,0452	0,8720	18,0744	26,1530
Aipim Brasil	0,8888	2,1111	0,2455	0,9271	46,0932	31,5252

NOTA: No espaçamento utilizado, o plantio foi de 16.666 plantas por hectare.

O consumo regular e frequente de cianógenos pode causar o bócio (SIRITUNGA; SAYRE, 2004). As variedades de mandioca podem ser classificadas quanto ao teor de ácido cianídrico (HCN), na raiz, como: doces ou mansas, com teor abaixo de 180 mg/kg de HCN (em base úmida);

intermediárias, com teores entre 180 e 300 mg/kg; e amargas ou bravas, com teor maior que 300 mg/kg (SÁNCHEZ, 2004).

A raiz de mandioca é consumida in natura, minimamente processada ou processada para fabricação de chips, farinhas e fécula (amido). Para os diferentes usos,

é necessária a caracterização das variedades, que representam um dos principais componentes tecnológicos do sistema de produção, pela capacidade da planta de adaptar-se às mais diferentes condições de cultivo e de ser pouco exigente em insumos e água (FUKUDA; SILVA, 2003).

A mandioca apresenta potencial genético para ser fonte de carotenoides e licopeno para a alimentação humana. O licopeno, presente em raízes de coloração rosada, exibe propriedades antioxidantes que protegem o corpo contra radicais livres (NASSAR et al., 2007).

Castricini et al. (2014) caracteriza-

ram, em pós-colheita, 23 genótipos de mandioca produzidos em Mocambinho, Norte de Minas, em condição de sequeiro. Esses autores verificaram maiores teores de sólidos solúveis nas raízes dos genótipos 118; 347; 12818; Amarelinha; BRS Dourada; BRS Gema de Ovo; IAC 127; IAC 712; Mantiqueira; Mico; Olho

Roxo e Olho Roxo Local. Foi encontrado maior teor de ácido ascórbico nos genótipos Aipim Abacate e IAC 127, e maior teor de carotenoides na polpa de Aipim Abacate e em BRS Gema de Ovo. Os genótipos foram agrupados em função das características morfológicas (Fig. 3 a 8).

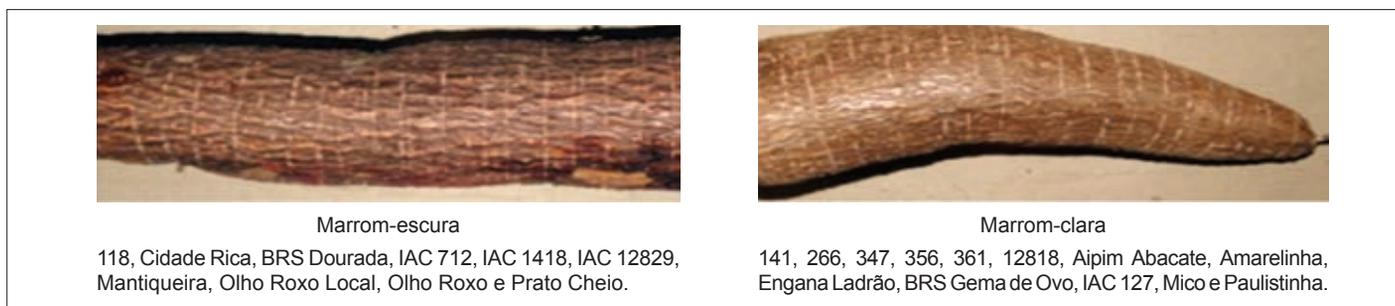


Figura 3 - Cor externa da raiz

FONTE: Castricini et al. (2004).



Figura 4 - Cor do córtex da raiz

FONTE: Castricini et al. (2004).

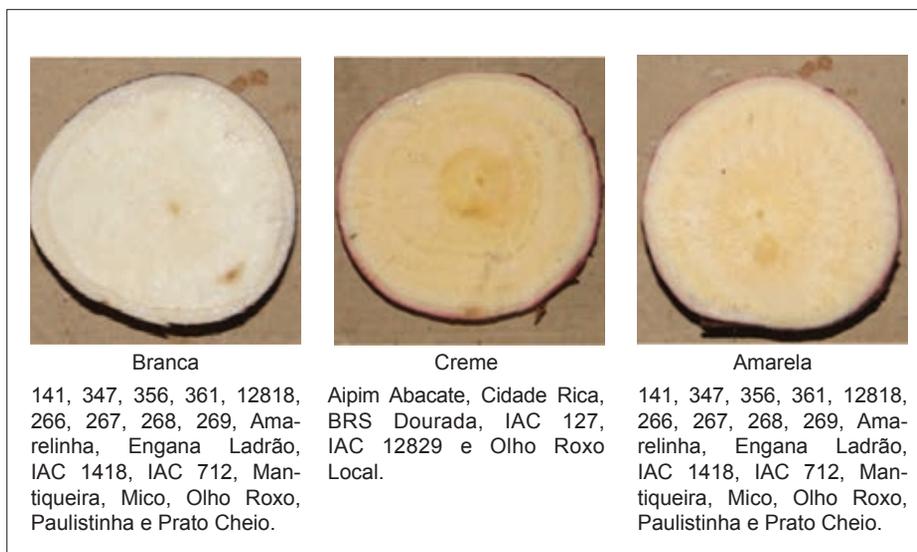


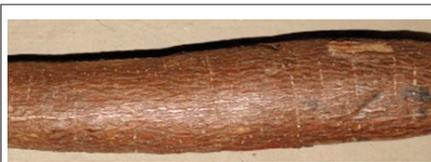
Figura 5 - Cor da polpa da raiz

FONTE: Castricini et al. (2004).



Figura 6 - Textura da epiderme da raiz

FONTE: Castricini et al. (2004).



Poucas ou nenhuma

141, 266, 347, 356, IAC 1418, Mantiqueira, Amarelinha, Cidade Rica, Engana Ladrão, BRS Gema de Ovo, IAC 127, IAC 12829, Mico, Olho Roxo, Paulistinha e Prato Cheio.



Médias

118, 361, 12818, IAC 712, Aipim Abacate, BRS Dourada e Olho Roxo Local.

Figura 7 - Constrictões da raiz  
FONTE: Castricini et al. (2004).



Irregular

118, 141, 266, 347, 356, 361, IAC 712, Aipim Abacate, Amarelinha, Cidade Rica, Dourada, Engana Ladrão, BRS Gema de Ovo, IAC 127, Mico, Olho Roxo, Olho Roxo Local e Prato Cheio.



Cônico-cilíndrica

118, 141, 266, 347, 356, 361, IAC 712, Aipim Abacate, Amarelinha, Cidade Rica, Dourada, Engana Ladrão, BRS Gema de Ovo, IAC 127, Mico, Olho Roxo, Olho Roxo Local e Prato Cheio.



Cilíndrica

12818, IAC 1418, IAC 12829, Mantiqueira e Paulistinha

Figura 8 - Forma da raiz  
FONTE: Castricini et al. (2004).

## ESTRATÉGIAS HÍDRICAS PARA A CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO

A partir do conhecimento das relevantes funções que a água possui, pode-se verificar não só que é fundamental para as plantas, mas também que é importante para uma exploração vegetal racional por meio dos cultivos, e até estimar os danos causados pela sua escassez.

O manejo da irrigação permite ao irrigante determinar o momento e a quantidade de água a ser aplicada (tempo de irrigação). Para que o manejo da irrigação seja efetivo, é necessário fazer o monitoramento do sistema solo-água-planta-atmosfera, de forma que se determine precisamente a necessidade hídrica das culturas e, portanto, a de irrigação.

Dentre os vários métodos de estimativa da evapotranspiração, deve ser considerada a utilização do coeficiente da cultura ( $K_c$ ), que se relaciona à evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) com a evapotranspiração potencial da cultura ( $ET_p$ ), medida de forma direta, sendo ambas mensuradas no mesmo período em que as plantas estão sendo cultivadas. Essas variáveis dependem dos elementos meteorológicos do local, da cultura utilizada e do solo (CARDOSO et al., 2005). A evapotranspiração pode ser determinada por inúmeros métodos, porém a equação de Penman-Monteith é um modelo matemático recomendado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) como método-padrão (ALLEN et al., 1998) para a estimativa da  $ET_0$ . Essa equação incorpora os aspectos aerodinâmicos e termodinâmicos, a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor d'água, e a resistência à transferência de vapor d'água.

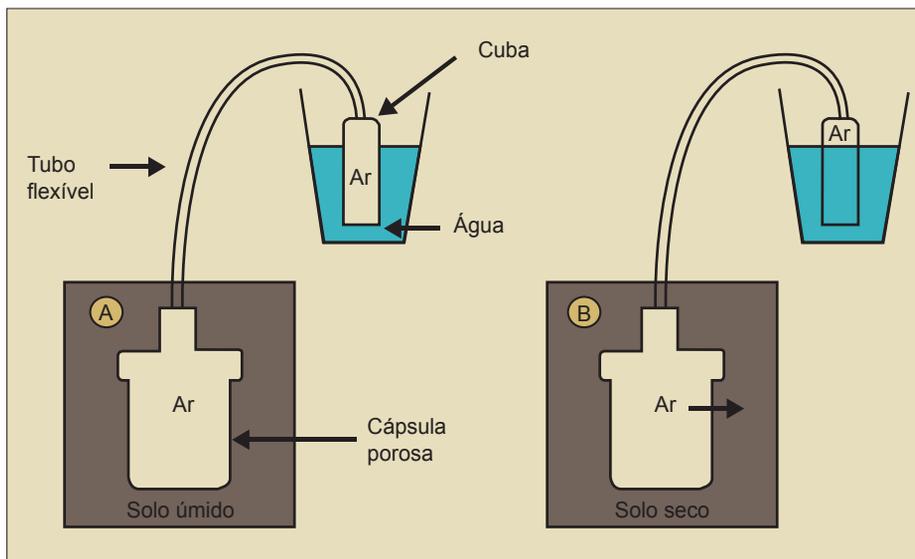
Por outro lado, quando nenhum tipo de dado meteorológico é disponibilizado, o irrigante tem de buscar outros sistemas de monitoramento, que se adaptam principalmente à realidade de médios ou de pequenos produtores, considerando o baixo custo para sua aquisição e implementa-

ção. Nesse caso, será ressaltado o sistema com base no monitoramento da umidade do solo, denominado Irrigas. Este sistema consiste em um equipamento de baixo custo para estabelecer um manejo correto para a irrigação. É desenvolvido para economizar água e garantir o crescimento das plantas. Trata-se de uma ou mais cápsulas porosas conectadas por meio de tubos a uma cuba transparente ou a outro dispositivo. A cavidade da cápsula porosa e o tubo ficam sempre vazios, livres de água.

Para fins de manejo de irrigação, a cápsula é instalada no solo, na profundidade efetiva do sistema radicular. Nesta situação, a cápsula porosa entra em equilíbrio hídrico com o solo em poucas horas. No momento da medição do estado da água no solo, se este estiver úmido, a passagem de ar através da cápsula porosa é bloqueada, quando, então, a cuba é imersa na água, esta não entra na cuba, porque o ar não sai do sistema através dos poros da cápsula.

Por outro lado, quando o solo seca e a umidade diminui para abaixo de um valor crítico, a cápsula porosa torna-se permeável à passagem do ar. Assim, estando o solo seco, quando se emborca a cuba transparente no frasco de água, o menisco ar-água movimentar-se, no sentido de igualar-se com o nível da água no frasco (Fig. 9). Quando isso ocorre, o solo deve ser irrigado. Ao contrário, se a cápsula úmida bloquear a entrada de água na cuba, então o solo ainda permanece suficientemente úmido e não deve ser irrigado (CALBO; SILVA, 2005).

O Irrigas é um sensor de sistemas tensiométricos para aplicações científicas em engenharia agrícola, fisiologia vegetal e geologia. Este sistema pode ser encontrado com diferentes numerações relacionadas com o tamanho dos poros da cápsula, sendo mais comuns os de 15, 25 e 40 kPa. O de 15 kPa é o de poros mais grossos; o de 40 kPa apresenta poros bem pequenos e o de 25 kPa tem poros de diâmetro médio. Velas de filtro comum apresentam poros de diâmetro médio ( $\approx 25$  kPa).



Adonai Gimenez Calbo

Figura 9 - Funcionamento do Irrigas para o controle da irrigação

Sensores Irrigas simples podem custar até cinco vezes menos do que tensiômetros comuns, são muito mais simples de usar, praticamente não envolvem trabalho de manutenção, são tão rápidos quanto os tensiômetros e, certamente, são mais confiáveis para uso por agricultores pouco instruídos e para as aplicações de automação (CALBO; SILVA, 2005).

O baixo custo, a facilidade de leitura e o fato de ser um sensor robusto, que não precisa de manutenção, tornam o Irrigas o sensor de escolha, seja para manejo de irrigação com leitura manual, seja para manejo de irrigação automatizado. E a razão disso é que não é difícil adquirir e ler um número adequado de sensores Irrigas, necessários em cada aplicação de manejo de irrigação.

No perímetro de irrigação do Projeto Jaíba, foi proposto um trabalho pela EPAMIG, em parceria com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG), em que o Sistema Irrigas será implantado em 140 áreas de produtores da cultura da bananeira, com a meta principal de estabelecer indicativos para a lâmina e tempo ótimo de irrigação diária, considerando o ciclo da bananeira e a inserção de um equipamento de baixo custo para a realização do manejo, a fim de proporcionar

rendimentos satisfatórios na produção e na qualidade da cultura.

Um dos principais argumentos dos produtores rurais para não manejarem a irrigação são a complexidade e o custo dos sistemas de manejo. Portanto, a proposta de simplificação por intermédio da aplicação do Sistema Irrigas pode ser a resposta que o setor cobra da pesquisa. Isto, porque esse Sistema foi testado em laboratório por pesquisadores e confirmada sua eficiência por comparações com tensiômetros.

### Captação de água pluvial

Atualmente, fala-se muito em economizar a água para contornar o problema da escassez. Segundo Rapoport (2004), a água de reúso é uma opção correta, do ponto de vista ambiental, já que contribui para diminuição da captação e, consequentemente, para a redução nas vazões de lançamento de efluentes. Contudo, para que possa ser utilizada, deve-se levar em conta a questão da saúde pública. Existem padrões para o reúso de água em alguns países do mundo que fazem desse reúso uma prática habitual. Entretanto, aqui no Brasil, estas práticas estão em pleno desenvolvimento.

O sistema de captação de águas pluviais é uma das alternativas para a redu-

ção da escassez de água e conservação das águas dos mananciais. As águas pluviais são captadas e armazenadas para um posterior consumo de usos não nobres, como rega de jardim e lavagens de carro. Sua captação pode ser realizada de diversas formas. O sistema de captação de água de chuva compõe-se de:

- a) área de captação ou área de contribuição (telhado);
- b) subsistema de condução (calhas e dutos);
- c) dispositivo para desvio das primeiras chuvas (*by-pass*);
- d) reservatório (cisterna);
- e) tratamento;
- f) meio elevatório (balde com corda, sarilho com manivela, bombas hidráulicas);
- g) reservação (caixa d'água).

Os elementos que constituem os sistemas para captação de água de chuva são entendidos como área de captação, componentes de transporte (calhas e tubos de quedas) e a cisterna.

Fatores importantes que devem ser observados para obter qualidade de água pluvial:

- a) a área de captação deve ser conservada limpa, impermeabilizada, feita com material não tóxico e livre de fissuras e vegetações;
- b) um sistema de filtragem deverá ser implementado antes de a água entrar na cisterna;
- c) para evitar a entrada de animais na cisterna, devem-se colocar proteções em todas as entradas do tanque;
- d) o tanque deve ser mantido fechado, impedindo a entrada de iluminação, para evitar o crescimento de algas e microrganismos e sua proliferação;
- e) periodicamente, deve-se realizar a limpeza de calhas, telas e outros materiais que compõem o sistema de captação;

- f) não deve ser realizado o consumo direto da água do tanque sem qualquer tratamento após a primeira precipitação;
- g) deve-se evitar a mistura da água captada da chuva com outras fontes de água.

Para obter melhor qualidade da água captada, é recomendado o descarte dos primeiros milímetros de água de chuva, por causa da concentração de poluentes tóxicos na atmosfera de áreas urbanas, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e o óxido de nitrogênio (NO), além da poeira e fuligem acumulada nas superfícies coletoras (calhas e cobertura).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies forrageiras perenes têm origem nos mais diversos ambientes, sendo possível eleger aquelas que possuem as características desejáveis para determinado ecossistema. A eleição de espécies forrageiras em ambientes sujeitos a estresse hídrico deve considerar mecanismos morfofisiológicos que se combinem, para evitar ou tolerar o déficit hídrico. O conhecimento dos mecanismos de tolerância também é importante para explicar e manejar adequadamente tais espécies em relação à utilização dos fatores de produção, buscando quantificá-los quanto aos seus efeitos sobre o crescimento das forrageiras. Existe ampla variação genética em populações de plantas forrageiras em características que conferem tolerância ao estresse hídrico.

As espécies forrageiras apresentam resposta diferenciada aos fatores de ambiente, e esta variabilidade deve ser explorada em benefício da eficiência dos sistemas produtivos. Ao reduzir a variabilidade, frequentemente aumenta-se a fragilidade do sistema, com consequências graves para a sua sustentabilidade e seu equilíbrio. Ao lado da diversificação, é essencial estabelecer estratégias de manejo que explorem ao máximo a capacidade produtiva de cada espécie, nos aspectos

em que estas se destacam, como, por exemplo, na rebrota acelerada do capim-buffel após as primeiras chuvas. Isto é, obter um capim que atenda os anseios de alta produtividade, persistência, pouca exigência, e que produza o ano inteiro, tem probabilidade mínima de acontecer.

Ademais, deve-se ter em mente que o Norte de Minas encontra-se em área de transição entre o Cerrado e a Caatinga, com comportamento climático que ora se aproxima da situação observada no Brasil Central, com anos de chuvas abundantes e relativamente bem distribuídas; ora se assemelha ao Nordeste, com anos de chuvas escassas e irregulares. Nestas condições, é de se esperar que as variáveis climáticas, chuvas, particularmente, exerçam forte influência sobre a produção de forragem e a dinâmica das comunidades de plantas, proporcionando, assim, fases em que o manejador do pasto detém forte influência sobre o sistema, com fases em que as práticas de manejo pouco contribuem para a estabilidade do sistema.

Para alcançar o equilíbrio e a sustentabilidade do sistema, exige-se do manejador a utilização de conhecimentos de ecologia tradicionalmente empregados no manejo de pastagens nativas, quanto aos conceitos agrônômicos e morfofisiológicos usualmente aplicados a pastagens cultivadas. A irregularidade pluviométrica do Norte de Minas impõe restrições que devem ser consideradas e analisadas à luz da afirmação de Araújo Filho, Souza e Carvalho (1996), relativa à exploração pastoral praticada no Nordeste brasileiro:

Em condições semiáridas, a produção sustentada a longo prazo, mesmo que abaixo do ótimo biológico, é mais importante que a produção máxima a curto prazo, abaixo do ótimo ecológico.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p.

(FAO. Irrigation and Drainage. Paper, 56).

ALMEIDA, C.O. de et al. **Localização georreferenciada de unidades de produção com variedades de mandioca recomendadas pela Embrapa**: biomas Caatinga e Mata Atlântica. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014. 37p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 60).

ALVES, M.A. et al. Fruto de palma [*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Cactaceae]: morfologia, composição química, fisiologia, índices de colheita e fisiologia pós-colheita. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, México, v. 9, n. 1, p. 16-25, 2008.

AMORIM, S.L. de; MEDEIROS, R.M.T. de; RIET-CORREA, F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, v.16, n.1, p.17-26, 2006.

ANTUNES, F.Z. Caracterização climática. **Informe Agropecuário**. Caatinga, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p.15-19, 1994.

ANDRADE, A.P. de. et al. Produção animal no Semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 4, n. 4, p. 1-14, dez. 2010.

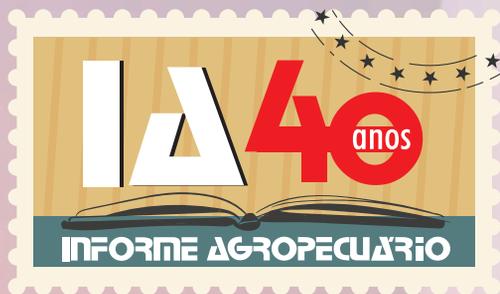
ARAÚJO, J.C. de; ALMEIDA, C.O. de. **Inventário de variedades de mandioca lançadas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura no período de 1996 a 2009**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 10p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 107).

ARAÚJO, L.V.C. **Composição florística, fitossociologia e influência dos solos na estrutura da vegetação em uma área de caatinga no Semiárido paraibano**. 2007. 121f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007.

ARAÚJO FILHO, J.A. de; SOUSA, F.B. de; CARVALHO, F.C. de. Pastagens no Semiárido: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Pesquisas para o desenvolvimento sustentável. Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 63-75.

BARRETO, G.P. et al. Produção de matéria seca e taxa de sobrevivência de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*

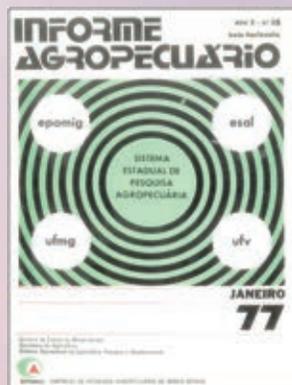
- Schum.) e um híbrido interespecífico com milho (*P. americanum* (L.) Leeke) submetido a estresse hídrico. **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 27, n. 1, p. 27-33, abr. 2005.
- BOLANOS, A. **Caracterización de la diversidad genética em cuanto a contenido de carotenos en hojas y raíces de 700 genotipos de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) y minerales de 500 genotipos de la colección de CIAT**. 2001. Tese (Mestrado) – Universidade Estadual da Colômbia, Cali, 2001.
- BRANDÃO, M. Área mineira do Polígono das Secas/cobertura vegetal. **Informe Agropecuário**. Caatinga, Belo Horizonte, v.17, n.181, p. 5-9, 1994.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L. de.C. e. **Sistema Irrigado para manejo de irrigação**: fundamentos, aplicações e desenvolvimento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 174p.
- CANTWELL, M. Manejo pós-colheita de frutas e verdura de palma forrageira. In: BARBERA, G.; INGLESE, P. (Ed.). **Agroecologia**: cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE-PB, 2001. p. 20-27.
- CARDOSO, G.B. et al. Determinação da ET de referência pela razão de Bowen com psicrômetros instalados a diferentes alturas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.36, n. 1, p.16-23, jan./abr. 2005.
- CASTRICINI, A. et al. Caracterização de raízes de genótipos de mandioca produzidos no Semiárido de Minas Gerais. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 10, n.1, p. 23-37, 2014.
- DONATO, P.E.R. **Características morfológicas, de rendimento e nutricionais da palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco**. 2011. 134f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.
- DONATO, P.E.R. et al. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014a.
- DONATO, P.E.R. et al. Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n.1, p. 163-172, jan./mar. 2014b.
- DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4.ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 329p.
- EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Mandioca**. Cruz das Almas, 2015. Disponível em: <[www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioc](http://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioc)>. Acesso em: 27 mar. 2015.
- FERRERA, L.A. **Consumo e fluxos de produtos florestais no setor industrial/comercial do estado da Paraíba**. João Pessoa: FAO: IBAMA: UFPB, 1994. 61p.
- FUKUDA, W.M.G.; SILVA, S. de O. Melhoria de mandioca no Brasil. In: CEREDA, M.P. (Coord.). **Agricultura**: tuberosas Amiláceas latino americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 242-255. (Fundação Cargill. Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, 2).
- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: estatística da produção agrícola - fevereiro de 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 26 mar. 2015.
- MANICA, I. (Ed.). **Frutas nativas, silvestres e exóticas: 2 - técnica de produção e mercado de feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. p.141-245.
- NASSAR, N. et al. Cassava diversity in Brazil: the case of carotenoid-rich landraces. **Genetics and Molecular Research**, v. 6, n.1, p. 116-121, 2007.
- NUNES, V.X. **Qualidade pós-colheita de figos-da-índia armazenados sob refrigeração e biofilme de fécula de mandioca**. 2015. 38p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2015.
- NUNES, V.X. et al. Caracterização física e físico-química de frutos da palma gigante em diferentes estádios de maturação. CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO - CONNEPI, 7., 2012, Palmas. **Anais...** Ciência, tecnologia e inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional. Palmas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/schedConf/presentations>>. Acesso em: 26 mar. 2015.
- OLIVEIRA, E.A.; JUNQUEIRA, S.F.; MASCARENHAS, R.J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus Indica* L. Mill) cultivada no sertão do submédio São Francisco. **Holos**, Natal, v. 3, p. 113-119, 2011.
- PEZZOPANE, C. de G. et al. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 871-876, maio 2015.
- PIMENTEL, A. **O elogio da convivência e suas pedagogias subterrâneas no Semi-árido brasileiro**. 2002. 341f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- RAMADAN, M.F.; MÖRSEL, J.T. Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L. Mill)] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. **Food Chemistry**, v. 83, n. 3, 447-456, Nov. 2003.
- RAPOPORT, B. Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. 2004. 72f. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.
- SAGRILO, E. et al. Performance de cultivares de mandioca e incidência de mosca branca no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n.1, p.87-94, jan./fev. 2010.
- SÁNCHEZ, T. **Evaluación de 6000 variedades de yuca**. Cali: CIAT, 2004. Programa de Mejoramiento de Yuca.
- SANTOS, D.C. dos et al. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 12-17, jan./fev. 2001.
- SILVA, R.M.A. da. **Entre o combate à seca e a convivência com o Semi-árido**: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. 2006. 298f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2006. 298p.
- SIRITUNGA, D.; SAYRE, R. Engineering cyanogen synthesis and turnover in cassava (*Manihot esculenta*). **Plant Molecular Biology**, v. 56, n. 4, p. 661-669, Nov. 2004.
- VIEIRA, E.L. **Adição de fibra em dietas contendo palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) para caprinos**. 2006. 53f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.



**A Revista Informe Agropecuário esteve presente nos maiores desafios para o desenvolvimento da agropecuária brasileira. E, como agente de transformação e difusor da inovação, completa 40 anos levando tecnologias ao alcance de todos.**



A Revista Informe Agropecuário Conjuntura e Estatística foi criada em abril de 1975, com a finalidade de difundir resultados de pesquisa da EPAMIG.



Em 1977, passou a chamar-se apenas Informe Agropecuário, adotando a marca utilizada até então.



Durante as décadas de 1970 e 1980, contribuiu para a evolução da agropecuária mineira e brasileira.



Em suas páginas, estão registrados os avanços da pesquisa agropecuária e sua contribuição ao desenvolvimento do agronegócio



#### Prêmios

- Destaque Comunicação Rural
- Melhor publicação sobre apicultura
- Menção Honrosa em Ciência e Informação
- Prêmio Divulgação Científica "Francisco de Assis Magalhães Gomes"



É difundida em bibliotecas de renomados centros de informação de países como Estados Unidos, Argentina, Chile, Colômbia, Venezuela, Inglaterra, Itália, Espanha, México e Costa Rica.

## ESPAÇO DOS LEITORES



"Meu primeiro contato com a revista Informe Agropecuário foi em 1995, quando era estudante de agronomia na UFV. Desde então, tomei a decisão de acompanhar esta publicação. Fiz o esforço de buscar números antigos, com os quais estudei na graduação. Conteí com a ajuda do setor responsável na Epamig e consegui todas as edições a partir do número 100. Sou assinante desde 1997. Há textos em números antigos que, por sua originalidade, ainda hoje são referência em alguns temas da produção vegetal e animal, tanto que são frequentemente citados em várias publicações que leio."

Carlos Eduardo Siste - Engenheiro Agrônomo  
Belo Horizonte - MG



"Valorizo a revista Informe Agropecuário porque cada volume esgota tudo a respeito de um único assunto, de forma que podemos constituir praticamente uma biblioteca com todos os assuntos possíveis, ao arquivar os volumes recebidos."

Estevão Urbanati - Engenheiro Agrônomo - Pedregulho - SP



"Mantenho minha assinatura da Revista Informe Agropecuário desde março de 1987, em razão da qualidade dos textos, quanto aos aspectos técnicos, o que a torna excelente informativo, mas, principalmente, por constituir valiosa fonte de consulta. Desde então, coleciono e sempre consulto os temas tratados nas edições, para os quais atribuo nota 10, com louvor."

William Tôrres Magalhães - Consultor em Agricultura  
Brasília - DF



"Estou empolgado com o desenvolvimento do trabalho que abracei para a fabricação de molhos de pimenta. Após leitura das revistas IA n° 267 e da IA n° 235, da EPAMIG, despertou-me uma curiosidade ainda maior para o conhecimento sobre benefícios e os prazeres culinários deste fruto fantástico. Os molhos que estou produzindo, sigo as regras e orientações em conformidade com seus informes. E posso garantir que estão fazendo um grande sucesso, mesmo com uma produção bastante limitada."

Tasso Carioni - Empresário - São José - SC



"A Revista Informe Agropecuário é, sem dúvida, a melhor publicação técnico-científica do agronegócio mineiro."

João Cruz Reis - Engenheiro Agrônomo e Produtor Rural  
Miradouro - MG

## EQUIPE DE PRODUÇÃO E DIFUSÃO DO INFORME AGROPECUÁRIO

Rosely  
Revisora



Marlene  
Revisora



Dorotéia  
Bibliotecária



Maria Alice  
Diagramadora



Vânia  
Editora

Chefe Departamento de  
Informação Tecnológica



Ângela Oliveira  
Secretária



Rosineila  
Chefe Divisão de  
Gestão e Comercialização



Argemiro  
Comercialização



Décio  
Publicitário



Fabriciano  
Chefe Divisão  
de Publicação



Fátima  
Bibliotecária  
Normalizadora



Maria Lúcia  
Bibliotecária  
Normalizadora



Maria Lourdes  
Revisora



Ângela Batista  
Designer



# Cafeicultura: convivência do Arábica com a seca e introdução do café Conilon em regiões alternativas de Minas Gerais

Cesar Elias Botelho<sup>1</sup>, João Paulo Felicori Carvalho<sup>2</sup>, Régis Pereira Venturin<sup>3</sup>, Vânia Aparecida Silva<sup>4</sup>, Rodrigo Luz da Cunha<sup>5</sup>, Waldênia de Melo Moura<sup>6</sup>

**Resumo** - As regiões produtoras de café do estado de Minas Gerais enfrentaram, nos últimos anos, períodos de estiagem severos, que causaram sérios prejuízos à atividade. Se as previsões de mudanças climáticas confirmarem-se, esses períodos de secas serão ainda mais frequentes. Para atenuar os efeitos do déficit hídrico, medidas podem ser adotadas pelos cafeicultores. Dentre estas, podem-se destacar boa conservação do solo e da água no sistema produtivo, arborização feita de forma correta e adequada correção do solo, ressaltando a prática da calagem. Uma alternativa viável para a cafeicultura do estado de Minas Gerais é a introdução do café Conilon/Robusta (*Coffea canephora*) em áreas que estão-se tornando inaptas ao cultivo do café Arábica.

**Palavras-chave:** Café Robusta. *Coffea canephora*. Adaptação à seca. Arborização. Gessagem. Déficit hídrico. Conservação de água.

## INTRODUÇÃO

Registros geológicos da Terra têm indicado que o Planeta tem passado por alternados períodos de resfriamento e aquecimento em escala global. As causas de tal variação podem ser de ordem natural e antropogênica ou o produto de ambas (TEIXEIRA et al., 2000). O aquecimento global tem como consequência direta alterações na frequência e nas distribuições das chuvas, aumentando a ocorrência de secas (SALATI; SANTOS; NOBRE, 2002).

A cafeicultura brasileira integra importante complexo agroindustrial, e faz do País o maior produtor e exportador mundial e o segundo maior consumidor de café. Esta cultura poderá ser drasticamente afetada pelas mudanças climáticas. Diante desse cenário, tem havido grandes debates

sobre o assunto, visando apontar alternativas a curto e a longo prazos, para contornar o problema, tais como a arborização de cafezais, irrigação, melhoramento de cultivares para maior tolerância ao estresse abiótico (elevadas temperaturas e déficit hídrico) e medidas de manejo, principalmente com vistas à conservação da água e da nutrição mais adequada das plantas. Outra opção viável para o estado de Minas Gerais é a introdução do café Conilon/Robusta (*Coffea canephora*) em áreas que se tornam inaptas ao cultivo do café Arábica.

## ESTRATÉGIAS FISIOLÓGICAS DO CAFEIEIRO PARA ADAPTAÇÃO À SECA

A aclimação é o processo pelo qual modificações fenotípicas ocorrem dentro do ciclo de vida do cafeieiro, em resposta a

variações ambientais. A adaptação resulta de mudanças genéticas, que ocorrem após algumas gerações, para a evolução das plantas em determinado ambiente (RICKLEFS, 2003).

O conhecimento das estratégias de aclimação do cafeieiro à seca é essencial em programas de melhoramento que visem ao desenvolvimento de materiais genéticos adaptados às condições de restrição hídrica. Além disso, as informações sobre essas respostas podem subsidiar as pesquisas, para estabelecimento racional das técnicas de manejo, com o objetivo de atenuar os efeitos do déficit hídrico sobre o cafeieiro.

O cafeieiro apresenta uma rede complexa de respostas anatômicas, morfológicas e fisiológicas que refletem as estratégias de aclimação ao déficit hídrico

<sup>1</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, cesarbotelho@epamig.br

<sup>2</sup>Engº Agrº, Pós-Doutorando, Bolsista PMPD III FAPEMIG/CAPES/UFLA - Depto. Agricultura, Lavras, MG, jpfelicori@gmail.com

<sup>3</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, regisventurin@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, vania.silva@epamig.ufla.br

<sup>5</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, rodrigo@epamig.ufla.br

<sup>6</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, wamelomoura@gmail.br

(MELKE; FETENE, 2014). Nesse contexto, as pesquisas apontam, principalmente, para aspectos relacionados com a eficiência do uso da água, condutividade hidráulica, ajustamento elástico e mecanismos antioxidativos.

### Eficiência de uso da água

O cafeeiro exibe variações anatômicas nas folhas em resposta ao déficit hídrico, como aumento da espessura da cutícula, do limbo, do parênquima paliádico e esponjoso e aumento da densidade e funcionalidade dos estômatos (BATISTA et al., 2010). Essa plasticidade anatômica foliar pode permitir ao cafeeiro maior eficiência no uso da água, ou seja, a quantidade de CO<sub>2</sub> assimilado em relação à quantidade de água transpirada (RICHARDS, 1997).

A eficiência de uso da água está relacionada com o controle estomático sobre a transpiração e fotossíntese, pois os estômatos do cafeeiro são sensíveis às variações na demanda evaporativa do ar e ao déficit hídrico interno ocasionado pela baixa umidade do solo. Os estômatos respondem à demanda evaporativa da atmosfera e ao déficit hídrico do solo, diminuindo a condutância estomática à difusão do vapor de água, na medida em que o ar e/ou o solo tornam-se mais secos (FAHL et al., 2001).

A sensibilidade estomática é variável e isso influencia na capacidade de aclimação de diferentes genótipos a períodos curtos ou prolongados de seca. Os genótipos com menor sensibilidade do estômato, em condições de baixa umidade relativa (UR) e períodos curtos de déficit hídrico, mantêm a transpiração e a fotossíntese, o que pode refletir positivamente na produção.

Por outro lado, os genótipos com maior sensibilidade estomática ao déficit hídrico do solo e da atmosfera restringem a fotossíntese, diminuindo a produção. Todavia, permitem, por mais tempo, a manutenção do estado hídrico da planta, sendo uma estratégia de sobrevivência das plantas em condições de déficit hí-

drico prolongado (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

Considerando-se a planta inteira, a eficiência do uso da água pode ser expressa como a quantidade de aumento de matéria seca (MS) da planta por unidade de água evaporada da planta. Portanto, a eficiência de uso da água é influenciada também pela arquitetura da planta, pois essa altera o acoplamento das folhas às condições ambientais.

Dessa forma, as cultivares de café com copas mais densas retardam mais a desidratação do que cultivares com copas mais abertas, pois permitem menor influência da atmosfera externa sobre a transpiração da cultura (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

Concomitantemente, cafeeiros com sistemas radiculares mais profundos e vigorosos podem apresentar maior capacidade de tolerar períodos de seca, pois as raízes podem absorver água de camadas mais profundas do solo (MELKE; FETENE, 2014).

### Condutividade hidráulica

Em diversos genótipos de cafeeiros também tem sido verificado aumento do número de vasos do xilema e diminuição do diâmetro desses em resposta à seca. Isso é considerado como estratégia para aumento da condutividade hidráulica, para atenuar a variação no potencial hídrico, reduzindo a limitação estomática à fotossíntese e à cavitação do xilema, além de manter alta pressão hidrostática interna, o que permite o crescimento (TAUSEND; MEINZER; GOLDSTEIN, 2000). Entretanto, essa é uma característica vantajosa para a aclimação do cafeeiro a curtos episódios de déficit hídrico.

Em situações de longos períodos desse déficit, uma alta condutividade hidráulica pode acelerá-lo (DAMATTA; RAMALHO, 2006). Contudo, o cafeeiro tem apresentado capacidade de recuperar-se após seca severa, o que indica habilidade de restabelecimento da condutividade hidráulica do xilema.

### Ajustamento elástico

As folhas do cafeeiro apresentam baixa elasticidade da parede celular, o que pode explicar o alto conteúdo relativo de água (90%), no ponto de perda de turgescência. Por isso, os sintomas visíveis de murcha na folhagem do café são raros, a menos que a umidade no solo esteja muito baixa (DAMATTA et al., 2003). Portanto, sob déficit hídrico, os genótipos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* apresentam variações nesse parâmetro, sendo que a amplitude dessas variações é maior em *Coffea Canephora* (MELKE; FETENE, 2014).

A significância ecológica consiste em os tecidos mais elásticos possuírem a capacidade de reduzir mais lentamente sua turgescência por unidade de volume de perda de água. Assim sendo, uma resposta de aumento da elasticidade pode levar à manutenção da turgescência celular, na medida em que a parede acompanharia a redução do volume do simplasma, provocando um efeito de tamponamento das plantas contra alterações no conteúdo de água em curto prazo.

Por outro lado, em tecidos menos elásticos, o potencial hídrico diminui mais rapidamente durante a seca, aumentando o gradiente de potencial hídrico solo-planta, o que permite maior capacidade de extração de água do solo em condições de déficit hídrico por períodos curtos (DAMATTA, 2004).

### Mecanismos antioxidativos

Os mecanismos antioxidativos também são estratégias para a aclimação do cafeeiro em condições de déficit hídrico. O estresse pode causar um decréscimo na fotossíntese, e, com isso, o excesso de irradiância absorvida pela folha pode formar espécies reativas de oxigênio, causando danos fotooxidativos. O sintoma desses danos é a clorose, que evolui para necrose foliar, conhecida como escaldadura. O controle do estresse oxidativo pode ser exercido, principalmente, por meio de estratégias que minimizam

a absorção de energia; aumentam a dissipação dessa energia por via de processos fotoquímicos e não fotoquímicos e controlam a produção e/ou promovem a desintoxicação por meio da eliminação de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) (MARTINS et al., 2014).

Assim, no cafeeiro, a proteção contra estresse oxidativo envolve alterações, como aumento de antioxidantes (carotenoides), enzimas antioxidativas (dismutase do superóxido e peroxidases, dentre outras), alteração da eficiência fotoquímica do fotossistema II e incremento da perda de energia na forma de calor.

O aumento da fotorrespiração em cafeeiro também tem sido caracterizado como processo fisiológico que utiliza produtos fotoquímicos e, indiretamente, protege os tecidos foliares do cafeeiro do dano causado pela irradiação (MARRACINI et al., 2012).

Por outro lado, a fotorrespiração pode representar um custo de energia para a fotossíntese, desviando energia que poderia ser usada para a fixação de carbono e, conseqüentemente, para o crescimento e produtividade.

### **Aclimação ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**

Aspectos relacionados com a eficiência dessas estratégias de aclimação ao déficit hídrico, em diferentes fases fenológicas da cultura em campo, ainda são pouco explorados.

Nesse sentido, a equipe do Programa de Melhoramento Genético da EPAMIG tem-se concentrado em realizar a caracterização fisiológica de diferentes genótipos de café Arábica submetidos ao déficit hídrico em campo. Tem sido possível verificar que a capacidade de aclimação do cafeeiro à seca é variável, em função da fase fenológica na qual o déficit hídrico ocorre, ou seja, se ocorre na fase de desenvolvimento vegetativo; na de indução e diferenciação; de abotoamento e abertura floral e na de frutificação (principalmente fase chumbinho e fase de gra-

nação). Nesse caso, os avanços ainda são incipientes, sendo o processo dificultado pela natureza poligênica dos mecanismos de aclimação e adaptação à seca e, também, pela grande imprevisibilidade da intensidade e duração desse estresse.

### **Aclimação ao déficit hídrico e à interação com outros fatores ecológicos**

É importante ressaltar que a capacidade de aclimação do café a episódios de seca depende, também, de fatores ecológicos, ou seja, de fenômenos externos, tais como tipo de solo e condições atmosféricas, os quais, de forma direta ou indireta, afetam os processos de caráter fisiológico, bioquímico e genético das plantas.

Na atmosfera, alguns dos fatores dos quais a aclimação depende são radiação, precipitação, UR, dióxido de carbono, déficit de pressão de vapor e vento. No solo, é a capacidade de retenção de água, nutrientes, pH e microrganismos. A face de exposição do terreno, altitude e técnicas de manejo também determinam a magnitude das variações ecológicas existentes em uma lavoura de café.

### **MEDIDAS DE MANEJO PARA ATENUAR OS EFEITOS DA SECA**

#### **Conservação do solo e da água**

O solo é o principal fator de produção, fundamental e exaurível, que deve ser manejado de forma a preservar ou mesmo melhorar suas características e potencialidades (CHAVES, 2002). As medidas de conservação do solo são ao mesmo tempo de conservação da água no sistema produtivo, pois diminuem o escoamento superficial, favorecendo a infiltração da água no solo.

As práticas conservacionistas podem ser de caráter vegetativo, edáficas e mecânicas, sendo as três passíveis de ser adotadas na instalação e na condução de uma lavoura cafeeira.

Já na implantação da lavoura cafeeira, devem ser adotadas medidas mecânicas

de conservação. Por exemplo, operações como aração, gradagens e, principalmente, sulcamento devem ser feitas em nível. Dessa maneira, as próprias plantas e os pequenos camalhões deixados no preparo formam barreiras contra o escoamento superficial de água. Outra medida é a distribuição adequada de carregadores e pendentes, de forma a evitar o escoamento de água.

Em áreas com declividades acentuadas, rampas extensas e características do solo favoráveis ao escoamento de água superficial, deve-se utilizar o terraceamento, que constitui um anteparo do fluxo superficial da água.

Para dimensionar o espaçamento entre os terraços, alguns fatores são levados em consideração, como características do solo, declividade do terreno, índice de cobertura que a cultura oferece e tipo de preparo e manejo do solo. Essas são medidas complementares ao terraceamento na conservação da água, dentro da propriedade nas bacias de retenção. As dimensões e o número das caixas de retenção devem ser dimensionados em função do volume de chuvas da região, da declividade do terreno, do tipo de solo e da disposição das lavouras. As caixas devem ser construídas em locais de maior acúmulo de água.

A principal prática de caráter vegetativo, observada para a lavoura cafeeira é, o manejo adequado do mato. As linhas do cafeeiro devem ser mantidas limpas durante todo o ano, para evitar a competição por nutrientes, água e luz.

Por outro lado, nas entrelinhas, o mato deve ser manejado de modo a preservar sempre a cobertura do solo, como uma alternativa eficiente para reduzir o escoamento de água superficial. Deve-se lembrar que esse manejo é interessante no período chuvoso. Já no período seco, ocorre competição pela pouca água disponível, e, dessa forma, a melhor opção é manter as entrelinhas também livres de plantas vivas. Esse manejo é realizado preferencialmente com o uso de roçadeira, quando a altura do mato permitir que se faça uma

boa cobertura do solo, isso diminuirá a evaporação da água.

Outra opção é o uso de herbicida pós-emergente. Esse produto, quando aplicado no momento certo, também permite boa cobertura do solo, diminuindo o escoamento superficial de água, bem como sua evaporação.

As práticas de manejo do solo são importantes ainda para o aumento e a manutenção da matéria orgânica (MO) do solo. Em solos onde se pratica a agricultura convencional, nos primeiros anos de cultivo, pela decomposição microbiana e a erosão, podem-se perder mais de 50% da MO acumulada (MIELNICZUK, 2008). Assim, práticas conservacionistas devem ser adotadas para o aumento e a manutenção da MO no solo.

O conhecimento da importância e da qualidade do solo é relevante na implantação de estratégias de manejos sustentáveis (BARROS, 2013). Conhecendo as características da MO, esta torna-se um componente importante do solo, pois atua não só na melhoria das condições físicas, de aeração, de retenção de água, compactação e estruturação, mas também nas propriedades químicas, de acidez, estoque e disponibilidade de nutrientes. A MO possibilita, ainda, maior capacidade de troca de cátions do solo e proporciona um ambiente adequado ao estabelecimento e à atividade da microbiota (ALVARENGA; MARTINS; PAULO, 2002; FIGUEIREDO; RAMOS; TOSTES, 2008; BARROS, 2013).

Além da maior retenção da água propiciada pela MO do solo, maior infiltração também é observada, pela maior rugosidade do solo (LLANILLO et al., 2006).

Assim, a MO torna-se extremamente valerosa nas condições climáticas adversas, retendo água e possibilitando maior infiltração para as camadas mais profundas do solo.

### Gessagem

O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é um subproduto da indústria de fertilizantes

fosfatados. Possui de 17% a 20% de Ca; de 14% a 17% de S; de 0,6% a 0,75% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e em torno de 0,12% de Mg.

A gessagem é uma prática para manejo da fertilidade do solo em profundidade, pois melhora as condições em subsuperfície, abaixo da camada corrigida pela calagem, e diminui a saturação por  $\text{Al}^{2+}$  e adiciona  $\text{Ca}^{2+}$ , além de ser uma excelente fonte de S para as plantas. Como a melhora do solo em subsuperfície proporciona maior desenvolvimento do sistema radicular, o volume de solo explorado pelas raízes é aumentado e, conseqüentemente, proporciona maior resistência das plantas a períodos de estresse hídrico (GUIMARÃES; REIS, 2010).

O gesso tem efeito complementar à calagem, sendo que cada um atua em partes diferentes do solo. O gesso é distribuído ao longo do perfil do solo, aliviando, em alguns, a barreira química que impede ou prejudica o desenvolvimento radicular no subsolo. Já o calcário introduz alcalinidade, reduzindo a acidez a partir da superfície. Assim, a redução da acidez do solo continua sendo uma necessidade e não é possível substituir calcário por gesso. Vários trabalhos de pesquisa indicam que as produções máximas não podem ser alcançadas com tais insumos isoladamente, mas sim com combinações dos dois (RAIJ, 2008).

Em trabalho com a cultura do café, Guimarães (apud GUIMARÃES; REIS, 2010), ao testar os seguintes tratamentos: adubação; adubação + calcário; adubação + gesso e adubação + calcário + gesso, encontrou produtividades de 11,8; 23,7; 27,4 e 59,9 sc/ha, respectivamente, mostrando a importância da gessagem acompanhada de calagem para a produtividade do café.

O gesso deve ser recomendado nas seguintes situações: quando a camada de superfície (20-40 cm) apresentar um teor inferior ou igual a  $0,4 \text{ cmol/dm}^3$  de  $\text{Ca}^{2+}$  e/ou teor de  $\text{Al}^{+3}$  superior a  $0,5 \text{ cmol/dm}^3$  (m%) superior a 30%.

Quanto às doses a serem aplicadas, existem vários métodos de recomendação

na literatura, sendo o mais simples de 1/3 da dose de calcário. Outra metodologia bastante simples é a dose em função da classe textural proposta por Souza, Lobato e Rein (2005).

### Arborização

O Brasil tem pouca tradição no cultivo de café em sistemas arborizados. No entanto, essa prática, quando bem usada, possibilita alterações no microclima que podem ser muito benéficas ao café, além da possibilidade de gerar renda adicional ao sistema de cultivo. Assim, a arborização, com espécies florestais ou frutíferas que agreguem valor à lavoura cafeeira, torna-se uma opção interessante, por se tornar um ganho adicional para o produtor, maximizando a ocupação do solo em diferentes extratos.

O predomínio do cultivo do café ao pleno sol é proveniente do modelo tradicional de implantação, quando toda a mata era retirada e queimada para a implantação da cultura. Aliados a isso, estudos pioneiros focaram a implantação de sombreamento denso, que não foram bem-sucedidos ou preconizaram seu uso na proteção contra ventos frios e geada, com o uso especialmente da grevilea em arranjos que, efetivamente, pouco protegiam os cafeeiros. Dessa forma, o cultivo do café sob sombra ficou relegado a um segundo plano.

Hoje, no País, a utilização de espécies arbóreas associadas ao cultivo do café está restrita a regiões marginais, quanto às condições de clima ou ao uso como quebra-ventos. Todavia, as alterações climáticas vivenciadas nas regiões produtoras de café apontam para a necessidade de resgatar e adaptar técnicas de plantio utilizadas, em especial nas condições de clima mais quente. Assim, abre-se uma oportunidade de introduzir novas formas de cultivo, que possibilitem a diversificação de renda, aliando a recomposição do componente arbóreo como “condicionador de clima” nas áreas produtoras de café.

A escolha das espécies arbóreas a serem utilizadas no Sistema Agroflorestal (SAF) é de suma importância e tem grande peso na determinação do sucesso ou falha do sistema. Dependendo da espécie, forma e tamanho de copa, o resultado do consórcio é variável.

Existem trabalhos que avaliam o efeito do componente arbóreo sobre as condições microclimáticas de áreas de cultivo do cafeeiro, tanto as espécies Arábicas quanto Robusta e seus reflexos sobre os diversos aspectos da cultura. Os resultados de um experimento conduzido pela EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso, MG, com cafeeiros sombreados por diversas espécies de leguminosas arbóreas, demonstraram que esse ambiente apresentou elevação das temperaturas mínimas, o que representa uma proteção na ocorrência de geadas e menor variação térmica do ar (BALIZA et al., 2013). Todavia, espécies como a bracingana não se desenvolveram satisfatoriamente nessa região, apresentando ataque de cochonilhas, o que culminou com a eliminação das plantas. Pelo lado de interações positivas, a espécie *Leucaena leucocephala* propiciou baixíssimo ataque de bicho-mineiro nas plantas de café sob sua influência (REIS; ZACARIAS; ALVARENGA, 2007). Outro experimento está sendo conduzido pela EPAMIG em parceria com a Iniciativa Café e Clima; Fundação Hanns R. Neumann Stiftung e Fazenda da Lagoa, instalado no município de Santo Antônio do Amparo, MG (Fig. 1). O objetivo é verificar o efeito da arborização com espécies florestais com fins madeireiros (*Acrocarpus*, *Tectona* e *Khaya*). Embora esteja em fase inicial, até esta fase não foi detectada interferência das espécies no desenvolvimento dos cafeeiros. De acordo com DaMatta et al. (2007), em climas quentes, tropicais ou equatoriais, a arborização promove a redução da temperatura ambiente e a floração dos cafeeiros fica menos sujeita ao abortamento das flores, à ocorrência de “estrelinhas”, e



Figura 1 - Vista parcial do experimento de arborização - Santo Antonio do Amparo, MG  
NOTA: Parceria EPAMIG, Iniciativa Café e Clima, Fundação Hanns R. Neumann Stiftung e Fazenda da Lagoa.

desaparecem os problemas da seca de ponteiros.

Por outro lado, regiões frias, quando a temperatura média anual fica abaixo de 17 °C, limitam a cafeicultura econômica. Além disso, a ocorrência de geadas, mesmo que esporádicas, pode limitar fortemente o sucesso da cafeicultura manejada a pleno sol.

Em trabalhos conduzidos por Valentini et al. (2010), com seringueira e coqueiro anão como sombreamento na região de Mococa, SP, observou-se diminuição de temperatura média nos dias mais quentes da primavera e verão, em até 3 °C, que correspondem aos estádios fenológicos críticos da floração e frutificação. O sombreamento promoveu, ainda, a elevação da temperatura mínima diária do ar em até 2 °C, em todas as estações do ano.

Nessa mesma região, Pezzopane, Pedro Junior e Gallo (2007) relatam reduções de até 48% nas velocidades dos ventos em cafezais sombreados com bananeira, além da redução da radiação solar global. Resultados semelhantes foram encontrados por Pezzopane, Pedro Junior e Gallo (2007), ao trabalharem com café

Conilon sombreado com nogueira macadâmia. Relataram que a presença de renques de macadâmia modificou o microclima, diminuindo a incidência de radiação fotossinteticamente ativa sobre as plantas de café, o que causou redução na incidência do vento.

O cultivo arborizado, por sua vez, provocou ainda alterações no regime térmico e de umidade relativa do ar, com redução de valores de temperatura máxima do ar de -2,2 °C, no ponto de amostragem próximo ao renque de macadâmia.

Em uma área de café Conilon com plantios de seringueira em renque, Cavatte et al. (2011) relataram que as plantas sombreadas pela seringueira apresentavam uma tendência de maiores valores de potencial hídrico na avaliação feita às 16 horas. Dessa forma, esses autores concluíram que o sombreamento pode contribuir para um status hídrico mais favorável e uma alternativa promissora para reduzir a quantidade de água usada na irrigação, ou, ainda, para aumentar a eficiência do uso da água em lavouras de café Conilon.

A variabilidade na produção de cafeeiros sombreados e a pleno sol é bastante

grande, e depende de fatores como clima, condições de solo, espécie sombreadora, espaçamento e arranjo das espécies, grau de sombreamento e manejo do sistema. Via de regra, em condições ambientais de clima ameno adequado ao cultivo do café e com aporte de insumos, o sombreamento tende a reduzir as produtividades, enquanto que, em regiões subtóxicas de clima e solo, o sombreamento pode aumentar a produtividade das plantas.

Em um ensaio de café em consórcio com macadâmia, conduzido no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso (CESP) da EPAMIG Sul de Minas, com populações que variaram de 572 a 142,9 plantas/hectare e café solteiro, os resultados das produções dos diferentes arranjos de cafeeiros mostraram que os tratamentos sobre a produção, para o período de 2003 a 2008, não sofreram influência das plantas de macadâmia.

Após sete anos, em 2009, o tratamento de maior densidade produziu menos, por causa do desenvolvimento da macadâmia. Em 2012, o cafeeiro passou por podas do tipo esqueletamento, porém o tratamento de 572 plantas continuou sentindo a concorrência com a macadâmia. Entretanto, o tratamento A4 produziu igual ao café solteiro, com produtividade acima de 60 sc/ha, mostrando ser viável o consórcio dessas duas espécies.

No norte do Paraná, Baggio et al. (1997) não encontram queda na produtividade de cafeeiros plantados sob grevilea, até uma densidade de 71 árvores por hectare. A produtividade econômica total foi maior no sombreamento com grevilea, nas densidades de 34 a 71 árvores por hectare.

Matiello et al. (1989), ao trabalharem na região serrana de Pernambuco obtiveram produtividade média de seis anos, superior nos cafeeiros com 50% e 75% de sombreamento, mostrando que essa prática ajuda a superar adversidades climáticas comuns na região. A produtividade apresentou um aumento de 170% em relação ao cultivo a pleno sol.

## INTRODUÇÃO DO CAFÉ CONILON EM REGIÕES ALTERNATIVAS DE MINAS GERAIS

A espécie *Coffea canephora* foi introduzida no Brasil por volta de 1900, no estado do Espírito Santo. O interesse no plantio do Conilon foi aumentado após a erradicação dos cafeeiros. Por ocasião da implantação de um novo plano de renovação da cafeicultura, os produtores do Norte do estado do Espírito Santo optaram por utilizar novos materiais genéticos (FERRÃO et al., 2009). Entretanto, somente após a geada de 1975, a história da produção do café Conilon no Brasil foi marcada de forma decisiva, quando, pela primeira vez, foram registradas linhas de créditos para o plantio dessa espécie (FERRÃO et al., 2009).

Nas últimas três décadas, o plantio desse café expandiu-se rapidamente não só no Espírito Santo, mas também em outras regiões, destacando-se o sul da Bahia, o Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, Rondônia e Mato Grosso.

Atualmente, a produção nacional dessa espécie é de, aproximadamente, 13 milhões de sacas de café beneficiado. Isso corresponde a cerca de 30% da produção nacional, sendo que 76% dessa produção advém do estado do Espírito Santo (CONAB, 2014).

Minas Gerais ocupa o quarto lugar no ranking nacional. Entretanto, possui grande potencial para o cultivo do café Conilon/Robusta, por apresentar regiões em condições edafoclimáticas apropriadas ao cultivo desses cafeeiros. De acordo com a Portaria nº 80, de 25 de fevereiro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2011), dos 853 municípios que compõem o Estado, 34% possuem aptidão para o cultivo do café Conilon, dos quais 12% necessitam de irrigação e 22% podem ser cultivados tanto em sequeiro quanto irrigado.

Apesar das expectativas positivas para o plantio do café Conilon/Robus-

ta em Minas Gerais, pouco se conhece sobre a história desse café no Estado. Sua produção tornou-se mais expressiva a partir de 2009, quando atingiu 282 mil sacas de café beneficiado, com projeções de aumentos de 25% para 2015 (CONAB, 2014), concentrando-se em duas grandes regiões (Zona da Mata, Rio Doce e Central) e (Norte, Jequitinhonha e Mucuri), sendo a primeira responsável por cerca de 65% da produção estadual.

Atualmente, os municípios Santa Rita do Itueto, Aimorés, Nova Belém, Mantena e Mutum são os maiores produtores de café Conilon, com 6.015; 2.299; 1.350; 1.332 e 1.285 toneladas de café em grão, respectivamente (IBGE, 2013).

O mercado desse café é destinado basicamente à indústria de solúveis e nos “blends” com o café Arábica.

Diante desse cenário, a demanda por tecnologias de produção do café Conilon/Robusta, em Minas Gerais, tem sido crescente, seja como alternativa de produção em áreas onde lavouras de café Arábica estão sendo drasticamente afetadas com as estiagens e as elevadas temperaturas, seja como produto econômico para o abastecimento do explosivo mercado dos solúveis.

Visando introduzir o café Conilon nas regiões baixas e quentes da Zona da Mata, a EPAMIG Zona da Mata iniciou, em 2003, as primeiras pesquisas, avaliando 36 clones provenientes do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), no Campo Experimental de Leopoldina (CELP) (Fig. 2 e 3). Após seis anos de colheita, foi constatado o grande potencial desses cafeeiros, destacando-se os cod./clones 24/139; 23/83; 28/143; 26/31; 21/24; 29/79 e 6/132 como os mais produtivos, com 68,51 a 102,85 sacas de café beneficiado/hectare (MOURA et al., 2011).

Mais recentemente, em 2011, esse experimento foi convertido para orgânico, após a primeira poda de renovação da



Figura 2 - Vista parcial do experimento de café Conilon - EPAMIG Zona da Mata - Campo Experimental de Leopoldina (CELP)



Figura 3 - Café Conilon em produção - EPAMIG Zona da Mata - Campo Experimental de Leopoldina (CELP)

lavoura, concluindo o processo em 2012. O café Conilon é recomendado para cultivos mais sustentáveis. Com base nas avaliações iniciais, os cod./clones 28/143; 16/112; 24/139; 26/31; 18/128 e 6/132 apresentaram potencial para esse cultivo, com médias que variaram de 31,20 a 50,13 sacas de café beneficiado/hectare (MOURA et al., 2013).

Outra iniciativa de introdução do café Conilon foi realizada em 2008, quando o Incaper implantou uma unidade no município de Pirapora, localizado no norte mineiro, por possuir características de clima e de solo semelhantes às do norte do Espírito Santo e já ter algumas iniciativas de plantio do Conilon. Nesse experimento, estão sendo avaliados 30 clones de café Conilon (MG..., 2008).

Em 2012, outros experimentos foram instalados na EPAMIG, sendo um no CELP, visando avaliar novos materiais genéticos, que compõem as variedades clonais Vitória e Robustão Capixaba (GONÇALVES et al., 2014). Resultados preliminares indicaram que os cod./clones 2/2V, 3/3V, 6/6V, 8/8V e 20/04RC, apresentaram-se mais vigorosos.

O segundo experimento foi implantado no Campo Experimental de Mociminho (CEMO), da EPAMIG Norte de Minas, localizado no Semiárido do norte do estado de Minas Gerais. Estão sendo avaliados dez clones da variedade Robustão Capixaba em sistema irrigado por gotejamento (HAYASHI et al., 2013). Com base nas avaliações iniciais de crescimento vegetativo, os clones RC9, RC7, RC2 e RC1 foram os mais promissores e poderão compor populações base para o programa de seleção recorrente que, potencialmente, poderá originar variedades clonais específicas para a região.

Também está sendo introduzido o café Conilon, em áreas cuja produção do Arábica tem sofrido quedas de 30% a 40% nos últimos anos, pelas irregularidades pluviométricas, como no caso de Capelinha, no Vale do Jequitinhonha,

Waldênia de Melo Moura

Waldênia de Melo Moura

região que responde por 8,4% do café produzido em Minas Gerais (GUEDES et al., 2011).

Dois experimentos sob sistema de cultivo de sequeiro foram instalados. O primeiro com 13 clones da variedade Vitória, e, o segundo, com seis clones da variedade Robustão Capixaba, os quais foram comparados com a variedade de café Arábica Catuaí 144, e uma variedade propagada por semente de Conilon da região (CPSR). De modo geral, os clones das variedades Vitória e Robustão Capixaba destacam-se com superioridade em relação ao desenvolvimento vegetativo inicial na região (GUEDES et al., 2011).

Verificam-se várias proposições diante das iniciativas, para que o estado de Minas Gerais torne-se um grande produtor de café Conilon. Assim, são necessários investimentos na pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias de produção. Além disso, é preciso que haja um plano de governo e políticas públicas que incentivem e deem segurança ao produtor de café Conilon.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M.I.N.; MARTINS, M.; PAULA, M.B. de. Manejo ecológico da propriedade cafeeira orgânica. **Informe Agropecuário**. Café orgânico, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, p. 21-31, jan./abr. 2002.
- BAGGIO, A.J. et al. Productivity of southern brazilian coffee plantations shaded by different stockings of *Grevillea robusta*. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 37, n.2, p.111-120, May 1997.
- BALIZA, L.F. et al. Parâmetros meteorológicos em cafeeiros arborizados com aleias de leguminosas e a pleno sol, em São Sebastião do Paraíso, MG. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 10., 2013, Belo Horizonte. **Resumos expandidos...** Belo Horizonte: EPAMIG, 2013. 1 CD-ROM.
- BARROS, J.D. de S. Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. **Polêm!ca**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 341-351, abr./jun. 2013.
- BATISTA, L.B. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, jul./set. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Portaria nº 80, de 25 de fevereiro de 2011. Aprova o Zoneamento Agrícola para a cultura de café no estado de Minas Gerais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 fev. 2011. Seção 1. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- CAVATTE, P.C. et al. Arborização (*Hevea brasiliensis*): alternativa para aumentar a eficiência do uso da água em cultivos de *Coffea canephora*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2011. 1 CD-ROM.
- CHAVES, J.C.D. **Manejo do solo**: adubação e calagem, antes e após a implantação da lavoura cafeeira. Londrina: IAPAR, 2002. 36p. (IAPAR. Circular, 120).
- CONAB. **Safras**: séries históricas. Brasília, [2014]. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- DAMATTA, F.M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.16, n.1, p.1-6, Jan./Abr. 2004.
- DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 55-81, Jan./Mar. 2006.
- DAMATTA, F.M. et al. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v. 164, n. 1, p. 111-117, Jan. 2003.
- DAMATTA, F.M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n.4, p.485-510, Oct./Dec. 2007.
- FAHL, J.I. et al. Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. Canephora* and *C. Congensis*. **Experimental Agriculture**, v. 37, n. 2, p. 241-252, Apr. 2001.
- FERRÃO, M.A.G. et al. Melhoramento do café Conilon no Espírito Santo. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias para produção do café Conilon**. Viçosa, MG: UFV, 2009. cap. 6, p.153-173.
- FIGUEIREDO, C.C.; RAMOS, M.L.G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um latossolo vermelho sob sistemas de manejo e Cerrado nativo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, jul./set. 2008.
- GONÇALVES, M.G.M. et al. Avaliação de vinte e três clones de café Conilon na Zona da Mata Mineira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 6.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 3., 2014, Viçosa, MG. **Anais...** Agropecuária, Agroecologia e sustentabilidade. Viçosa, MG: UFV, 2014.
- GUEDES, J.M. et al. Desenvolvimento inicial de café Conilon sob sistema de cultivo sequeiro no Vale do Jequitinhonha-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2011. 1 CD-ROM.
- GUIMARÃES, P.T.G.; REIS, T.H.P. Nutrição e adubação do cafeeiro. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. da (Ed.). **Café arábica**: do plantio à colheita. Lavras: EPAMIG, 2010. v.1, cap. 6, p.343-414.
- HAYASHI, F.L. et al. Seleção precoce de clones da variedade robustão capixaba irrigada por gotejamento no Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador. **Anais...** Sustentabilidade e inclusão social. Brasília: Embrapa Café, 2013. 1 CD-ROM.
- IBGE. Produção agrícola municipal 2013. In: IBGE. SIDRA. **Banco de Dados Agregados**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 5 mar. 2015.
- LLANILLO, R.F. et al. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p.205-220, abr./jun. 2006.

MARRACCINI, P. et al. Differentially expressed genes and proteins upon drought acclimation in tolerant and sensitive genotypes of *Coffea canephora*. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 11, p. 4191-4212, Apr. 2012.

MARTINS, S.C.V. et al. In high-light-acclimated coffee plants the metabolic machinery is adjusted to avoid oxidative stress rather than to benefit from extra light enhancement in photosynthetic yield. **Plos One**, v. 9, n. 4, p. e94862, Apr. 2014.

MATIELLO, J.B. et al. Níveis de sombreamento em cafezal na região serrana de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 15., 1989, Maringá. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1989. p. 182.

MELKE, A.; FETENE, M. Eco-physiological basis of drought stress in coffee (*Coffea arabica*, L.) in Ethiopia. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, n. 3/4, p. 225-239, Dec. 2014.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. de A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed.rev.atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

MG: Incaper vai testar café Conilon no Estado. Piracicaba: CAFÉPOINT, 2008. Disponível em: <<http://www.cafepoint.com.br/noticias/mercado/mg-incaper-vai-testar-cafe-conilon-no-estado-42783.n.aspx>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

MOURA, W. de M. et al. Produção de café Conilon orgânica na Zona da Mata Mineira. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador. **Anais...** Sustentabilidade e inclusão social. Brasília: Embrapa Café, 2013. 1 CD-ROM.

MOURA, W. de M. et al. Produtividade de clones de café Conilon na Zona da Mata, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2011. 1 CD-ROM.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JUNIOR, M.J.; GALLO, P.B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p.256-264, 2007.

RAIJ, B. van. **Gesso na agricultura**. Campinas: IAC, 2008. 233p.

REIS, P.R.; ZACARIAS, M.S.; ALVARENGA, M.I.N. Influência de aléias de leguminosas arbóreas na infestação de bicho-mineiro em cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2007. 1 CD-ROM.

RICHARDS, R. A. Defining selection criteria to improve yield under drought. In: BELHASSEN, E. (Ed). **Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 79-88.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503p.

SALATI, E.; SANTOS, A.A. dos; NOBRE, C. As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros. **ComCiência**. Mudanças climáticas, n. 35, 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/relatorios/clima/clima14.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

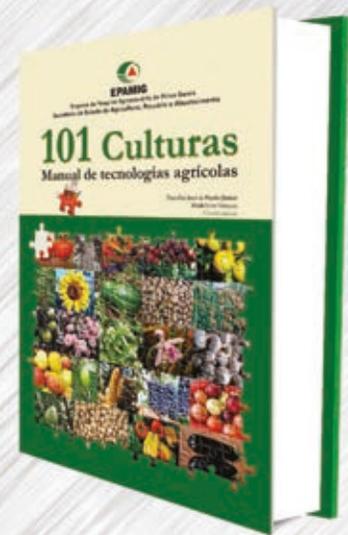
SOUZA, D.M.G. de; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 19p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 32).

TAUSEND, P.C.; MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN, G. Control of transpiration in three coffee cultivars: the role of hydraulic and crown architecture. **Trees: Structures and Function**, v. 14, n. 4, p. 181-190, Feb. 2000.

TEIXEIRA, W. et al. (Org.). **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568p.

VALENTINI, L.S. de P. et al. Temperatura do ar em Sistemas de Produção de café Arábica em monocultivo e arborizados com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n.4, p.1005-1010, dez. 2010.

# Manual de Tecnologias Agrícolas



101 culturas com abordagem direta sobre: cultivo, solo, manejo, doenças, pragas, colheita e comercialização.

publicacao@epamig.br  
(31) 3489-5002



# Produção de café cereja descascado com gasto mínimo de água

*Sammy Fernandes Soares<sup>1</sup>, Aldemar Polonini Moreli<sup>2</sup>, Sérgio Maurício Lopes Donzeles<sup>3</sup>, Juarez de Souza e Silva<sup>4</sup>, Douglas Gonzaga Vitor<sup>5</sup>*

**Resumo** - As melhores bebidas de café são obtidas dos frutos maduros ou cerejas, razão pela qual lotes de café originários desses frutos são mais valorizados no mercado. O processamento dos frutos do cafeeiro, para obter o café cereja descascado, reduz o tempo e os custos de secagem. Entretanto, consome muita água e gera a água residuária do café (ARC), rica em material orgânico, com potencial para poluir o ambiente. É preciso reduzir o gasto de água no processamento, tanto para economizar quanto para diminuir a geração de ARC. O reúso desta água no processamento é uma opção, que reduz acentuadamente seu gasto. Para reusar a água residuária por mais tempo é fundamental remover parte dos resíduos nela contidos. Existem máquinas para isso. São abordadas informações sobre a geração e o reúso da ARC e apresentado um sistema de remoção de resíduos que pode ser construído pelo cafeicultor, denominado Sistema de Limpeza de Águas Residuárias (SLAR). Este sistema foi utilizado em experimento no qual a ARC foi reutilizada ao longo de uma semana de processamento, e o consumo ficou abaixo de 0,3 L de água por litro de frutos processados.

**Palavras-chave:** Fruto do cafeeiro. Processamento. Águas residuais. Tratamento da água. Reaproveitamento da água. Resíduo.

## INTRODUÇÃO

O processamento dos frutos do cafeeiro, visando à produção do café cereja descascado, é uma prática que vem sendo adotada por um número crescente de cafeicultores. O principal motivo para isso é que esse tipo de café descascado é mais valorizado no mercado. Mas existem outras razões que motivam os cafeicultores a optarem por essa prática.

O ato de processar os frutos para obter café cereja descascado envolve operações de limpeza, lavagem, descascamento e desmucilamento, nas quais várias impurezas, cascas e parte da mucilagem são removidas, e o café é separado em três lotes –

café boia, verde e cereja descascado – com teores de umidade mais uniformes, o que permite ajustar as condições de secagem para cada um desses cafés.

A remoção das impurezas e, em especial, das cascas, além de conferir maior valor ao café, possibilita reduzir a estrutura de secagem, o tempo e a mão de obra envolvida, diminuindo o custo dessa operação.

Em regiões com alta umidade, durante o período de colheita e processamento do café, a remoção de parte da mucilagem no descascamento e desmucilamento reduz o risco da ocorrência de fermentações que comprometem a qualidade da bebida do café. Entretanto, o processamento do café

cereja descascado consome muita água e gera água residuária do café (ARC), rica em material orgânico, com potencial para poluir o ambiente. Para usufruir das vantagens que a produção de café cereja descascado possibilita é fundamental minimizar o gasto de água e a geração de ARC no ato de processar os frutos.

Este artigo aborda diversos aspectos relacionados com a legislação pertinente ao uso da água e com a atividade de processamento dos frutos do cafeeiro, bem como traz informações referentes à geração e ao reúso da ARC, visando subsidiar o planejamento, a implantação e a operação de unidades de processamento de café por via úmida.

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Café/EPAMIG Zona da Mata, Viçosa, MG, sammy.soares@embrapa.br

<sup>2</sup>Adm. Empresas, D.Sc., Prof. IFES, Ibatiba, ES, aldemar.moreli@ifes.edu.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Zona da Mata, Viçosa, MG, slopes@ufv.br

<sup>4</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, Ph.D., Prof. Voluntário UFV - Depto. Engenharia Agrícola, Viçosa, MG, juarez@ufv.br

<sup>5</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Bolsista Consórcio Pesquisa Café/EPAMIG Zona da Mata, Viçosa, MG, dgv.agro2006@hotmail.com

## OUTORGA DE ÁGUA

A Agência Nacional de Águas (ANA), por meio da Resolução nº 317, de 26 de agosto de 2003, instituiu o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNDARH), para registro obrigatório de pessoas físicas e jurídicas, de direito público ou privado, usuárias de recursos hídricos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2003). O processamento dos frutos do cafeeiro consome água e os cafeicultores que utilizam essa prática precisam estar cadastrados no CNDARH. A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), por meio da Resolução Conjunta nº 1.844, de 12 de dezembro de 2013, estabelecem os procedimentos para o cadastramento obrigatório de usuários de recursos hídricos superficiais e subterrâneos no estado de Minas Gerais (SEMAD; IGAM, 2013). O cadastro não confere ao usuário o direito de uso de recursos hídricos, para isso é necessário autorização ou outorga.

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que estabelece seus fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos. A outorga de água é um dos instrumentos dessa Política, que tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos. Esse controle evita conflitos entre usuários de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A outorga de uso de água de corpos hídricos de domínio da União é feita pela ANA e, nos demais corpos hídricos, por instituições estaduais que respondem pela gestão ambiental. Em Minas Gerais, o Igam é a instituição responsável pela outorga de direito de uso de recursos hídricos.

O processo de licenciamento das atividades agrícolas que fazem uso da água exige como pré-requisito o documento de outorga de direito de uso de recursos hídricos, indispensável também para pleitear financiamento junto a instituições financeiras públicas e privadas, bem como para adquirir certificação de qualidade (EUCLYDES, 2011).

## REGULARIZAÇÃO DA UNIDADE DE PROCESSAMENTO

As atividades de beneficiamento primário de produtos agrícolas, que envolvem limpeza, lavagem, descascamento, secagem e classificação, dependem de regularização ambiental para operar, e são classificadas pelo porte e potencial poluidor, conforme estabelecido pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam), na Deliberação Normativa nº 74, de 9 de setembro de 2004 (COPAM, 2004).

As unidades de processamento de frutos do cafeeiro com capacidade de processar menos que 5 mil toneladas, entre 5 mil e 50 mil e mais que 50 mil toneladas por mês são consideradas de pequeno, médio e grande portes, respectivamente, e o potencial poluidor da atividade é médio (COPAM, 2004).

Orientações para obter outorga de água e regularização ambiental da atividade de processamento dos frutos do cafeeiro podem ser encontradas no site da Semad<sup>6</sup>. Os formulários de caracterização do empreendimento (FCE), necessários para entrar com os respectivos processos, podem ser obtidos no site da Semad ou da Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Supram)<sup>7</sup>, onde devem ser entregues após preenchimento.

Para construir e operar uma unidade de processamento dos frutos do cafeeiro,

é preciso observar, também, os instrumentos que normatizam a correta destinação do efluente, no caso, a ARC. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), por meio da Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores (CONAMA, 2011).

O artigo 3º da referida Resolução Conama estabelece:

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos na Resolução Conama nº 430, de 13/5/2011, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Uma das diretrizes constantes da Resolução é que as fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão eficientes da água, técnicas para redução da geração e, sempre que possível, proceder à reutilização (CONAMA, 2011).

Tendo como referência as Resoluções do Conama sobre o lançamento de efluentes, as instituições estaduais e municipais responsáveis pela política e gestão ambiental podem estabelecer normas específicas para os respectivos Estados e municípios.

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 5 de maio de 2008, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (COPAM; CERH, 2008).

<sup>6</sup>www.meioambiente.mg.gov.br

<sup>7</sup>www.meioambiente.mg.gov.br/suprams-regionais

## PROCESSAMENTO DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO

As melhores bebidas de café são obtidas dos frutos maduros ou cerejas, razão pela qual lotes de café originários desses frutos são mais valorizados no mercado. Para formar tais lotes de café, pode-se colher seletivamente os frutos cerejas ou colher todos os frutos em conjunto, misturando cerejas, verdes e passas, e fazer a separação destes posteriormente (SOARES; DONZELES, 2011).

A maturação dos frutos produzidos pela planta não é uniforme. Para colher apenas frutos maduros é preciso derriçá-los em duas ou mais ocasiões, o que aumenta muito o custo da colheita. A maioria dos cafeicultores realiza a colheita de todos os frutos existentes na planta de uma só vez, manual ou mecanicamente. Após a colheita, ainda na lavoura, é importante remover o máximo de folhas e ramos derriçados junto com os frutos, evitando-se o transporte desse material para a unidade de processamento.

O café da roça é transportado para a unidade de processamento, onde é descarregado na moega. Na base da moega, por sua vez, existe uma abertura com um dispositivo para controlar a saída dos frutos (Fig. 1A), dando início ao processamento. A fim de regular o fluxo de frutos e retirar os ramos e folhas que possam obstruir a abertura, é necessário o trabalho de uma pessoa.

Na maioria das unidades, o café é processado ao final da tarde e início da noite, no mesmo dia da colheita. Entretanto, o processamento dos frutos é feito no período mais frio do ano, e o frio é mais intenso à noite. Em vários locais, os frutos podem permanecer na moega e ser processados na manhã seguinte, sem comprometer a qualidade do café. Isso porque, além das condições insalubres, o rendimento do trabalho no período noturno é menor.

Para diminuir a possibilidade da ocorrência de fermentação que venha a preju-

dicar a qualidade do café, durante o período noturno, pode-se manter os frutos imersos em água ou molhá-los, por aspersão, na moega, e processar na manhã seguinte. Trabalho realizado por Silva et al. (2007) evidenciou que a imersão dos frutos cereja em água limpa, por um período de até cinco dias, com renovação diária da água, não prejudicou a qualidade da bebida do café.

A opção de manter os frutos imersos em água por um ou mais dias é interessante, para quem colhe pequena quantidade e quer compor um lote maior de frutos para adequar à capacidade da unidade de processamento, em especial para quem deseja processar um volume de café cereja descascado condizente com a capacidade operacional do secador. Por outro lado, se a quantidade colhida for superior à capacidade de processamento, os frutos podem ser mantidos imersos em água, sem causar prejuízo à sua qualidade (SILVA et al., 2007).

O processamento começa com a limpeza. Envolve a abanação, quando são removidas impurezas mais leves, e o peneiramento (Fig. 1B), que remove impurezas maiores e menores que os frutos. Não se usa água na limpeza. Se esta for malfeita, ocasiona maior gasto de água na operação seguinte, que é a lavagem, uma vez que parte da água será consumida pelos resíduos, que são removidos no lavador.

A lavagem, além de remover diversas sujidades, como torrões e pedras, permite separar os frutos mais leves dos mais pesados. Para lavar pequena quantidade de café da roça, pode-se despejá-lo numa caixa d'água, na qual as impurezas e os frutos menos densos que a água – café boia – flutuam e podem ser removidos com uma peneira, enquanto os frutos mais densos – verdes e cerejas – afundam e são retirados posteriormente.

Nos lavadores mecânicos, os frutos são conduzidos pela água em uma calha até um compartimento com fundo falso, no qual os frutos verdes e cerejas afundam e são impulsionados por um fluxo

ascendente de água, que os remete à superfície, em uma calha paralela (Fig. 1C), enquanto os frutos boias flutuam e mantêm-se na mesma calha. Desse modo, os frutos verdes e cerejas saem por uma bica e os frutos boias saem por outra.

Após sair do lavador, os frutos verdes e maduros são conduzidos para o descascador por meio de elevadores de caçamba, correias transportadoras ou tubos de PVC. Neste caso, utiliza-se água para fazer o transporte, aumentando o gasto desse recurso. Esse gasto pode ser reduzido, se o lavador for instalado próximo à entrada dos frutos no descascador, mediante construção de estrutura para elevar o lavador ou aproveitar a inclinação do terreno.

No cilindro do descascador, os frutos são pressionados contra uma peneira e a casca dos frutos maduros rompe-se, liberando os grãos – café cereja descascado. A casca e o café cereja descascado passam pela peneira e caem no separador de cascas (Fig. 1D), enquanto os frutos verdes não passam e saem por uma bica lateral. Um tubo com vários orifícios – esguicho – lança água sobre o cilindro descascador, a fim de facilitar o deslocamento dos frutos, dos grãos e das cascas.

Para facilitar o manejo do café cereja descascado na etapa de secagem, é comum, ainda, remover parte da mucilagem que fica aderida aos grãos no desmucilador (Fig. 1E) ou no tanque de degomagem (Fig. 1F). No desmucilador os grãos entram pela base em um cilindro com um eixo interno rugoso, que conduz os grãos até o topo, por onde saem. Durante o deslocamento dos grãos, a mucilagem vai sendo removida por meio da água que perpassa pelo cilindro. Na degomagem, os grãos são mantidos em um reservatório e imersos em água por um período suficiente para que os microrganismos degradem a mucilagem (SOARES; DONZELES, 2011).



Figura 1 - Processamento dos frutos do cafeeiro

NOTA: Figura 1A - Abertura de saída dos frutos de café da moega. Figura 1B - Peneiramento mecânico dos frutos. Figura 1C - Lavagem e separação dos frutos de café boia dos verdes e cerejas no lavador mecânico. Figura 1D - Cereja descascado e casca saindo do descascador e caindo no separador de cascas. Figura 1E - Desmucilador. Figura 1F - Tanque de degomagem.

Fotos: Smmy Fernandes Soares

## **GASTO DE ÁGUA NO PROCESSAMENTO**

Em um levantamento realizado nas regiões Sul e da Zona da Mata mineira, constatou-se que 54% das propriedades cafezeiras gastam na lavagem menos de 1 L de água por litro de frutos; 38% gastam de 1 a 5 L, e 8% gastam mais de 5 L por litro de fruto (VILELA; RUFINO, 2010), neste último caso, usando lavadores artesanais, do tipo Maravilha. Esse lavador faz a lavagem e a separação hidráulica dos frutos em dois lotes: os frutos boias que saem por uma bica, e os frutos verdes e cerejas que saem por outra.

O alto consumo do lavador Maravilha deve-se ao fato de a água ser utilizada para fazer o transporte dos frutos pela calha que liga a moega ao compartimento de separação, e deste pelas bicas de saída dos frutos. O consumo pode ser reduzido mediante a captação da água em um tanque de reúso, com gincanas para facilitar a decantação dos resíduos, e uma bomba de rotor semiaberto, para fazer o retorno da água e sua reutilização (SILVA et al., 2011).

Os lavadores mecânicos gastam pouca água, uma vez que esta é reutilizada na operação. Para isso, dispõem de uma bomba que faz o retorno da água durante a lavagem. Salienta-se que é necessário repor a água que sai aderida à superfície dos frutos, tirar as impurezas e trocar, periodicamente, a água mantida no tanque do lavador, para realizar a lavagem e a separação hidráulica dos frutos. Isto demanda um gasto de 0,1 a 0,2 L de água por litro de frutos (MATOS, 2008), dependendo da capacidade do tanque e do número de vezes que se troca a água.

O gasto de água no descascador é muito alto. Variando de 3 a 5 L por litro de frutos processados (MATOS, 2008). O gasto de água em descascadores mais antigos chega a atingir 6.000 litros/hora (BORÉM, 2008). Os fabricantes de máquinas de café têm desenvolvido descascadores cada vez mais eficientes no uso da água, o que reduz o gasto desse recurso.

Existem descascadores que não gastam água, mas descascam somente frutos cerejas. Nesse caso, é necessário colher somente frutos cerejas ou selecionar esses frutos antes de serem descascados. Uma forma muito eficaz de reduzir o gasto de água no processamento dos frutos é reusar a ARC no descascador.

O consumo de água no desmucilador é baixo, segundo fabricantes dessa máquina. Um destes cita que o consumo é de 0,2 L de água por litro de café cereja descascado desmucilado. Os desmuciladores tradicionais têm um cilindro central revestido por uma chapa rugosa, para facilitar a remoção da mucilagem do café cereja descascado. Vários cafeicultores vêm substituindo a chapa rugosa por barras transversais. Alegam que isso aumenta o rendimento do desmucilador, com o mesmo gasto de água.

No tanque de degomagem, a água é adicionada até cobrir a superfície dos grãos, o que resulta em um gasto aproximado de 0,3 L de água por litro de café cereja descascado degomado. Exceto esses tanques, todas as outras máquinas citadas possuem regulagens que permitem ajustar a quantidade de água, para que os frutos ou grãos fluam adequadamente. Assim, é fundamental treinar os operadores dessas máquinas, a fim de minimizar o gasto de água e a geração de ARC.

## **VANTAGENS DA PRODUÇÃO DO CEREJA DESCASCADO**

O processamento dos frutos do cafeeiro que visa obter o café cereja descascado, além de possibilitar a obtenção de um produto com maior valor no mercado, também propicia outras vantagens.

Em regiões como as Matas de Minas, com alta umidade durante o período de colheita e processamento do café, a remoção de parte da mucilagem, que ocorre no descascamento e no desmucilamento, reduz o risco da ocorrência de fermentações que comprometem a qualidade da bebida do café. A mucilagem é um excelente substrato para o crescimento de microrganismos fermentadores.

O café é valorizado também pelo tipo, e é classificado conforme a quantidade de defeitos que o lote apresenta, incluindo impurezas como cascas, paus e pedras. A remoção dessas impurezas, durante o processamento dos frutos, contribui para melhorar o tipo do produto, bem como facilitar a operacionalização das etapas seguintes à pós-colheita. A casca constitui cerca de 50% do volume do fruto e sua remoção reduz à metade a quantidade de café a ser secado, beneficiado e armazenado e, conseqüentemente, as dimensões das estruturas necessárias para realizar essas atividades.

A secagem do café cereja descascado é muito mais rápida que a dos frutos com casca. Consome muito menos energia, já que não é preciso secar a casca, e permite liberar mais rapidamente o terreiro de secagem e o secador para novos lotes de café. Assim, as dimensões da estrutura, o tempo, a energia e a mão de obra, necessários para realizar a secagem, podem ser diminuídos, reduzindo consideravelmente os custos dessa operação.

Entretanto, para usufruir das vantagens que a produção do café cereja descascado possibilita, é preciso reduzir o gasto de água no processamento dos frutos, tanto para economizar esse limitado recurso natural, quanto para diminuir a geração de água residuária do processamento do café, rica em compostos orgânicos e inorgânicos. Por causa da elevada carga orgânica, a ARC não pode ser lançada em um corpo hídrico sem tratamento adequado, de modo que atenda às condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecidos na legislação (CONAMA, 2011).

## **REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA**

Conforme mencionado, o gasto de água no processamento dos frutos do cafeeiro, em especial no descascamento, é muito elevado. A indústria vem desenvolvendo máquinas para processar café cada vez mais eficientes no uso da água. Tais máquinas deverão integrar as novas

unidades de processamento e o consumo de água deverá ser reduzido.

Outro aspecto fundamental para reduzir o gasto de água é o treinamento dos operadores das máquinas utilizadas no processamento. Tais máquinas dependem de regulagens para adequar a quantidade de água de acordo com a condição do café, se mais limpo ou se mais sujo; se no começo, no meio ou no final do período de colheita, com diferentes proporções de frutos verdes, cerejas e passas.

Algumas unidades de processamento usam a água uma única vez. Após passar pela unidade, a ARC é recolhida em um tanque de decantação e, ao término da jornada de trabalho ou no dia seguinte, é descartada em valas ou tanques de infiltração.

Uma das diretrizes para a gestão dos efluentes constantes da Resolução Conama nº 430, de 13/5/2011, salienta que:

As fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução da geração e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado, proceder à reutilização. (CONAMA, 2011).

A reutilização da ARC no processamento é uma opção que possibilita reduzir acentuadamente o gasto de água em especial nas unidades mais antigas, que operam com equipamentos tradicionais.

Para reusar a ARC é preciso bombeá-la com bomba hidráulica de rotor semiaberto até uma caixa adicional – caixa de reúso da ARC – situada a montante da unidade. A ARC dessa caixa é reutilizada no descascador, enquanto a água limpa da caixa de abastecimento da unidade é usada no lavador, no desmucilador e no tanque de degomagem (SOARES et al., 2012).

O reúso da ARC é feito simultaneamente à sua geração, ou seja, à medida que vai sendo produzida a ARC, esta vai

sendo bombeada do tanque de decantação para a caixa de reúso, de onde flui por uma tubulação à parte até o descascador. A bomba é acionada automaticamente por uma chave de nível, tipo boia magnética, e a entrada de água no descascador é controlada por um registro.

## REMOÇÃO DE RESÍDUOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA

Para facilitar o fluxo na rede hidráulica da unidade de processamento e reusar a ARC por mais tempo, é fundamental remover parte dos resíduos nela contidos. Em várias unidades, a única estrutura de remoção é o tanque de decantação. Nesse caso, removem-se apenas os sólidos suspensos mais densos que a água. Os sólidos menos densos e aqueles com densidade próxima à da água não são removidos e podem entupir o esgüicho existente no interior do descascador (Fig. 2A).

A eficiência de remoção do tanque de decantação pode ser aumentada com a sua divisão em três ou mais compartimentos, mediante a construção de paredes divisórias, atravessadas por tubos em forma de L invertido para a passagem da ARC. Nesse caso, os sólidos suspensos menos densos que a água vão flutuar e ficar retidos entre as divisórias. Além disso, com o avançar da fermentação, grande parte dos resíduos que afundaram vai formar bolhas e flutuar, ficando também retidos.

No mercado, existem máquinas de várias marcas para fazer a remoção dos sólidos suspensos da ARC, denominadas filtro, separador de sólidos ou

regenerador de efluentes. Essas máquinas dispõem de uma peneira cilíndrica de malha fina, capaz de reter impurezas muito pequenas, e uma bomba, que impulsiona a ARC que passa pela peneira, enquanto os sólidos suspensos ficam retidos.

Raggi (2006) comparou a eficiência de remoção do tanque de decantação com o filtro, em condições de processamento com reutilização da ARC. A taxa de remoção de resíduos foi estimada pelas variáveis demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST) e sólidos suspensos (SS). Para todas essas variáveis, a taxa de remoção do tanque de decantação foi maior que a do filtro (Quadro 1).

Em muitas unidades de processamento as máquinas de remoção de SS são posicionadas antes da caixa de decantação (Fig. 2B). Nesse caso, é comum os resíduos obstruírem as malhas da peneira e interromper o fluxo da ARC. Isso pode ser evitado, se a máquina de remoção de SS for posicionada após o tanque de decantação, pois grande parte dos resíduos ficará retida no tanque.

## SISTEMA DE LIMPEZA DA ÁGUA RESIDUÁRIA

Um sistema de remoção de resíduos, denominado Sistema de Limpeza de Águas Residuárias (SLAR), constituído de caixas e peneiras, as quais associam os processos de remoção de resíduos do tanque de decantação e das máquinas de remoção de

QUADRO 1 - Taxa de remoção de resíduos (%) pelo tanque de decantação (TD) e pelo filtro de remoção de sólidos suspensos (SS) da água residuária do café (ARC), estimada pela demanda bioquímica do oxigênio (DBO), demanda química do oxigênio (DQO), sólidos totais (ST) e SS

Estrutura	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	ST (mg/L)	SS (mg/L)
TD	66	74	77	75
Filtro	12	23	18	14

FONTE: Raggi (2006).



Figura 2 - Remoção de resíduos de águas residuárias

NOTA: Figura 2A - Esguicho de água no interior do descascador. Figura 2B - Filtro de remoção de resíduos sólidos, posicionado antes do tanque de decantação.

SS, foi desenvolvido pela Embrapa Café, em parceria com a EPAMIG e o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). O SLAR pode ser construído pelo próprio cafeeicultor, com baixo custo (SOARES et al., 2012).

O SLAR compõe-se de três caixas de decantação, com capacidade de 1.000 L (Fig. 3A), e duas peneiras cilíndricas. A primeira, com abertura das malhas de 1,5 mm, e, a segunda, de 1,00 mm. Ambas com 1 m de comprimento e 0,30 m de diâmetro, dispostas inclinadamente após a saída da água da terceira caixa (Fig. 3B). As caixas, por sua vez, são interligadas por tubos de PVC, em forma de L invertido (Fig. 3C), de 100 mm de diâmetro, com a extremidade inferior posicionada a 0,3 m do fundo da caixa.

A ARC gerada na unidade de processamento entra pela parte superior da primeira caixa e flui para a seguinte através do tubo de PVC, em forma de L invertido. Os SS menos densos que a água flutuam e ficam retidos na superfície das caixas, enquanto os mais densos decantam no fundo. Com o passar do tempo, parte dos sólidos que afundaram vai fermentar, encher de borbulhas e subir à superfície, fi-

cando também retida, por causa dos tubos em L invertido.

Após sair da terceira caixa de decantação, a ARC passa pelas peneiras do SLAR, dispostas sobre calhas (Fig. 3D), e deságua em um reservatório, de onde é bombeada para a caixa de reúso, sendo então reutilizada. As peneiras têm a função de remover as impurezas com dimensões maiores que os furos do esguicho do descascador, evitando seu entupimento. A bomba é acionada automaticamente por uma chave de nível, tipo boia magnética.

### EXPERIMENTOS COM O SISTEMA DE LIMPEZA DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O SLAR foi avaliado em experimento conduzido por Moreli (2010), na unidade de processamento da Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante, da Incaper. Nesse trabalho o autor avaliou o reúso da água ao longo de uma jornada de processamento. O intervalo de tempo entre o início e o final do processamento, a quantidade de frutos processada e o consumo de água nas quatro repetições do experimento encontram-se no Quadro 2.

O consumo no início do processamento, antes de reutilizar a ARC, foi de 2,2 litros de água por litro de frutos. O processamento durou 142-155 minutos, tempo suficiente para que a ARC retornasse e fosse reutilizada quatro vezes na unidade, sem causar entupimento, comprovando a funcionalidade do SLAR.

Foram consumidos, em média, 0,52 L de água por litro de frutos processados, muito abaixo dos 3 a 5 L mencionados na literatura (MATOS, 2008) e 76% menos que o consumo inicial. A avaliação sensorial não detectou diferença na bebida originada do café cereja descascado com água limpa ou reusada (MORELI, 2010).

O SLAR foi avaliado em outro experimento conduzido por Moreli (2013), na unidade de processamento da Fazenda Experimental de Venda Nova do Imigrante, da Incaper. Nesse trabalho, o autor avaliou o reúso da ARC ao longo de cinco jornadas de processamento, isto é, nesse período foram feitas reposições de água, mas não a troca da ARC. O consumo no início do processamento, antes de reutilizar a ARC, foi de 1,96 L de água por litro de frutos, 11% menor que aquele obtido em 2010. Essa performance foi atribuída



Fotos: Aldemar Polonini Moreli

Figura 3 - Sistema de limpeza de águas residuárias

NOTA: Figura 3A - Caixas de decantação. Figura 3B - Peneiras. Figura 3C - Tubos de PVC, em forma de L invertido. Figura 3D - Peneiras dispostas sobre calhas.

QUADRO 2 - Duração do processamento (DP), volume de água consumida (AC) e de frutos processados (FP)

Repetição	DP (min)	AC (L)	FP (L)	AC/FP (L/L)
1	144	5.053	9.250	0,53
2	151	5.213	10.240	0,51
3	155	5.136	10.460	0,49
4	142	5.179	9.200	0,56
Média	148	5.145	9.855	0,52

FONTE: Moreli (2010).

à diminuição do comprimento e maior inclinação da calha de condução dos frutos entre o lavador e o descascador.

O gasto de água diminuiu ao longo das jornadas de processamento, atingindo um mínimo de 0,278 L de água por litro de frutos no quinto dia de processamento (Gráfico 1).

Na avaliação sensorial, realizada conforme protocolo da Associação Americana dos Cafés Especiais – Specialty Coffee Association of America (SCAA), não foram detectadas diferenças significativas entre as bebidas originadas dos cafés processados ao longo das cinco jornadas de processamento (Quadro 3).

As notas finais foram superiores a 80 pontos, o que, pela metodologia da SCAA, permite classificar as bebidas como excelentes (MORELI, 2013).

Esses resultados comprovam que o reúso da ARC no processamento, ao utilizar o SLAR para remover parte dos resíduos sólidos, é uma estratégia eficaz para reduzir o gasto de água e assegurar que os cafeicultores possam usufruir das vantagens da produção do café cereja descascado e uma forte aliada para viabilizar ambientalmente o empreendimento, no que se refere à outorga de água e à obtenção do licenciamento ambiental (REIS et al., 2013).

## DESCARTE DA ÁGUA RESIDUÁRIA

Para ser lançada em um corpo hídrico, a ARC precisa ser tratada, para atender às condições e aos padrões estabelecidos pela legislação (CONAMA, 2011). O tratamento é complexo e requer o envolvimento de um profissional habilitado, para planejar e orientar a construção da estrutura necessária, bem como monitorar as características físicas e químicas da ARC, visando atender às exigências legais.

O tratamento preliminar envolve a remoção de sólidos mais grosseiros presentes na ARC. Segue-se o tratamento primário, em que parte dos sólidos em suspensão são removidos por decantação, e, outra parte, por degradação anaeróbia. O tratamento secundário completa o pro-

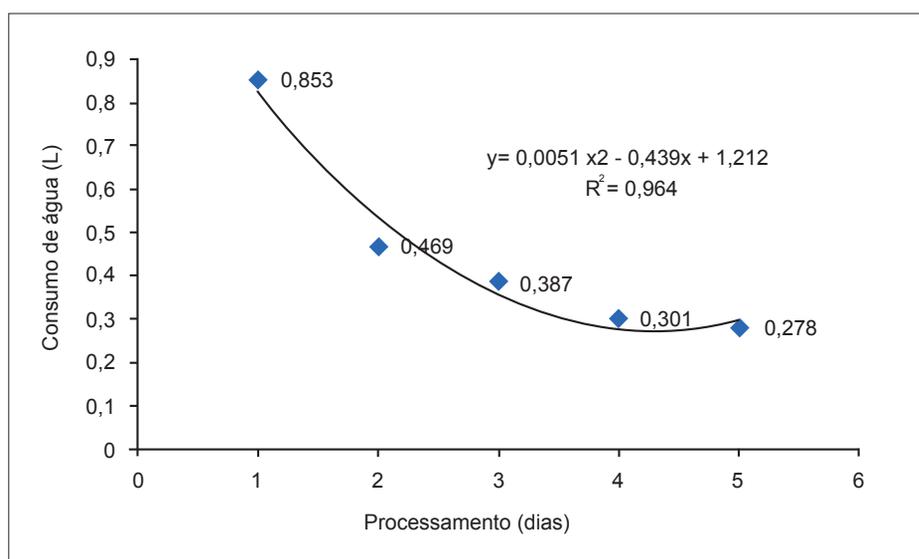


Gráfico 1 - Consumo de água (litro de água/litro de frutos processados) ao longo de cinco dias de processamento

FONTE: Moreli (2013).

QUADRO 3 - Características organolépticas da bebida originária de café processado com reúso da água residuária na duração do processamento

Dias	Características organolépticas						Resultado final
	Aroma	Sabor	Acidez	Corpo	Equilíbrio	Finalização	
1	7,222	7,194	7,139	7,180	7,250	7,194	80,530
2	7,375	7,305	7,181	7,208	7,153	7,180	80,628
3	7,375	7,264	7,167	7,208	7,222	7,139	80,419
4	7,222	7,319	7,242	7,242	7,278	7,333	80,983
5	7,375	7,247	7,194	7,250	7,222	7,305	80,858

FONTE: Moreli (2013).

cesso de degradação do material orgânico em suspensão por meio dos microrganismos presentes na ARC.

Vários equipamentos e estruturas, como peneira, filtro, tanque de sedimentação, lagoa anaeróbia e lagoa facultativa, são usados para fazer o tratamento da ARC. Uma descrição de tais estruturas e exemplos de como dimensioná-las podem ser encontradas em Matos e Lo Monaco (2003), que incluem também métodos de disposição da ARC no solo, em valas, em rampas e por meio de fertirrigação, além do tratamento em áreas alagadas.

O tratamento da ARC é pouco comum nas propriedades que realizam o processamento dos frutos do cafeeiro, pelo elevado custo e carência de pessoal

com domínio do processo de tratamento. Na maioria dos casos, a ARC gerada na unidade de processamento é recolhida em um tanque de decantação e depois bombeada e descartada em valas ou lagoas de infiltração, construídas em partes altas do terreno, fora das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e reservas legais, distantes de cursos d'água.

O dimensionamento da vala de infiltração é feito em função do volume de ARC, gerado no processamento, e da velocidade de infiltração básica (VIB) da água no solo. Existem vários métodos para determinar a VIB, utilizando-se água limpa. Contudo, a ARC contém resíduos que vão provocando a colmatação do solo e a velocidade de infiltração vai diminuindo

do, razão pela qual se usam fatores de correção da VIB.

Matos e Lo Monaco (2003) sugerem o método da bacia de infiltração como melhor opção para determinar a VIB. Esses autores citam que é comum adotar-se fator de correção de 10% a 15%, para calcular a área necessária para dispor a ARC, usando-se a seguinte Equação:

$$A_N = Q/VIB/F_p$$

em que:

$A_N$  = área necessária, em m<sup>2</sup>;

Q = quantidade de água residuária gerada por dia, em m<sup>3</sup>/d;

VIB = velocidade de infiltração básica, em m/d;

$F_p$  = fator de projeto, entre 0,10 e 0,15.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normatiza a construção de valas de infiltração para destinação final dos efluentes de tanques sépticos. Essa norma estabelece que a taxa de percolação do solo seja usada no dimensionamento da vala de infiltração; descreve um procedimento simples para determinar essa taxa e recomenda a distância vertical mínima de 1,5 m entre o fundo da vala e o lençol freático. Para efeito de cálculo da área de infiltração, leva em conta as áreas laterais e do fundo das valas (ABNT, 1997). O procedimento de determinação da taxa de percolação dessa norma poderia ser aplicado para dimensionamento da vala de infiltração da ARC.

É comum encontrar casos de unidades de processamento nas quais as valas de infiltração foram superdimensionadas. Uma estratégia para adequar o dimensionamento é construir as valas por etapas, antes e depois de a unidade de processamento entrar em operação. Antes disso, constroem-se duas valas, A e B, interligadas na superfície por sulcos ou tubos, cada uma com capacidade para armazenar a ARC a ser gerada em um dia.

No primeiro dia de operação da unidade de processamento, a ARC produzida é direcionada para a vala A e, ao final da

jornada, marca-se o nível da ARC nesta vala. No dia seguinte, mede-se o desnível em relação ao dia anterior e o intervalo de tempo transcorrido. No segundo dia, durante o processamento, direciona-se mais uma vez a ARC para a vala A e o excesso verterá para a vala B. Ao término da jornada, marca-se o nível nas valas A e B.

No terceiro dia, mede-se o desnível em relação ao dia anterior nas valas A e B e o intervalo de tempo transcorrido. Desse modo, no terceiro dia serão conhecidas as taxas de percolação de dois dias para a vala A e de um para a vala B. Essas taxas permitirão decidir se será necessário construir mais uma vala para acomodar a ARC do terceiro dia de processamento ou se isso poderá ser feito mais adiante. Com o passar dos dias a velocidade de infiltração vai diminuindo, até ficar pouco variável e, assim, o dimensionamento das valas poderá ser ajustado para cada situação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o processamento dos frutos do cafeeiro obtem-se café cereja descascado, produto com valor diferenciado no mercado. Além disso, a secagem do café cereja descascado é mais rápida e requer uma estrutura menor, diminuindo os custos dessa operação. Entretanto, esse processamento consome muita água e gera ARC, com potencial de poluir os corpos hídricos.

É preciso especial esforço para desenvolver tecnologias para diminuir o consumo de água e aproveitar os resíduos gerados no processamento dos frutos do cafeeiro, a fim de não comprometer a sustentabilidade da produção do café cereja descascado.

A indústria vem desenvolvendo máquinas para processar café, cada vez mais eficientes no uso da água. Tais máquinas deverão integrar as novas unidades de processamento, e o consumo de água deverá ser reduzido. Enquanto isso, uma forma de reduzir acentuadamente o gasto de água, especialmente em unidades mais antigas, é o reúso da ARC. Para fazer o reúso por um período maior, é

necessário remover parte das impurezas da ARC. Existem, no mercado, várias máquinas para fazer essa remoção.

Um SLAR constituído de caixas de decantação e peneiras foi desenvolvido pela Embrapa Café, em parceria com a EPAMIG e o Incaper. O SLAR pode ser construído na propriedade pelo próprio cafeicultor, com baixo custo (SOARES et al., 2012). O uso desse sistema possibilitou reusar a ARC por um período de cinco dias, reduzindo o gasto de água para menos de 0,3 L por litro de frutos processados, sem afetar a qualidade da bebida do café.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 13969**: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <[http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_13969.pdf](http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução nº 317, de 26 de agosto de 2003. Institui o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH para registro obrigatório de pessoas físicas e jurídicas de direito público ou privado usuárias de recursos hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2003. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2003/317-2003.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

BORÉM, F.M. Processamento do café. In: BORÉM, F.M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. p.127-158.

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, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 3 dez. 2014.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de

março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 3 dez. 2014.

COPAM. Deliberação Normativa nº 74, de 9 de setembro de 2004. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização ambiental e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2 out. 2004. Diário do Executivo. Disponível em: <<http://sisemanet.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

COPAM; CERH-MG. Deliberação Normativa Conjunta nº 1, de 5 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 13 maio 2008. Diário do Executivo. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

EUCLYDES, H.P. (Coord.). **Atlas digital das águas de Minas**. 3.ed. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.atlasdasaguas.ufv.br/home.html>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

MATOS, A.T. de. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: BORÉM, F.M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. p.159-201.

MATOS, A.T. de; LO MONACO, P.A. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos de lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 68p. (UFV-DEA. Revista Engenharia na Agricultura. Boletim Técnico, 7).

MORELI, A.P. **Avaliação de um sistema de remoção de sólidos para maximização do uso da água no processamento dos frutos do cafeeiro**. 2010. 68p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010.

MORELI, A.P. **Maximização da reutilização da água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro: influências em ca-**

cterísticas físico-químicas do efluente e qualidade da bebida do café. 2013. 69p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

RAGGI, L.G. de R. **Avaliação do desempenho de sistemas de tratamento de água em recirculação no descascamento e desmucilagem dos frutos do cafeeiro**. 2006. 54f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

REIS, E.F. dos et al. A recirculação da água no processamento dos frutos do cafeeiro como importante ferramenta para a viabilidade ambiental. In: TOMAZ, M.A. et al. **Tópicos especiais em produção vegetal IV** [recurso eletrônico]. Alegre: CAUFES, 2013. p.530-546.

SEMAD; IGAM. Resolução Conjunta nº 1.844, de 12 de abril 2013. Estabelece os procedimentos para o cadastramento obrigatório de usuários de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 13 abr. 2013. Diário do Executivo. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=25155>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

SILVA, J. de S. e et al. Avaliação da armazenagem temporária de café tipo cereja por imersão em água limpa. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2007. 1 CD-ROM.

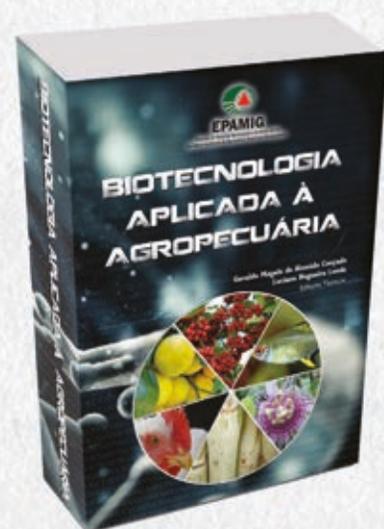
SILVA, J. de S. e (Ed.). et al. **Infraestrutura mínima para produção de café com qualidade: opção para a cafeicultura familiar**. Brasília: Consórcio Pesquisa Café, 2011. 62p.

SOARES, S.F.; DONZELES, S.M.L. Resíduos da pós-colheita do café: sólidos e líquidos. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. da; CARVALHO, G.R. (Ed.). **Café Arábica: da pós-colheita ao consumo**. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2011. cap. 2, p.67-95.

SOARES, S.F. et al. **Reúso da água na produção de café cereja descascado**. Brasília: Embrapa Café, 2012. 8p. (Embrapa Café. Circular Técnica, 1). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86772/1/Reuso-da-agua.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2014.

VILELA, P.S.; RUFINO, J.L. dos S. (Coord.). **Caracterização da cafeicultura de montanha de Minas Gerais**. Belo Horizonte: INAES, 2010. 300p. (INAES. Cadeias Produtivas Café. Estudos, 1).

# Biotechnologia na agropecuária



**eucalipto** arroz sorgo  
café milho  
batata oliveira  
cacau soja  
feijão maracujá  
cana uva  
aves suínos  
**bovinos**

**Informações:  
publicacao@epamig.br  
(31) 3489-5002**



# Uso do Zoneamento Ambiental e Produtivo na priorização de áreas para aplicação de recursos em Sub-Bacias Hidrográficas

Amarildo José Brumano Kalil<sup>1</sup>, Thales Rodrigo do Carmo Pinto<sup>2</sup>, Roberta Almeida<sup>3</sup>

**Resumo** - A metodologia Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) tem sua origem pautada na dinâmica de uso e de conservação do solo e da água e na evidência da Adequação Socioeconômica e Ambiental de Sub-Bacias Hidrográficas. É descrita a aplicação da metodologia ZAP na Bacia do Ribeirão do Boi, afluente da margem direita do Rio Doce. A análise se deu em quatro Sub-Bacias (Córrego Vargem Alegre, Cabeceira do Ribeirão do Boi, Córrego São Cândido e Ribeirão do Boi). Foram caracterizados o uso e a ocupação do solo, a disponibilidade hídrica e potencial de regularização e as unidades de paisagem. Com base nas informações do ZAP, realizou-se a análise multicritério para priorização das áreas, para aplicação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e recursos de programas de recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), na Bacia do Ribeirão do Boi. Verifica-se que a Sub-Bacia de Entre Folhas é a que apresenta o menor índice de adequação, portanto, é a Bacia que deve ser priorizada para a aplicação do CAR e dos recursos de programas de recuperação de APPs.

**Palavras-chave:** Recurso hídrico. Bacia Hidrográfica. Ribeirão do Boi. Área de Preservação Permanente. ZAP. Análise multicritério. Índices.

## INTRODUÇÃO

O Decreto nº 46.650, de 19 de novembro de 2014 (MINAS GERAIS, 2014), aprovou a metodologia mineira de caracterização socioeconômica e ambiental de Sub-Bacias Hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP). Esta metodologia tem sua origem pautada na dinâmica de uso e conservação do solo e da água e na evidência de que a Adequação Socioeconômica e Ambiental de Sub-Bacias Hidrográficas potencializa os resultados no controle do ciclo hidrológico e na sustentabilidade das atividades produtivas rurais, desenvolvidas nesse compartimento geográfico. Objetiva-se, por meio do ZAP, disponibilizar base de dados e informações para subsídio a for-

mulação, implantação e monitoramento de planos, programas, projetos e ações que busquem o aprimoramento do planejamento e da gestão ambiental por territórios.

O ZAP foi desenvolvido pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Seap-MG) e pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad), com a participação da Embrapa Milho e Sorgo, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG), Fundação Rural Mineira (Ruralminas) e Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam). O trabalho conjunto desses parceiros resultou do reconhecimento da necessida-

de da inclusão de uma perspectiva mais abrangente, integradora e participativa na construção de instrumentos de gestão dos recursos ambientais associados às atividades produtivas. O ZAP nasceu, portanto, como contribuição essencial para as diretrizes de ordenamento e organização territorial no marco das Bacias Hidrográficas e como importante ferramenta de gestão a ser aplicada nos processos de regularização ambiental.

A discussão do novo Código Florestal Brasileiro provocou estudos e diálogos sobre a necessidade de recuperação de áreas classificadas como Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), com déficit estimado em 42 milhões de hectares. Estima-se que há 49 milhões

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Presidente EMATER-MG, Belo Horizonte, MG, amarildo.kalil@emater.mg.gov.br

<sup>2</sup>Geógrafo, IBIO - Instituto BioAtlântica, Ipatinga, MG, thales@ibio.org.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Florestal, IBIO - Instituto BioAtlântica, MG, roberta@ibio.org.br

de hectares de pastagens degradadas, em um cenário atual, onde a pecuária ocupa 128 milhões e a agricultura 60 milhões de hectares, numa extensão total do território nacional de 780 milhões de hectares (SPAROVEK et al., 2011).

## METODOLOGIA

O ZAP envolve três grandes etapas, a saber:

- levantamento do uso e ocupação do solo;
- diagnóstico da disponibilidade hídrica da Bacia;
- definição das unidades de paisagem.

A seguir, descreve-se a aplicação da metodologia ZAP na Bacia do Ribeirão do Boi, afluente da margem direita do Rio Doce. Na Bacia, estão localizados os municípios de Vargem Alegre, Entre Folhas e parte dos municípios de Caratinga e Bom Jesus do Galho.

### Uso e ocupação do solo

O mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi foi realizado utilizando-se de imagens do satélite Pleiades com precisão de 50 cm e escala cartográfica 1:10.000, validadas em campo.

O reconhecimento de padrões em imagens digitais apresenta importância fundamental na área de Sistema de Informações Geográficas (SIG). No monitoramento ambiental, permite a identificação e classificação de tipos fisionômicos, tais como elementos da cobertura vegetal, corpos d'água, solos, áreas agrícolas, áreas antropizadas e áreas degradadas.

### Disponibilidade hídrica e potencial de regularização

Para a análise da disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi, foram utilizados estudos de regionalização hidrológica realizados no âmbito do programa HIDROTEC (EUCLYDES, 2011) e avaliados os proces-

sos de outorga pelo uso da água, os quais ocorrem na Bacia, disponibilizados pelo Igam, no ano de 2012. Além disso, foram utilizadas as informações do “Estudo de regionalização de vazão para o aprimoramento do processo de outorga no estado de Minas Gerais”, realizado pela UFV e Igam (2012).

Os usuários não consuntivos, por não interferirem na disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica, seguem os trâmites legais e regulares, para obtenção de outorga de direito de uso de recursos hídricos e também não são contemplados no processo único de outorga, portanto, não se apresentam neste estudo.

A disponibilidade hídrica em cada trecho que possui demanda pelo uso de recursos hídricos foi determinada pela Equação 1.

Equação 1:

$$DH = 0,5 \cdot Q_{7,10} - DT$$

em que:

DH = disponibilidade hídrica no trecho em estudo ( $m^3/s$ );

$Q_{7,10}$  = vazão mínima média de sete dias sequentes, estimada para um período de retorno igual a dez anos na foz da sub-bacia em estudo ( $m^3/s$ );

DT = demanda hídrica no trecho em estudo ( $m^3/s$ ).

### Unidades de paisagem

A adoção da Teoria da Paisagem para orientar o planejamento do uso conservacionista dos recursos ambientais tem por objetivo simplificar e tornar ágil o processo de monitoramento e gestão ambiental no âmbito da propriedade rural e, simultaneamente, do próprio conjunto das demais propriedades rurais nas Bacias Hidrográficas.

A metodologia adotada para a identificação das unidades de paisagem foi adaptada de Ribeiro (1989) e Fernandes (2010). Nessa metodologia, considera-se a paisagem, dentro de cada especificidade

local, como uma síntese dos componentes dos meios físicos (geologia, relevo e solos), meio biótico (vegetação nativa) e meio socioeconômico (atividades antrópicas). No caso específico de atividades rurais, é notória a familiaridade de produtores e trabalhadores rurais com a paisagem local, fato que facilita diálogos e discussões pertinentes à capacidade de suporte das respectivas unidades de paisagem.

## ZONEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO BOI

Com uma área total de 35 mil hectares, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi abrange quatro municípios mineiros: Vargem Alegre, Entre Folhas, Caratinga e Bom Jesus do Galho. Afluente do Rio Doce, situada a montante do ponto das coordenadas geográficas  $19^{\circ}34'39''S/42^{\circ}29'28''W$ , a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi encontra-se na porção leste do estado de Minas Gerais, pertencendo à Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (UPGRH-MG) – DO5 - Rio Doce, Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Caratinga (Fig. 1).

Localizada próxima ao Parque Estadual do Rio Doce, a Bacia Hidrográfica vem sofrendo impacto de um modelo de desenvolvimento com base na exploração intensa dos recursos naturais, com destaque para exploração de florestas plantadas.

### Uso e ocupação do solo

A interpretação da imagem de satélite permitiu a classificação da área da Bacia Hidrográfica em nove classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal (Fig. 2):

- Floresta Estacional Semidecidual em seus três estádios de sucessão;
- Campo/Pasto;
- Cultivos Agrícolas;
- Mata Ciliar;
- Afloramentos Rochosos;
- Ocupação Antrópica;

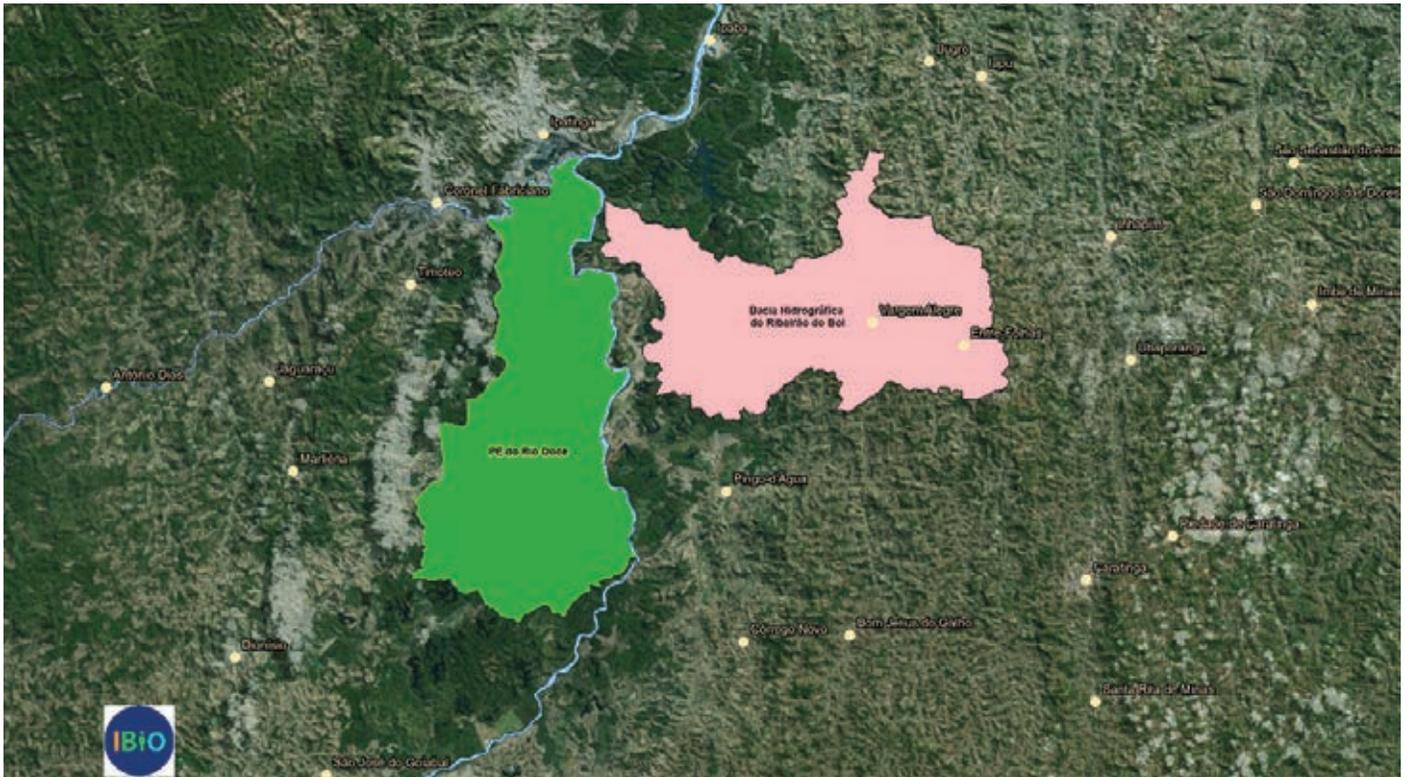


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi

NOTA: PE do Rio Doce - Parque Estadual do Rio Doce.

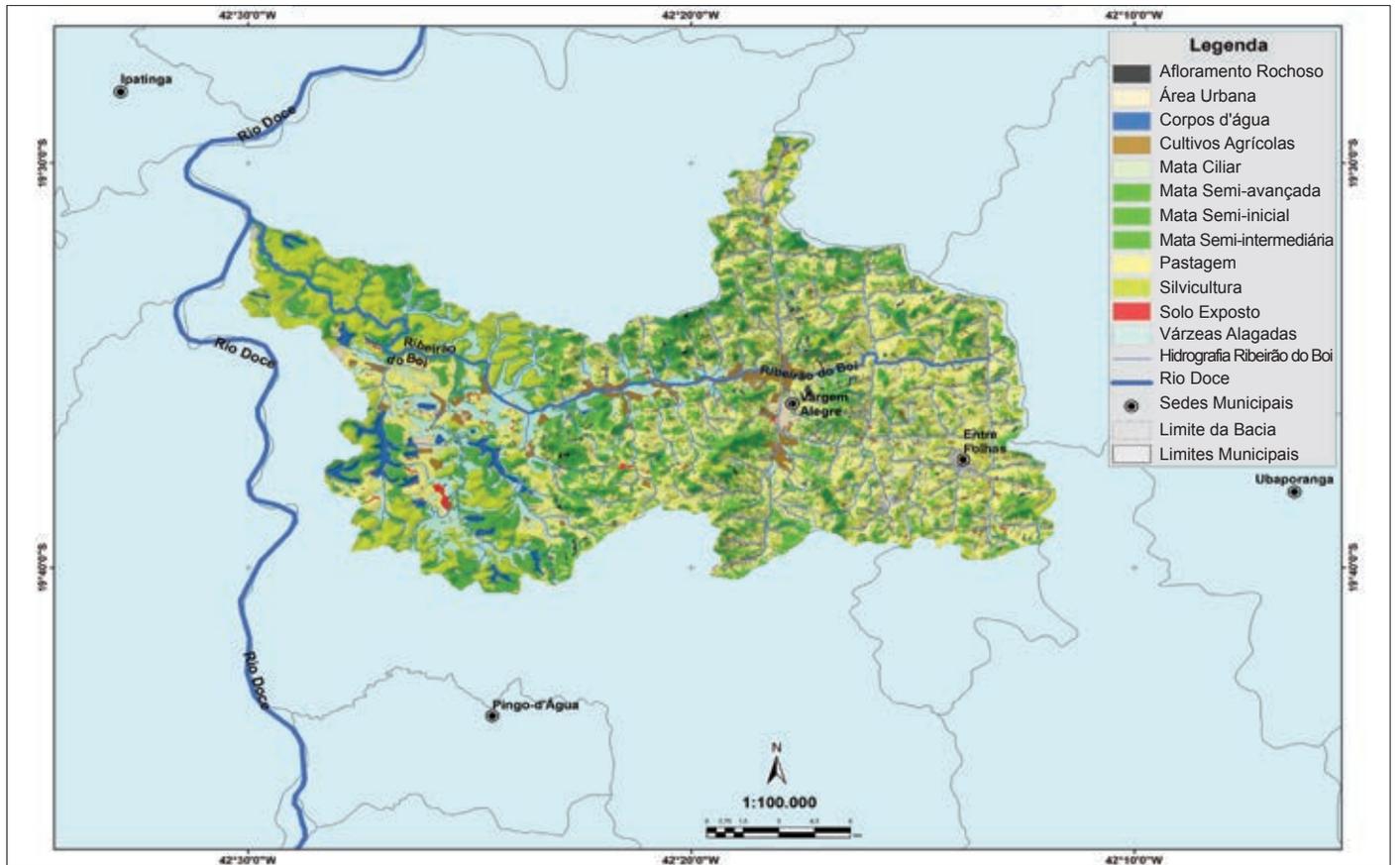


Figura 2 - Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi

- g) Silvicultura;
- h) Solo Exposto;
- i) Várzea/áreas alagadas.

O Quadro 1 indica o total de área para cada classe mapeada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi e a porcentagem da área total que a Bacia ocupa.

### Disponibilidade hídrica e potencial de regularização

A caracterização dos recursos hídricos superficiais da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi é a seguinte:

- a) área de drenagem: 348,6 km<sup>2</sup>;
- b) vazão de referência ( $Q_{7,10}$ ): 2,4 m<sup>3</sup>/s;
- c) vazão média de longo período ( $Q_{mlp}$ ): 11,6 m<sup>3</sup>/s;
- d) capacidade de regularização natural: 20%, classificado como média capacidade índice ( $r_{7,10} = Q_{7,10}/Q_{mlp}$ ), no intervalo 11% a 30%;
- e) disponibilidade (vazão máxima outorgável 50%  $Q_{7,10}$ ): 1,2 m<sup>3</sup>/s;
- f) demanda (vazão outorgada): 0,32 m<sup>3</sup>/s;
- g) relação demanda/disponibilidade: 28%.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi (Fig. 3) é composta por 347 trechos de cursos d'água. Desses, nove demonstraram demanda pelo uso consuntivo de recursos hídricos, e os demais apresentam disponibilidade hídrica igual a 50% da  $Q_{7,10}$ .

Os trechos 20729 (Córrego Esmeralda) e 24579 (Córrego Entre Folhas), da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi apresentaram valores com disponibilidade hídrica negativa.

### Regularização de vazão

A regularização das vazões naturais é um procedimento que visa uma melhor utilização dos recursos hídricos superficiais.

Sempre que um projeto de aproveitamento hídrico de um curso d'água prevê uma vazão de retirada maior que a mínima, existirão, em consequência, períodos em que a vazão natural será superior à utilizada, e períodos em que a vazão

QUADRO 1 - Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi

Classes de uso	Área (ha)		%
	Preservada	Antropizada	
Afloramentos Rochosos	213,83	-	0,61
Campo/Pasto	-	12.293,15	35,27
Cultivos Agrícolas	-	969,3	2,78
Mata Ciliar	1.239,89	-	3,56
Mata Semidecidual avançada	5.870,14	-	16,84
Mata Semidecidual inicial	2.405,01	-	6,9
Mata Semidecidual intermediária	2.965,47	-	8,51
<sup>(1)</sup> Nuvem/sombra	-	112,04	0,32
Ocupação Antrópica	-	294,63	0,85

(1)A classe nuvem/sombra deve ser excluída do percentual de uso e ocupação.

será menor, não atendendo à demanda. Sendo assim, é necessário promover o represamento das águas, por meio da construção de reservatórios, em seções bem determinadas dos cursos d'água naturais, para que se possa reter o excesso de água dos períodos de grandes vazões, para ser utilizado nas épocas de estiagem (SEMAD; IGAM, 2012).

Qualquer que seja o tamanho da barragem ou a finalidade das águas acumuladas no reservatório, sua principal função é a de fornecer uma vazão maior que a possível de captação a fio d'água ou não muito variável, tendo essa barragem recebido do Rio vazões muito variáveis no tempo, regulando, assim, o fluxo residual.

Na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi foi calculado o potencial de regularização ( $Q_{reg}$ ), para cada trecho, por meio da Equação 2.

Equação 2:

$$Q_{reg} = 0,7 \cdot Q_{mld} - 0,5 \cdot Q_{7,10}$$

em que:

$Q_{reg}$  = vazão regularizável (m<sup>3</sup>/s);

$Q_{mld}$  = vazão média de longo período (m<sup>3</sup>/s);

$Q_{7,10}$  = vazão mínima média de sete dias sequentes, estimada para um período de retorno igual a dez anos na foz da Sub-Bacia em estudo (m<sup>3</sup>/s).

Para os trechos com disponibilidade hídrica negativa, a opção do incremento da regularização de vazão vem como uma forma de atender à demanda atual. Para isso, utilizam-se valores do potencial de regularização e valores de disponibilidade hídrica de cada trecho, para analisar a viabilidade dessa proposição (Quadro 2).

Se o valor da coluna  $Q_{reg} + DH$  m<sup>3</sup>/s for positivo significa que a construção de barragens, para a regularização de vazão, pode ser uma alternativa para garantir a vazão necessária para atender às necessidades de uso da água.

Portanto, os trechos apresentados no Quadro 2 possuem potencial para regularização de vazões.

### Unidades de paisagem

Foram discriminadas seis unidades de paisagens distribuídas ao longo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi (Fig. 4).

O Quadro 3 indica o total de área e a porcentagem desta para cada unidade de paisagem mapeada na Bacia.

#### Terraços

Os Terraços ocupam 25,47% da área da Bacia, são áreas planas com declividade inferior a 8%, que margeiam curso d'água de médio a alto grau de desenvolvimento. São denominadas leito maior dos cursos d'água, e pretéritas planícies

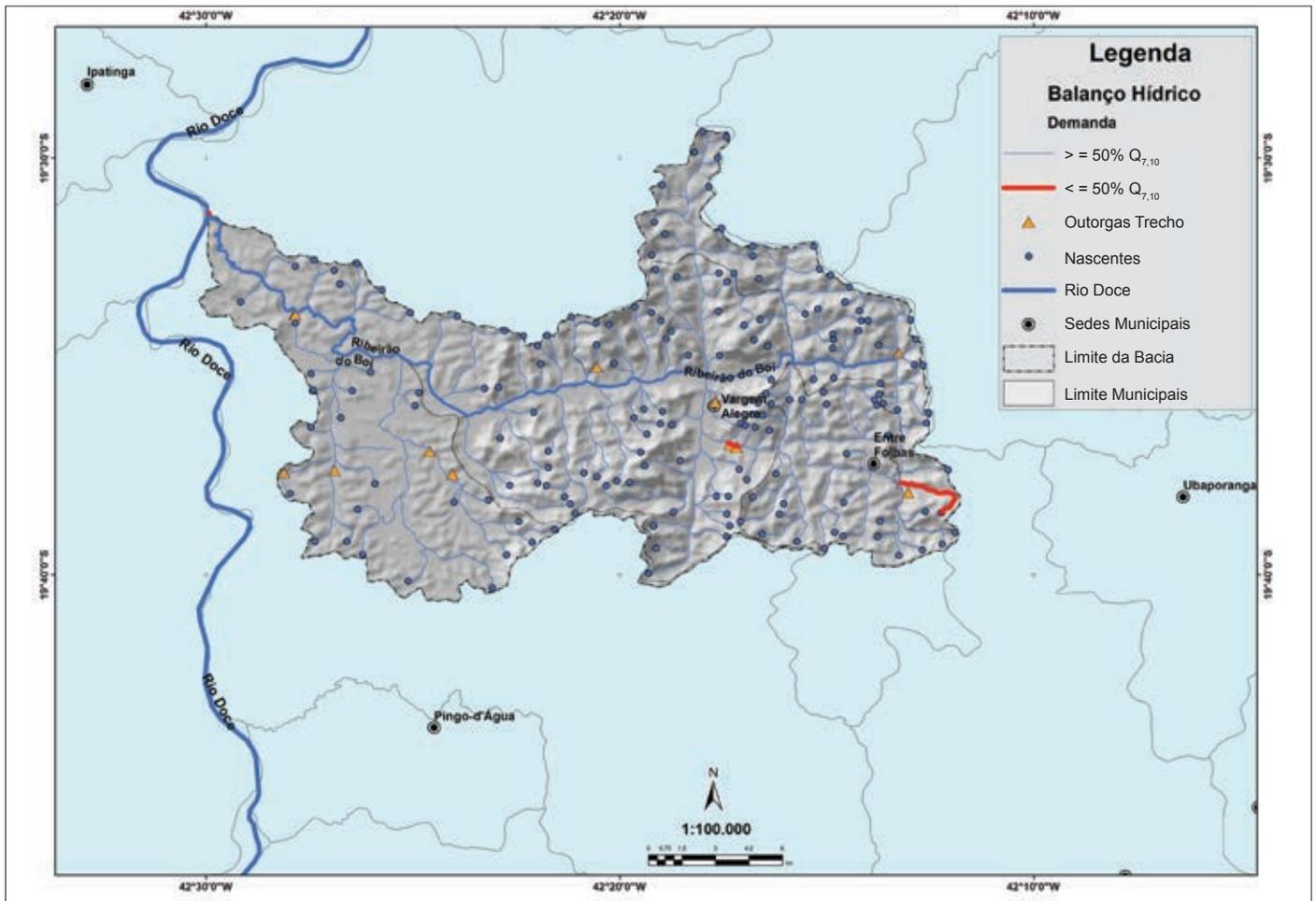


Figura 3 - Balanço hídrico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi

QUADRO 2 - Potencial de regularização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi

Curso d'água	Código do trecho	$Q_{mld}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{90}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{95}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	50% $Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{reg}$ (m <sup>3</sup> /s)	Demanda no trecho (m <sup>3</sup> /s)	DH no trecho (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{reg} + DH$ (m <sup>3</sup> /s)
Córrego Esmeralda	20729	0,0274	0,0068	0,0085	0,0071	0,0036	0,01563	0,015	-0,0114	0,0042
Córrego Entre Folhas	24579	0,8663	0,2241	0,2733	0,1848	0,0924	0,5141	0,3002	-0,2078	0,3063

de inundação (leito maior), quando a calha (leito menor) do curso d'água ocupa cotas superiores às atuais.

São caracterizações dos Terraços:

- potencialidades: possibilidades de ocorrência de solos de médios a elevados níveis de fertilidade;
- limitações: possibilidades de ocorrência de inundações e encharcamentos de solos;
- aptidões: produção de cereais e olericultura respeitadas as faixas

de vegetação ciliar, em conformidade com o Código Florestal. Nessa Bacia Hidrográfica, essas unidades são notoriamente subutilizadas para atividades produtivas.

#### Vertentes Convexas

As Vertentes Convexas representam 21,06% do território, caracterizam-se pela uniformidade do relevo, refletindo a ocorrência de solos desenvolvidos (Latosolos), semelhantes àqueles dos topos aplainados/

arredondados em topossequência. Essa geofoma condiciona distribuição uniforme do escoamento superficial, podendo favorecer processos de erosão laminar.

São caracterizações das Vertentes Convexas:

- potencialidades: solos profundos bem desenvolvidos;
- limitações: declividade;
- aptidões: pastagens, silvicultura, fruticultura arbórea, cana-de-açúcar e cafeicultura, sempre observando

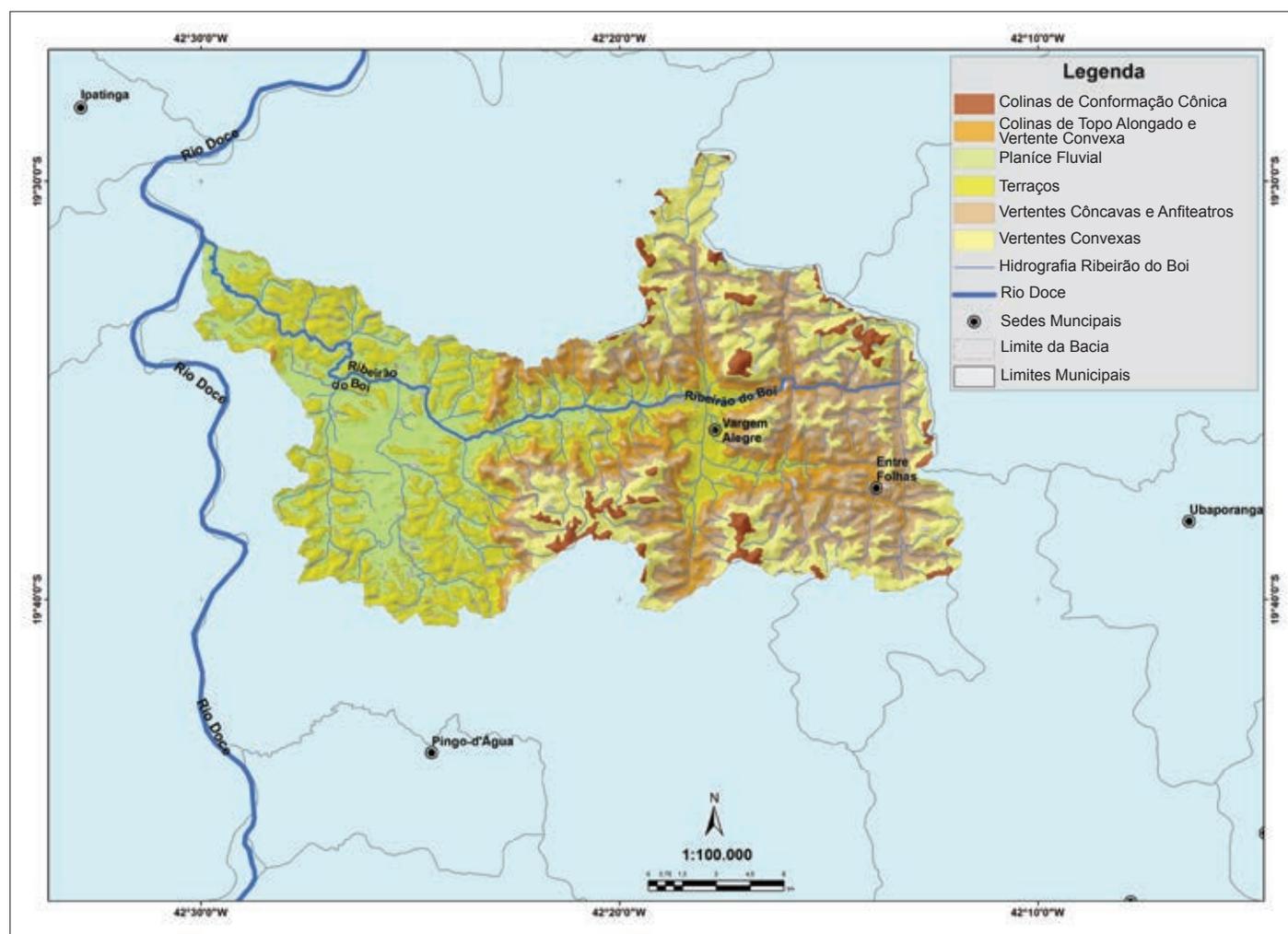


Figura 4 - Unidades de Paisagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi

QUADRO 3 - Unidades de paisagem preliminares da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi

Unidade	Área (ha)	%
Planície Fluvial	6.631,99	19,34
Terraços	8.734,51	25,47
Colinas de Topo Alongado/Vertente Convexa	4.099,98	11,95
Vertentes Côncavas em Anfiteatros	6.478,65	18,89
Vertentes Convexas	7.223,50	21,06
Colinas de Conformação Cônica	1.128,49	3,29
Total	34.297,12	100,00

critérios mínimos de manejo e conservação dos solos (plantio em contorno, capinas controladas e sulcos em contorno). Não é recomendado o cultivo de culturas anuais para essas unidades.

#### Planície Fluvial

A Planície Fluvial ocupa 19,34% da Bacia. São as unidades com as cotas mais baixas do relevo, com maior umidade e risco de inundações. O processo de formação dos solos nessas unidades decorre

da deposição de sedimentos aportados pelas águas em ciclos de inundações.

As caracterizações da planície fluvial são:

- a) potencialidades: relevo plano e solos que apresentam, geralmente, boa fertilidade;

- b) limitações: riscos de contaminação de corpos d'água por agrotóxicos ou por dejetos humanos e de animais e inundação;
- c) aptidões: culturas de ciclo rápido ou adaptadas ao excesso de umidade. Restauração e conservação de APP hídrica.

#### Vertentes Côncavas em Anfiteatros

As Vertentes Côncavas em Anfiteatros ocupam 18,89% da Bacia. A concavidade das vertentes condiciona, ao contrário das convexas, concentração de águas pluviais e nutrientes nos respectivos talvegues. Assim, a vegetação nessas unidades apresenta-se mais exuberante que aquela das Vertentes Convexas. Essas unidades de paisagem são vulgarmente denominadas grotas. Nas Vertentes Côncavas podem-se inserir surgências de aquíferos perenes, temporárias e efêmeras, que originam cursos d'água com regimes de fluxo correspondentes.

Por outro lado, as nascentes são comumente entendidas como surgências pontuais de aquíferos (minas), desconsiderando-se, muitas vezes, as áreas de recarga dos aquíferos, que se revestem de importância na garantia dos respectivos fluxos. As vertentes com concavidades abertas são denominadas anfiteatros, com ocorrência de solos de maior profundidade, em especial os Argissolos.

São caracterizações das Vertentes Côncavas em Anfiteatros:

- a) potencialidades: solos bem desenvolvidos, condições hídricas favoráveis e concentração de argila no horizonte Bt;
- b) limitações: risco de erosão e voçorocamento;
- c) aptidões: as alternativas de usos agrossilvipastoris dessas unidades são fruticultura, olericultura, pastagens e culturas de cereais no Sistema Plantio Direto (SPD).

#### Colinas de Topo Alongado e Vertentes Convexas

As Colinas de Topo Alongado e Vertentes Convexas estão distribuídas em 11,95% da Bacia. Ocupam a cota superior das colinas apresentando certa convexidade e alongamento. A declividade favorece a infiltração das águas pluviais e os solos dessas unidades são profundos e permeáveis, pertencendo à ordem dos Latossolos. Esses solos, por apresentarem alto grau de desenvolvimento, são, em geral, distróficos ou aluminicos.

São caracterizações de Colinas de Topo Alongado e Vertentes Convexas:

- a) potencialidades: relevo suave, profundidade/permeabilidade dos solos;
- b) limitações: baixa fertilidade natural, elevada acidez e possibilidade de compactação;
- c) aptidões: dentre as utilizações, passíveis de manter as condições que propiciem a recarga de aquíferos freáticos, destacam-se as culturas arbóreas, tais como a silvicultura, cafeicultura e fruticultura. As raízes pivotantes dessas culturas permitem, nas interfaces com os solos, infiltração das águas pluviais, mantendo as condições de recarga nesses segmentos. Ressalta-se a necessidade de não aplicar agroquímicos de elevada solubilidade e persistência para prevenir contaminações dos aquíferos.

#### Colinas de Conformação Cônica

Esta unidade ocupa 3,29% da Bacia e suas feições geomorfológicas indicam afloramentos rochosos, sendo neste caso específico Gnaisse, associados com Neossolos litólicos e Cambissolos.

São caracterizações de Conformação Cônica:

- a) potencialidades: beleza cênica e recarga de aquíferos;
- b) limitações: afloramento rochoso, declive acentuado e solos rasos;
- c) aptidões: APP e ecoturismo, áreas de recarga.

## ANÁLISES MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi sofre impacto de um modelo de desenvolvimento com base na exploração dos recursos naturais. Este modelo resulta em áreas de pastagens degradadas, redução da cobertura vegetal nativa e comprometimento da produção e da oferta de água. Para minimizar os impactos, torna-se urgente a realização de iniciativas como um programa para a recuperação e recomposição de nascentes e APPs da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Boi.

Portanto, este trabalho objetivou definir áreas prioritárias para aplicação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e recursos de Programas de Recuperação de APPs, na Bacia do Ribeirão do Boi.

Dentre as recomendações apontadas no potencial de adequação ambiental da Bacia estão:

- a) desenvolvimento de um programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA);
- b) recuperação de pastagens degradadas;
- c) investimento em agricultura irrigada;
- d) recuperação da cobertura vegetal, principalmente nas APPs fluviais. O déficit de APP hídrica para todo o território foi estimado em mais de mil hectares.

### Priorização das áreas

Uma das possibilidades de uso do ZAP como ferramenta de planejamento para Sub-Bacias Hidrográficas é a análise de multicritérios.

Para consideração das áreas prioritárias para aplicação do CAR e dos programas de recuperação de APPs, foi elaborada uma metodologia com base nas análises multicritério, cujo procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano e de cada um de seus componentes de legen-

da para a construção do resultado final, utilizando-se fatores de ponderação sempre que necessário (MOURA, 2007). Essa técnica tem sido empregada em diversos estudos relacionados com o planejamento ambiental, devendo ser utilizada em situações nas quais a análise de apenas uma variável não representa a realidade do fenômeno estudado (SANTOS, 2010). Para a realização dessas análises, utilizou-se como base de dados e informações o ZAP.

### Metodologia proposta para definição dos critérios de seleção das áreas

Os modelos que têm como base de decisão multicritério são indicados para problemas em que existem vários fatores que se inter-relacionam. Dessa forma, foram elaborados, para esse caso, quatro índices que subsidiaram a priorização das Sub-Bacias Hidrográficas, para a implantação do CAR e de programas de conservação e recuperação de nascentes e topos de morro, na Bacia do Ribeirão do Boi.

#### Índice de Antropização de Áreas de Preservação Permanente Fluviais

O índice de antropização de APP fluviais ( $I_{app}$ ) é um indicador que quantifica a relação entre a área de Mata Ciliar contida nas APPs fluviais, pode variar de 1 a 100, sendo que quanto menor o índice menor é o nível de intervenção antrópica nas APPs e pode ser calculado utilizando a Equação 3.

Equação 3:

$$I_{app} = \left( 1 - \left( \frac{A_{cil}}{A_{app}} \right) \right) \cdot 100$$

em que:

$A_{cil}$  = área de Mata Ciliar inscrita em APP fluvial (ha);

$A_{app}$  = área total de APP da Sub-Bacia em análise (ha).

Os valores de  $A_{cil}$  e  $A_{app}$  podem ser obtidos utilizando os dados do ZAP (Quadro 4).

QUADRO 4 - Caracterização das Sub-Bacias do Ribeirão do Boi

Sub-Bacias	Nascentes (nº)	Área de APP (ha)	Área de mata dentro da APP (ha)	Déficit (ha)
Cabeceira do Boi	34	412,44	46	366,44
Córrego Entre Folhas	54	784,84	101,01	683 83
Córrego São Cândido	17	221,18	33,88	187,3
Ribeirão do Boi	67	1.221,89	53,18	1.168,71

NOTA: APP - Área de Preservação Permanente.

Índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro

O índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro ( $I_{nat}$ ) verifica a relação porcentual da cobertura de vegetação nativa remanescente dentro da unidade de paisagem denominada Colina de Topo Alongado com Vertente Convexa. Essa unidade de paisagem concentra as maiores áreas de recarga de lençol freático. Pode ser calculado pela Equação 4.

Equação 4:

$$I_{nat} = \left( \frac{A_{nat}}{A_{ctc}} \right) \cdot 100$$

em que:

$A_{nat}$  = área de mata nativa contida na unidade de paisagem Colina de Topo Alongado com Vertente Convexa (ha);

$A_{ctc}$  = área total da unidade Colina de Topo Alongado com Vertente Convexa (ha).

Os valores das áreas citadas podem ser obtidos do ZAP.

Índice de concentração de nascentes

O índice de concentração de nascentes ( $I_{nas}$ ) é um indicador que avalia a quantidade de nascentes pontuais que existem em uma determinada área. Parte do princípio que cada nascente identificada ocupa uma área de 0,78 ha, correspondendo ao círculo formado por um raio de 50 m.

Para a determinação do  $I_{nas}$ , utiliza-se a Equação 5.

Equação 5:

$$I_{nas} = \left( \frac{N_{nas}^e \cdot 0,78}{A_{sub}} \right) \cdot 100$$

em que:

$N_{nas}^e$  = número de nascentes existentes em uma determinada Sub-Bacia (ha);

$A_{sub}$  = área total da Sub-Bacia em estudo (ha).

Como os demais parâmetros,  $N_{nas}^e$  e  $A_{sub}$  podem ser obtidos pelo ZAP (Quadro 4).

Índice de comprometimento da disponibilidade hídrica

O índice de comprometimento da disponibilidade hídrica ( $I_{cdh}$ ) verifica o nível de comprometimento da disponibilidade hídrica dentro da Sub-Bacia em estudo. É calculado pela relação da diferença da vazão outorgável na Bacia e a vazão outorgada pela vazão outorgável. Pode ser calculado pela Equação 6.

Equação 6:

$$I_{cdh} = \left( 1 - \left( \frac{0,5 \cdot Q_{7,10} - Q_{out}}{Q_{7,10}} \right) \right) \cdot 100$$

em que:

$Q_{7,10}$  = vazão mínima média de sete dias seguintes, estimada para um período de retorno igual a dez anos na foz da Sub-Bacia em estudo ( $m^3/s$ );

$Q_{out}$  = vazão outorgada na Bacia em estudo ( $m^3/s$ ).

## Memória de cálculo

Para a realização dessas análises, a Bacia do Ribeirão do Boi foi subdividida em quatro sub-bacias existentes no território, a saber: Sub-Bacia do Córrego Entre Folhas, Sub-Bacia da Cabeceira do Boi, Sub-Bacia do Córrego São Cândido e a Sub-Bacia do Ribeirão do Boi (Fig. 5):

## a) Bacia do Ribeirão do Boi - geral

- índice de antropização de APP fluvial ( $I_{app}$ )

$$A_{cil} = 234 \text{ ha}$$

$$A_{app} = 2.643 \text{ ha}$$

$$I_{app} = \left( 1 - \left( \frac{234}{2.643} \right) \right) \cdot 100 = 91,15\%$$

- índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro ( $I_{nat}$ )

$$A_{nat} = 1.292 \text{ ha}$$

$$A_{app} = 4.099 \text{ ha}$$

$$I_{nat} = \left( \frac{1.292}{4.099} \right) \cdot 100 = 31,52\%$$

- índice de concentração de nascentes ( $I_{nas}$ )

$$N_{nas}^{e} = 174$$

$$A_{sub} = 35.000 \text{ ha}$$

$$I_{nas} = \left( \frac{174 \cdot 0,78}{35.000} \right) \cdot 100 = 0,388$$

- índice de comprometimento da disponibilidade hídrica ( $I_{cdh}$ )

$$Q_{7,10} = 2,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{out} = 0,320 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$I_{cdh} = \left( 1 - \left( \frac{0,5 \cdot 2,4 - 0,320}{2,4} \right) \right) \cdot 100 = 27\%$$

## b) Sub-Bacia do Córrego Entre Folhas (Fig. 6)

- índice de antropização de APP fluvial ( $I_{app}$ )

$$A_{cil} = 101 \text{ ha}$$

$$A_{app} = 742,49 \text{ ha}$$

$$I_{app} = \left( 1 - \left( \frac{101}{742,49} \right) \right) \cdot 100 = 86,40\%$$

- índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro ( $I_{nat}$ )

$$A_{nat} = 410 \text{ ha}$$

$$A_{ctc} = 1.892 \text{ ha}$$

$$I_{nat} = \left( \frac{410}{1.892} \right) \cdot 100 = 21,7\%$$

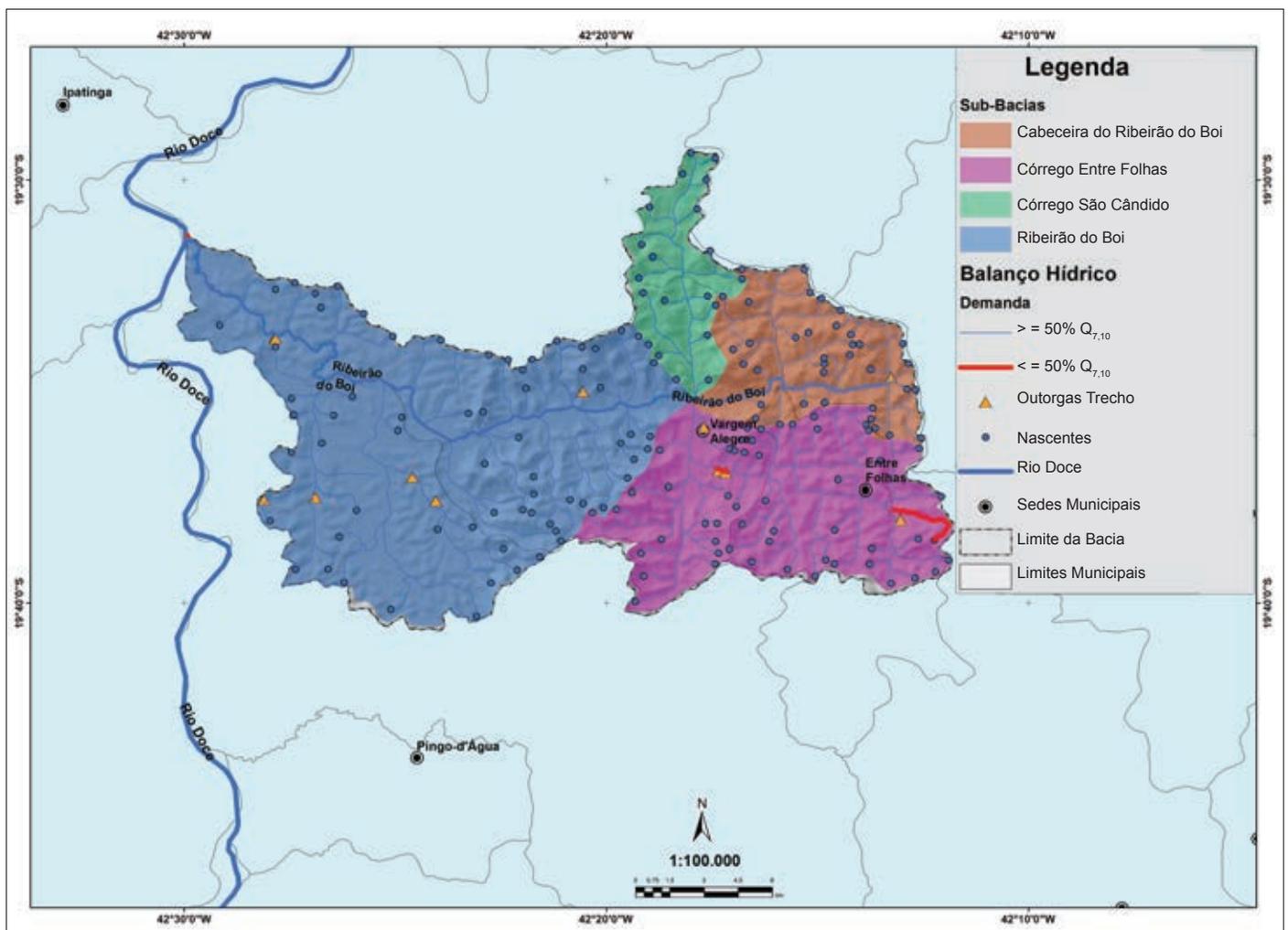


Figura 5 - Déficit hídrico e mapeamento de nascentes das Sub-Bacias Hidrográficas do Ribeirão do Boi

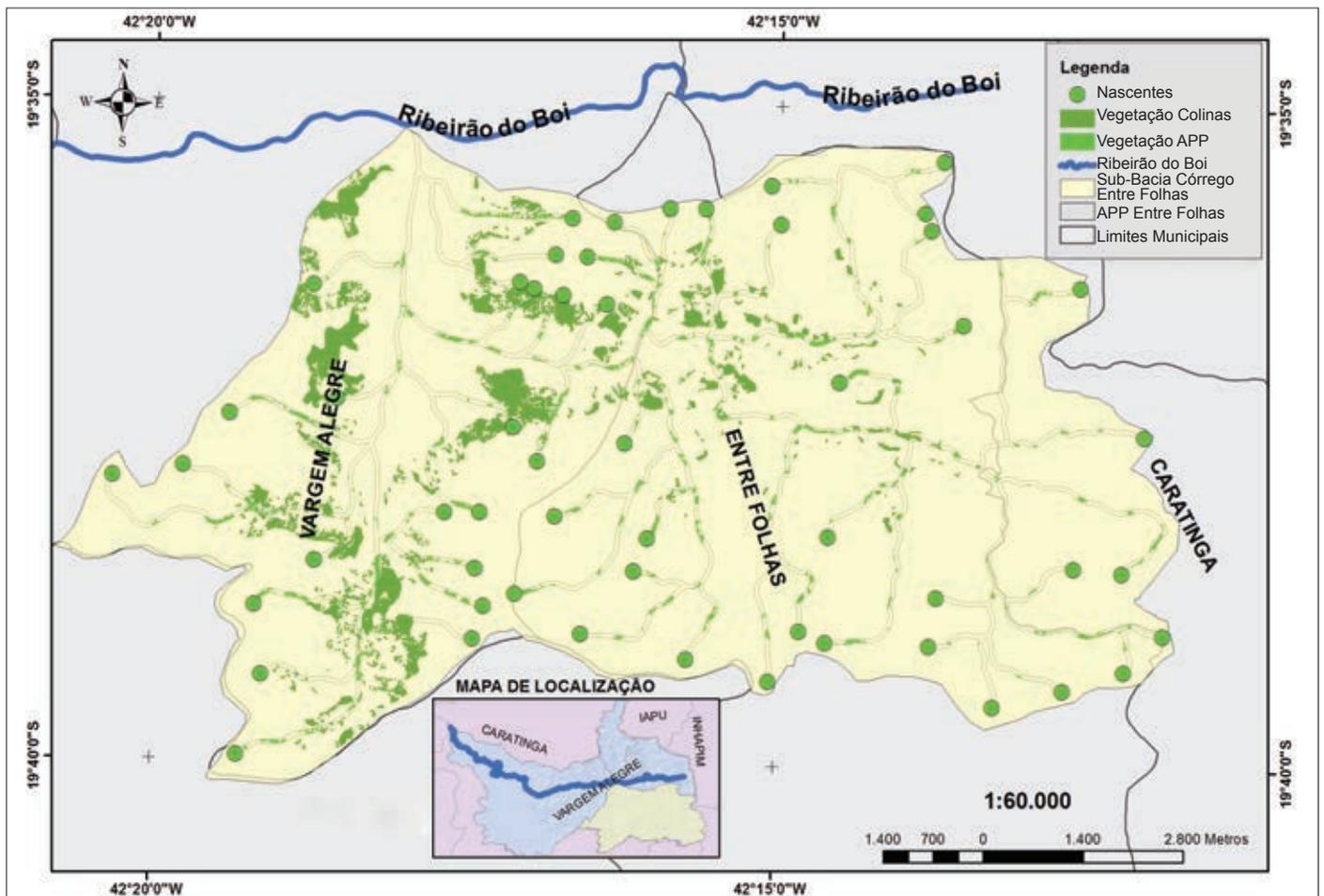


Figura 6 - Sub-Bacia do Córrego Entre Folhas  
 NOTA: APP - Área de Preservação Permanente.

- índice de concentração de nascentes ( $I_{nas}$ )

$$N_{nas}^o = 54$$

$$A_{sub} = 8.898 \text{ ha}$$

$$I_{nas} = \left( \frac{54 \cdot 0,78}{8.898} \right) \cdot 100 = 0,473$$

- índice de comprometimento da disponibilidade hídrica ( $I_{cdh}$ )

$$Q_{7,10} = 0,283 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{out} = 0,316 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$I_{cdh} = \left( 1 - \left( \frac{0,5 \cdot 0,283 - 0,316}{0,283} \right) \right) \cdot 100 = 223\%$$

c) Sub-Bacia da Cabeceira do Boi (Fig. 7)

- índice de antropização de APP fluvial ( $I_{app}$ )

$$A_{cil} = 46 \text{ ha}$$

$$A_{app} = 2.534 \text{ ha}$$

$$I_{app} = \left( 1 - \left( \frac{46}{2.534} \right) \right) \cdot 100 = 98,18\%$$

- índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro ( $I_{nat}$ )

$$A_{nat} = 57 \text{ ha}$$

$$A_{ctc} = 444 \text{ ha}$$

$$I_{nat} = \left( \frac{57}{444} \right) \cdot 100 = 12,84\%$$

- índice de concentração de nascentes ( $I_{nas}$ )

$$N_{nas}^o = 34$$

$$A_{sub} = 4.423 \text{ ha}$$

$$I_{nas} = \left( \frac{34 \cdot 0,78}{4.423} \right) \cdot 100 = 0,600$$

- índice de comprometimento da disponibilidade hídrica ( $I_{cdh}$ )

$$Q_{7,10} = 0,231 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{out} = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$I_{cdh} = \left( 1 - \left( \frac{0,5 \cdot 0,231 - 0,0006}{0,231} \right) \right) \cdot 100 = 0,48\%$$

d) Sub-Bacia do Córrego São Cândido (Fig. 8)

- índice de antropização de APP fluvial ( $I_{app}$ )

$$A_{cil} = 33,8 \text{ ha}$$

$$A_{app} = 221 \text{ ha}$$

$$I_{app} = \left( 1 - \left( \frac{33,8}{221} \right) \right) \cdot 100 = 84,71\%$$



- índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro ( $I_{nat}$ )  
 $A_{nat} = 36,63$  ha  
 $A_{ctc} = 234,83$  ha

$$I_{nat} = \left( \frac{36,63}{234,83} \right) \cdot 100 = 15,60\%$$

- índice de comprometimento da disponibilidade hídrica ( $I_{cdh}$ )  
 $Q_{7,10} = 0,09893$  m<sup>3</sup>/s  
 $Q_{out} = 0$  m<sup>3</sup>/s

$$I_{cdh} = \left( 1 - \left( \frac{0,5 \cdot 0,09893 - 0}{0,09893} \right) \right) \cdot 100 = 0\%$$

- índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro ( $I_{nat}$ )  
 $A_{nat} = 785$  ha  
 $A_{ctc} = 1.521$  ha

$$I_{nat} = \left( \frac{785}{1.521} \right) \cdot 100 = 51,61\%$$

e) Sub-Bacia do Ribeirão do Boi (Fig. 9)

- índice de concentração de nascentes ( $I_{nas}$ )  
 $N_{nas}^o = 17$   
 $A_{sub} = 2.813,7$  ha

$$I_{nas} = \left( \frac{17 \cdot 0,78}{2.813,7} \right) \cdot 100 = 0,471$$

- índice de antropização de APP fluvial ( $I_{app}$ )  
 $A_{cil} = 53,18$  ha  
 $A_{app} = 1.221$  ha

$$I_{app} = \left( 1 - \left( \frac{53,18}{1.221} \right) \right) \cdot 100 = 95,64$$

- índice de concentração de nascentes ( $I_{nas}$ )  
 $N_{nas}^o = 67$   
 $A_{sub} = 18.199$  ha

$$I_{nas} = \left( \frac{67 \cdot 0,78}{18.199} \right) \cdot 100 = 0,287$$

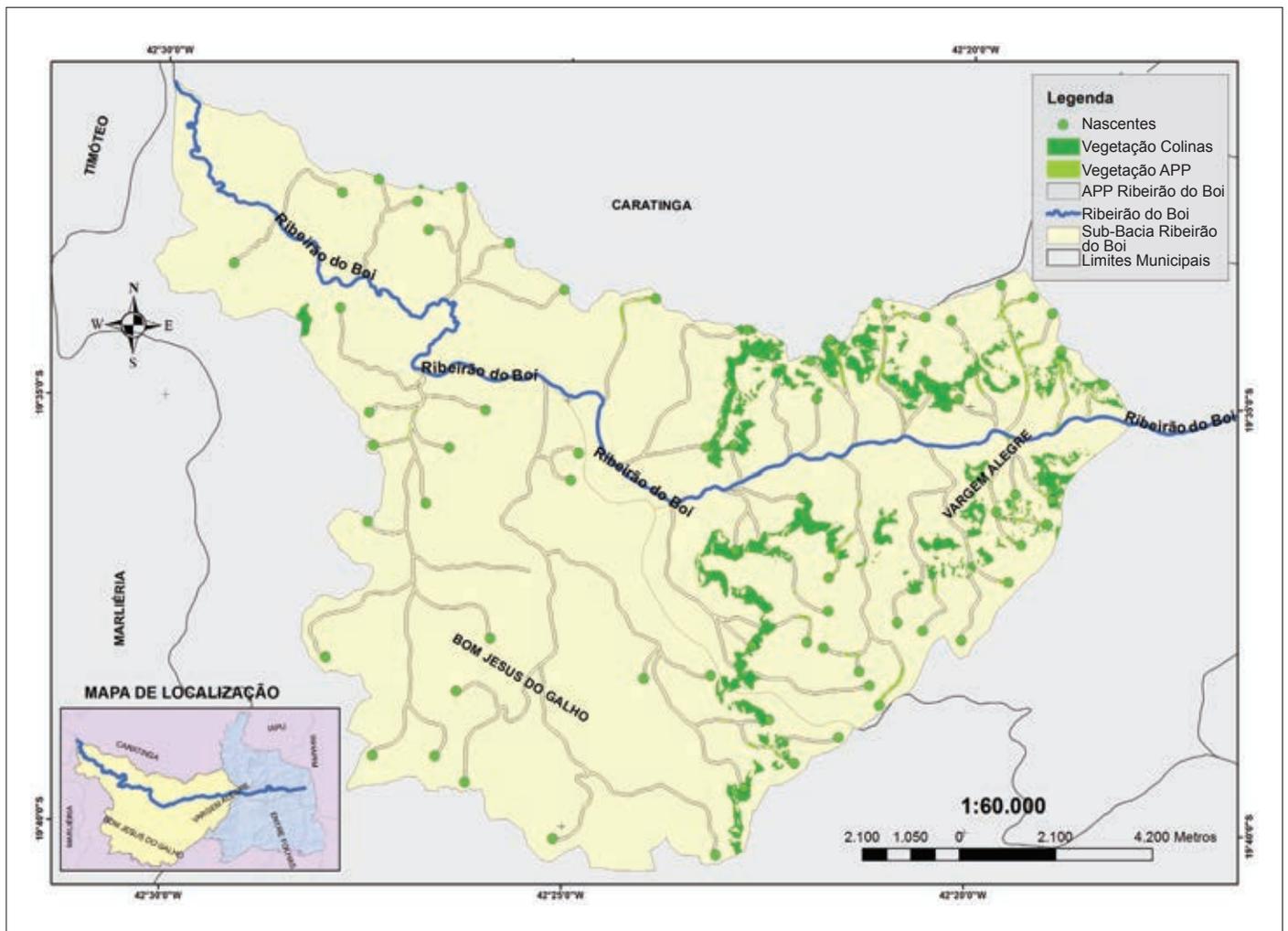


Figura 9 - Sub-Bacia do Ribeirão do Boi

NOTA: APP - Área de Preservação Permanente.

- índice de comprometimento da disponibilidade hídrica ( $I_{cdh}$ )

$$Q_{7,10} = 0,962247 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{out} = 0,003348 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$I_{cdh} = \left( 1 - \left( \frac{0,5 \cdot 0,962247 - 0,003348}{0,962247} \right) \right) \cdot 100 =$$

$$I_{cdh} = 0,726\%$$

### Conclusões de priorização das áreas

A Sub-Bacia da Cabeceira do Ribeirão do Boi tem 98,18% de sua APP fluvial antropizada, caracterizando um alto índice de intervenção, portanto com potencial para adequação acima das demais sub-bacias do território. Comparando a Sub-Bacia da Cabeceira do Boi com as demais sub-bacias, esta apresenta a menor cobertura de mata nativa em topos de morro, ou seja, as áreas de recarga dos lençóis freáticos, com apenas 12,34%, enquanto que na Sub-Bacia do Ribeirão do Boi chega a 51,61% de cobertura vegetal. Outra informação que chama a atenção na Sub-Bacia da Cabeceira do Ribeirão do Boi é a concentração de nascentes que é da ordem de 0,6 nascente por hectare.

Vale ressaltar que a Sub-Bacia do Córrego Entre Folhas tem uma área declarada de conflito pelo uso da água e trechos de déficit hídrico identificados no ZAP, fato levado em consideração na priorização, torna esta

Bacia como prioritária para aplicação do CAR e os programas de recuperação de nascentes e vegetação em topos de morro.

Seguindo os índices organizados no Quadro 5, podem ser classificadas na ordem de prioridade, as seguintes Sub-Bacias:

- 1ª - Sub-Bacia do Córrego Entre Folhas: índice de 1,13;
- 2ª - Sub-Bacia da Cabeceira do Ribeirão do Boi: índice de 1,24;
- 3ª - Sub-Bacia do Córrego São Cândido: índice de 1,32;
- 4ª - Sub-Bacia do Ribeirão do Boi: índice de 1,70.

### REFERÊNCIAS

EUCLYDES, H.P. (Coord.). **HIDROTEC**: geração e transferência de tecnologia em recursos hídricos para o estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, [2011]. Disponível em: < <http://www.hidrotec.ufv.br>>. Acesso em: 12 ago. 2012.

FERNANDES, M.R. **Manejo Integrado de bacias hidrográficas**: fundamentos e aplicações. Belo Horizonte: SMEA: CREA, 2010. 232p.

MINAS GERAIS. Decreto nº 46.650, de 19 de novembro de 2014. Aprova a metodologia mineira de caracterização socioeconômica e ambiental de sub-bacias hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP – e dá outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 20 nov. 2014. Diário do Executivo, p. 2, col. 1.

MOURA, A.C.M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análise multicritério. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2899-2906.

RIBEIRO, A.G. **Paisagem e organização espacial na região de Palmas e Guarapuava-PR**. 1989. 336f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SANTOS, A.A. dos. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de fragilidade ambiental no Parque Estadual da Serra do Rola Moça**. 2010. 39p. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/AMANDA.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

SEMAD; IGAM. Resolução Conjunta nº 1.548, de 29 de março de 2012. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 31 mar. 2012. Diário do Executivo.

SPAROVEK, G. et al. **A revisão do Código Florestal Brasileiro**. São Paulo: CEBRAP, 2011. p. 111-135. (CEBRAP. Novos Estudos, 89).

UFV; IGAM. **Estudo de regionalização de vazão para o aprimoramento do processo de outorga no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2012. 415p.

QUADRO 5 - Índices utilizados para a priorização das áreas

Índice	Bacia		Sub-Bacia							
	Ribeirão do Boi (%)	Índice de adequação	Córrego Entre Folhas (%)	Índice de adequação	Cabeceira do Boi (%)	Índice de adequação	Córrego São Cândido (%)	Índice de adequação	Ribeirão do Boi (%)	Índice de adequação
$I_{app}$	91,15	0,3912	86,40	0,739	98,18	0,124	84,71	0,159	95,64	0,355
$I_{nat}$	31,52	0,2105	21,67	0,065	12,84	0,115	15,60	0,155	51,61	0,348
$I_{nas}$	0,388	0,0026	0,473	0,001	0,600	0,005	0,471	0,005	0,287	0,002
$I_{cdh}$	26,650	0,8220	223,110	0,327	0,484	0,996	0,000	1,000	0,696	0,995
Total	149,70	1,43	331,65	1,13	112,11	1,24	100,78	1,32	148,24	1,70

NOTA:  $I_{app}$  - Índice de Área de Preservação Permanente;  $I_{nat}$  - Índice de cobertura vegetal nativa em topos de morro;  $I_{nas}$  - Índice de concentração de nascentes;  $I_{cdh}$  - Índice de comprometimento da disponibilidade hídrica.

# Efeito do deplecionamento sobre a atividade aquícola em reservatórios: o caso de Três Marias

Vicente de Paulo Macedo Gontijo<sup>1</sup>, Elizabeth Lomelino Cardoso<sup>2</sup>,  
Marley Lamounier Machado<sup>3</sup>

**Resumo** - As baixas precipitações pluviométricas, ocorridas nos últimos dois períodos chuvosos, resultaram em severo deplecionamento dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas (UHEs), da Região Sudeste do Brasil. No caso de Três Marias, uma das UHEs mais afetadas, foi realizado um levantamento censitário para avaliar os efeitos desse deplecionamento sobre as pisciculturas estabelecidas em seu Reservatório. Em todas as pisciculturas, houve deslocamento dos tanques-rede para locais com maior profundidade. Apesar disso, ocorreram vários casos de mortalidade massiva de peixes, resultando em prejuízos estimados em 1,8 milhão de reais, aproximadamente. Apesar dos problemas ocorridos pela acentuada redução do nível da água, a atividade está em franca expansão e consolidação no Reservatório de Três Marias. Em novembro de 2014, a produção anual foi estimada em 8.964 t de tilápias do Nilo.

**Palavras-chave:** Piscicultura. Tanque-rede. Disponibilidade de água. Deficiência hídrica. Pesquisa de campo.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, vive-se uma crise hídrica que exige reflexão e discussão da sociedade em busca de soluções para o problema. Além das residências, que têm sido afetadas pela falta de água, o setor produtivo também está submetido a severas restrições.

A disponibilidade de água, bem comum, social e estratégico, já se apresenta frágil diante dos diversos usos requeridos. Essa situação é consequência direta dos efeitos adversos do crescimento e adensamento populacional, do aumento da produção e da diversificação de bens e serviços (ASSUNÇÃO; BURSZTYN, 2002).

A exploração indiscriminada dos estoques pesqueiros naturais e a crescente diferença entre o que é pescado e a demanda tornam a aquicultura cada vez mais uma alternativa para a produção de alimentos

de alto valor proteico para o consumo humano (BORGHETTI; OSTRENSKY; BORGHETTI, 2003; CAMARGO; POU-EY, 2005).

De modo geral, o cultivo de peixes vem assumindo importância cada vez maior no panorama do abastecimento alimentar, uma vez que a alta taxa de crescimento demográfico está colocando em risco a oferta de alimentos (SAMPAIO; BRAGA, 2005). Nos últimos anos, foram definidas as políticas públicas, como a de cessão de águas da União e o Decreto nº 4.895, de 25 de novembro de 2003 (BRASIL, 2003), que dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água para fins de aquicultura. Esse Decreto pode ser considerado o instrumento que mais contribuiu para o desenvolvimento da piscicultura em tanques-rede instalados em reservatórios brasileiros.

A introdução de tanques-rede em grandes represas tem contribuído para aumentar a produção de peixes em atendimento à demanda do mercado interno. Essa prática vem-se mostrando como alternativa promissora, em decorrência da elevada concentração de represas, distribuídas ao longo de todo território nacional, da rentabilidade dessa atividade e do curto espaço de tempo para retorno financeiro do empreendimento. A tecnologia vem sendo amplamente desenvolvida, permitindo conciliar o uso sustentável do meio ambiente com a alta produtividade, decorrente da utilização de altas taxas de estocagem.

Após a formação dos grandes reservatórios, os municípios no seu entorno, apesar de terem parte de seus recursos ambientais e de suas populações diretamente afetadas, passam a almejar compensações

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste-CEPI, Pitangui, MG, vicentegontijo@epamig.br

<sup>2</sup>Bióloga, M.Sc., Pesq. EPAMIG-DPPE/Bolsista FAPEMIG, Belo Horizonte, MG, elomelinoc@epamig.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agrimensor, D.Sc., Pesq. EPAMIG-DPPE-Geoprocessamento, Belo Horizonte, MG, marley@epamig.br

financeiras. Além disso, criam-se expectativas de desenvolvimento local e regional por meio da exploração dos usos múltiplos de suas águas, como turismo, pesca, irrigação, navegação e aquicultura.

Uma alternativa que se tem destacado nos reservatórios mineiros é a piscicultura instalada em sistema de produção de tanques-rede (CARDOSO; GONTIJO; FERREIRA JÚNIOR, 2013b). Assim aconteceu nos Reservatórios de Três Marias (GONTIJO et al., 2012); de Nova Ponte (CARDOSO et al., 2013b); de Furnas (CARDOSO et al., 2013a) e de São Simão (CARDOSO; GONTIJO; FERREIRA JÚNIOR, 2013a).

Atualmente, a tilápia é a espécie que está sendo produzida em todas as unidades de cultivo em tanques-rede nos reservatórios mineiros. Os cultivos de tilápia intensificaram-se particularmente no Nordeste e Sudeste do País. Nessas regiões, a produção anual aumentou de 35 mil toneladas, em 2001, para 155.450,8 t, em 2010 (BRASIL, 2010).

Em Minas Gerais, os primeiros projetos iniciaram-se em 2000, com a implantação das primeiras áreas aquícolas (áreas de interesse de pessoa física ou jurídica), nos Reservatórios de Três Marias e Furnas e, nos últimos cinco anos, nos Reservatórios dos Rios Grande e Paranaíba, além de outras regiões do Estado. Dentre os vários fatores que contribuíram para o rápido crescimento da atividade nessas regiões, pode-se destacar a atuação de diversas instituições públicas e privadas, de fomento, de pesquisa, extensão e de difusão de tecnologia, de crédito rural, para estimular o desenvolvimento da atividade aquícola.

No Estado, vários estudos foram realizados para a demarcação de áreas propícias à produção de peixes em tanques-rede, seguindo diretrizes sociais, econômicas, ambientais e levando também em consideração a capacidade de suporte do corpo hídrico. Foram estudados os Reservatórios de Furnas e Três Marias (MINAS GERAIS, 2007), Reservatório

de Nova Ponte (EPAMIG, 2013) e São Simão (PINTO-COELHO; CARDOSO, 2013). Com o incentivo do governo federal, os Reservatórios de Ilha Solteira, em São Paulo; Itaipu, no Paraná; Tucuruí, no Pará e Castanhão, no Ceará, também foram estudados.

Conforme Cardoso, Gontijo e Ferreira Júnior (2013b), após alguns anos de início da atividade nos reservatórios mineiros, a piscicultura está em franco processo de consolidação. Nos Reservatórios de Três Marias, Furnas e Nova Ponte, a produção estimada, em 2013, foi de 13 mil toneladas/ano, com uma produtividade média de 240 kg/m<sup>2</sup>/ano, sendo 56% da mão de obra empregada, familiar.

A introdução da piscicultura intensiva nos reservatórios de uso múltiplo precisa de estudos prévios que, mediante análise dos possíveis impactos ao ambiente, subsidiem a outorga de direito de uso dos recursos hídricos, respeitando a classe de qualidade à qual o corpo aquático pertence e que é a base para seu enquadramento, como está expresso na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), e na Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005).

A piscicultura em tanques-rede, nos reservatórios da maioria das Usinas Hidrelétricas (UHEs) do Brasil, está sujeita a um importante fator restritivo: a grande oscilação do nível das águas. Em anos de baixa precipitação pluviométrica, a água dos reservatórios atinge níveis muito baixos. Em vários braços, há grande deplecionamento, e as taxas de renovação reduzem-se, comprometendo a qualidade da água.

Tem-se observado, ao longo dos últimos anos, frequentes ocorrências de mortalidade massiva de peixe. Portanto, é importante a realização de estudos sobre a delimitação e a capacidade de suporte de áreas aquícolas nos reservatórios, em diferentes épocas do ano. Além disso, deve-se manter o monitoramento periódico dessas áreas aquícolas, para prevenir

a deterioração – ou mesmo o colapso – da qualidade da água. Assim, evitam-se grandes mortalidades de peixes e possíveis desastres ecológicos (GONTIJO; CARDOSO; OLIVEIRA, 2014).2014

Após dois anos consecutivos de ocorrência de baixas precipitações nos períodos chuvosos, o Reservatório de Três Marias encontrava-se em situação de forte deplecionamento. Segundo o Operador Nacional do Sistema (2014), em 12/11/2014, o volume acumulado estava em 2,57% do volume útil (VU). Nesse dia, foram registradas aflúências de 82 m<sup>3</sup>/s e defluências de 124 m<sup>3</sup>/s. No princípio do mesmo ano, em 5/1/2014, o Reservatório atingira o volume máximo do ano, correspondente a 30,10% do VU, que é de 20 bilhões de m<sup>3</sup>, aproximadamente. A partir de então, houve redução progressiva do seu nível.

Ao longo desse período, registraram-se vários casos de mortalidade massiva de peixes cultivados em tanques-rede, resultando em grandes prejuízos para os piscicultores. Desde então, alguns produtores encerraram sua atividade, em virtude do deplecionamento total dos braços, onde se localizavam suas instalações. Outros optaram por remover os tanques-rede para locais com maior profundidade, mantendo a piscicultura em produção, mas com elevação dos custos, em consequência dos maiores deslocamentos necessários para o manejo e a alimentação dos peixes.

Esse deplecionamento também ocorreu em outros reservatórios mineiros. Em 12/11/2014, o volume acumulado do Reservatório de Furnas estava em 10,51%; o de Nova Ponte, em 11,51%, e o de São Simão, em 14,82%, dos respectivos VU.

Com o objetivo de avaliar e quantificar os impactos da severa redução do volume da água sobre a atividade aquícola, foi realizado um levantamento das alterações ocorridas no meio aquático e de seus efeitos sobre as pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias.

## METODOLOGIA

Entre outubro e novembro de 2014, foi realizado um levantamento censitário das pisciculturas em tanques-rede estabelecidas no Reservatório de Três Marias. Essas pisciculturas, num total de 74, constavam de um cadastro cedido pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf).

A coleta de dados primários foi feita por meio da aplicação de questionários abertos, contemplando alguns aspectos relativos aos efeitos do deplecionamento do Reservatório sobre as pisciculturas. No referido período, não foi possível aplicar os questionários em duas pisciculturas localizadas em Morada Nova de Minas e duas em Felixlândia. Sendo assim, foram realizadas entrevistas e aplicados questionários em 70 pisciculturas. Para a totalização das variáveis quantitativas, foram usados os dados do cadastro da Codevasf, coletados entre junho e setembro de 2014. Durante as visitas, todas as pisciculturas foram georreferenciadas com auxílio de um GPS Garmim. Posteriormente, esses pontos foram geoespacializados em uma imagem do satélite LandSat 5 TM, adquirido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), utilizando-se o Programa ARcGIS9.3.

Os dados foram tabulados em planilhas Excel e submetidos a análises tabulares apropriadas. Para as variáveis quantitativas foram feitas totalizações por município e para o Reservatório. Para as variáveis qualitativas, foram calculados os números e os percentuais de contingência em classes definidas, em função dos resultados obtidos igualmente por município e para o Reservatório como um todo.

## RESULTADOS

### Localização e dimensões das pisciculturas

Das pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias, aproximadamente 89% encontravam-se em Morada

Nova de Minas, Felixlândia e Três Marias. Esses municípios constituíam polos da piscicultura regional (Quadro 1). Havia, ainda, pequeno número de pisciculturas nos municípios de Abaeté, Biquinhas e São Gonçalo do Abaeté. Segundo o cadastro da Codevasf, não havia pisciculturas em funcionamento nos municípios de Pompéu e Paineiras.

Quando se consideraram o número e a superfície total dos tanques-rede, observou-se maior concentração ainda nos três municípios-polo. Eram 5.494 tanques-rede, perfazendo um total de 33.599,2 m<sup>2</sup>, correspondentes, respectivamente a 95,3% e 96,6% do total do Reservatório.

### Produção estimada

Do total de 8.964 t anuais de tilápias do Nilo produzidas no Reservatório de Três Marias, 8.622,7 t, correspondentes a 96,2%, eram produzidas nos três municípios-polo (Quadro 2).

### Ocorrência de mortalidade

Em 28 pisciculturas, correspondentes a 40% do total, houve mortalidade massiva de peixes, em decorrência do severo deplecionamento do Reservatório (Quadro 3). Essa mortalidade ocorreu entre os meses de janeiro e outubro de 2014. Segundo informação dos piscicultores, a mortalidade total foi estimada em 853 mil tilápias, em diversas fases do crescimento: de alevino

QUADRO 1 - Número de empreendimentos, número, área e volume totais de tanques-rede das pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias<sup>1</sup>

Município	Pisciculturas (nº)	<sup>(2)</sup> Tanques-rede (nº)	Área total (m <sup>2</sup> )	Volume total (m <sup>3</sup> )
Morada Nova de Minas	33 (44,6%)	3.177	16.912,2	35.525,9
São Gonçalo do Abaeté	5 (6,8%)	168	753,2	1.303,1
Três Marias	11 (14,9%)	679	4.955,0	10.200,4
Felixlândia	22 (29,7%)	1.638	11.732,0	24.753,6
Abaeté	2 (2,7%)	96	384,0	576,0
Biquinhas	1 (1,3%)	7	28,0	42,0
Total	74 (100%)	5.765	34.764,2	72.401,0

(1) Dados cedidos pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba (Codevasf) e calculados a partir de levantamento realizado entre junho e setembro de 2014. (2) Tanques-rede com superfície de 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m): 62,3%; 9 m<sup>2</sup> (3 x 3 m): 30,0%.

QUADRO 2 - Número total de alevinos estocados mensalmente e produção anual total estimada de tilápias do Nilo nas pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias

Município	<sup>(1)</sup> Alevinos estocados (nº/mês)	<sup>(2)</sup> Produção estimada (t/ano)
Morada Nova de Minas	461.000	3.983,0
São Gonçalo do Abaeté	32.000	276,5
Três Marias	251.000	2.168,7
Felixlândia	286.000	2.471,0
Abaeté	7.000	60,5
Biquinhas	500	4,3
Total	1.037.500	8.964,0

(1) Para quatro piscicultores não entrevistados, utilizaram-se os dados cedidos pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba (Codevasf). (2) Considerando-se a taxa de sobrevivência de 90% e peso médio à despesca de 800 g.

a peixes prontos para a despesa, cujo valor de mercado correspondia a 1,8 milhão de reais, aproximadamente.

### Deslocamento das pisciculturas

Em todas as pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias, houve deslocamento dos tanques-rede em decorrência do deplecionamento (Quadro 4).

Em 50 pisciculturas (71,4%), o deslocamento foi apenas frontal, no sentido do eixo central dos braços, onde se encontravam (Fig. 1A e 1B). Em outras 13 pisciculturas (18,6%), houve deslocamentos maiores, para jusante dos braços onde se encontravam (Fig. 2A e 2B). Em sete pisciculturas (10,0%), por outro lado, os tanques-rede foram removidos para outros locais, geralmente próximos aos eixos principais do Reservatório.

Os deslocamentos frontais dos tanques-rede variaram entre 50 e 1.500 m em direção à linha central dos braços, dependendo da topografia do local onde estavam instalados. No caso de deslocamentos laterais, para jusante do braço do Reservatório, as distâncias variaram entre 500 e 3.000 m. As pisciculturas que foram removidas para outros braços do Reservatório, tiveram os tanques-rede transporta-

QUADRO 3 - Número de empreendimentos onde houve mortalidade massiva de tilápias, número e valor total estimado de peixes mortos, nas pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias

Município	Pisciculturas (n <sup>o</sup> )	<sup>(1)</sup> Peixes mortos	
		Número	Valor (R\$)
<sup>(2)</sup> Morada Nova de Minas	14 (45,2%)	212.400	487.400,00
São Gonçalo do Abaeté	0 (0,0%)	-	-
Três Marias	4 (36,4%)	491.000	950.000,00
<sup>(2)</sup> Felixlândia	9 (40,9%)	146.700	367.000,00
Abaeté	0 (0,0%)	-	-
Biquinhas	1 (100%)	3.000	4.000,00
Total	28 (40,0%)	853.100	1.808.400,00

(1) A mortalidade ocorreu em peixes em diferentes fases de crescimento: de alevinos até em peso de abate. (2) Dois piscicultores de cada município não responderam ao questionário.

QUADRO 4 - Número de pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias que encerraram a atividade ou deslocaram os tanques-rede

Município	Encerraram a atividade	Deslocamento dos tanques-rede		
		Frontal	A jusante	Outro local
<sup>(1)</sup> Morada Nova de Minas	1 (3,6%)	19 (61,2%)	8 (25,8%)	4 (12,9%)
São Gonçalo do Abaeté	0 (0,0%)	3 (60,0%)	2 (40,0%)	0 (0,0%)
Três Marias	0 (0,0%)	10 (90,9%)	0 (0,0%)	1 (9,1%)
<sup>(1)</sup> Felixlândia	5 (25,0%)	15 (75,0%)	3 (15,0%)	2 (10,0%)
Abaeté	0 (0,0%)	2 (100%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Biquinhas	0 (0,0%)	1 (100%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Total	6 (8,9%)	50 (71,4%)	13 (18,6%)	7 (10,0%)

(1) Os piscicultores que encerraram a atividade em decorrência do deplecionamento total do braço do Reservatório onde se encontravam, fizeram-no após ter deslocado os tanques-rede para locais mais profundos.

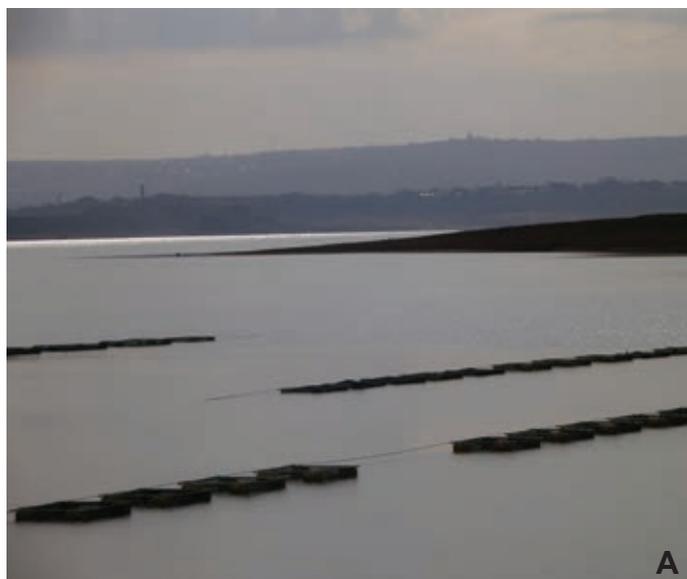


Figura 1 - Unidade produtiva no município de Três Marias

NOTA: Figura 1A - 2011. Figura 1B - Novembro 2014.



Fotos: Elizabeth Lomelino Cardoso

Figura 2 - Unidade produtiva no município de Morada Nova de Minas

NOTA: Figura 2A - 2011. Figura 2B - Outubro 2014.

dos por terra, em caminhões, ou por água, rebocados por embarcações a motor, a distâncias que variaram de 3,0 a 18,0 km, aproximadamente.

Em decorrência do deplecionamento, oito piscicultores (11,9%) pararam temporariamente de estocar alevinos. Outras seis pisciculturas (8,9%) foram desativadas, em virtude do deplecionamento total dos braços, onde se encontravam, encerrando a produção.

### Custos decorrentes do deslocamento

Houve, segundo relato dos piscicultores, custos significativos com o deslocamento dos tanques-rede em 42 pisciculturas (60,0%). O custo total com esses deslocamentos foi estimado em R\$ 217.500,00 (Quadro 5).

### Opinião dos piscicultores sobre o deplecionamento

Dentre os diversos comentários emitidos pelos piscicultores, cinco foram mais frequentes, e estão destacados no Quadro 6. Dois desses comentários, emitidos por 37 piscicultores (53,9%), estavam relacionados com a gestão do fluxo da água defluente do Reservatório.

QUADRO 5 - Número de piscicultores que relataram custos significativos decorrentes do deslocamento dos tanques-rede e custo total desses deslocamentos, nas pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias

Município	Número de piscicultores com custos significativos	Custo total dos deslocamentos (R\$)
Morada Nova de Minas	18 (58,1%)	108.700,00
São Gonçalo do Abaeté	2 (40,0%)	2.700,00
Três Marias	7 (63,6%)	76.000,00
Felixlândia	15 (75,0%)	30.100,00
Abaeté	0 (0,0%)	-
Biquinhas	0 (0,0%)	-
Total	42 (60,0%)	217.500,00

NOTA: Onze piscicultores (15,7%) declararam ter havido elevação de R\$0,10/kg, aproximadamente, no custo de produção, em decorrência do deslocamento dos tanques-rede (alimentação dos peixes, despesa, etc.).

QUADRO 6 - Comentários mais frequentes sobre o atual deplecionamento do Reservatório de Três Marias

Município	Comentários e números de piscicultores				
	a	b	c	d	e
Morada Nova de Minas	7 (22,6%)	7 (22,6%)	6 (19,4%)	4 (12,9%)	8 (25,8%)
São Gonçalo do Abaeté	4 (80,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (20,0%)
Três Marias	4 (36,4%)	1 (9,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4 (36,4%)
Felixlândia	7 (35,0%)	2 (10,0%)	0 (0,0%)	1 (5,0%)	1 (5,0%)
Abaeté	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 100%	0 (0,0%)
Biquinhas	1(100%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Total	23 (32,9%)	10 (14,3%)	6 (8,6%)	7(10,0%)	14 (20,0%)

NOTA: a - Acham que a Operadora deveria ter reduzido a vazão da água defluente; b - Mantêm preocupação/observação contínua com o nível da água; c - Deixaram de ampliar a piscicultura por causa do deplecionamento; d - Reduziram ou vão reduzir a estocagem de alevinos e, conseqüentemente, a produção, em virtude do deplecionamento; e - Acham que falta uma política de gestão do fluxo de água na Represa, que atenda os diversos usuários.

## DISCUSSÃO

Apesar da ocorrência de vários casos de mortalidade, nas pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias, houve significativo crescimento de 4.572 para 8.964 t anuais ou 96%, aproximadamente, da produção de peixes entre março de 2012 e novembro de 2014.

Houve, além disso, crescimento da produtividade estimada no período: de 246 para 257 kg/m<sup>2</sup> por ano, provavelmente proporcionado pela melhor qualidade da água nos novos locais escolhidos para implantação das pisciculturas (Quadro 7).

O aumento da produtividade, observado no referido período, deve-se a dois fatores: implantação de novas pisciculturas, inclusive com o surgimento de novo polo no município de Três Marias, e ampliação de várias pisciculturas que se estabeleceram em locais mais apropriados. Houve, com efeito, o deslocamento de algumas pisciculturas para locais próximos aos eixos principais do Reservatório: Rio São Francisco, Rio Indaiá e Rio Paraopeba.

No levantamento realizado em 2011/2012, apenas 15 pisciculturas (22,4%) estavam localizadas próximas ou nos eixos principais do Reservatório. Por outro lado, em 2014, 38 pisciculturas, equivalentes a 51,4% do total, localizavam-se junto aos referidos eixos. Essa migração pode ser observada nas Figuras 3 e 4, onde se pode verificar a localização das pisciculturas nos levantamentos de 2011-2012 e 2014, respectivamente.

Os casos de mortalidade ocorreram, sobretudo, em pisciculturas localizadas em braços mais a montante do Reservatório (Fig. 5). Alguns desses locais já apresentavam aspectos restritivos à implantação de projetos de piscicultura de médio ou grande portes: profundidade ocasionalmente baixa, taxas inadequadas de renovação de água e provável acumulação de dejetos sob os tanques-rede. Esses problemas, identificados em diagnóstico feito entre 2011 e 2012 (GONTIJO et al., 2012), foram, certamente, agravados pela severa redução do nível da água do

QUADRO 7- Evolução da piscicultura em tanques-rede no Reservatório de Três Marias

Indicadores	Ano/mês	
	<sup>(A)</sup> 2012 (mar.)	2014 (out./nov.)
Número de pisciculturas instaladas	67	74
Área total de tanques-rede (m <sup>2</sup> )	18.542	34.764
Estocagem mensal de alevinos (n <sup>o</sup> )	560.000	1.040.00
Produção anual estimada (toneladas)	4.572	8.964
Produtividade média (kg/m <sup>2</sup> )	246	257

FONTE: (A) Gontijo et al. (2012).

Reservatório, verificada em 2014. Sendo assim, a ocorrência de casos de mortalidade massiva de peixes pode ser apenas parcialmente atribuída ao deplecionamento exacerbado do Reservatório.

Além dos prejuízos decorrentes da mortalidade de peixes, houve, segundo os piscicultores, pequeno aumento nos custos de produção em função dos deslocamentos necessários para o manejo dos peixes (arraçoamento, repicagens e despesca).

A título de exemplificação, foi simulada uma situação em que se restringia o fluxo da água defluente, no período de 5/1 a 13/11/2014. Nesse caso, ao final do período, teria havido aumento de 10,24% no VU do Reservatório (Gráfico 1). Como se pode observar, os problemas decorrentes do deplecionamento teriam sido amenizados, se houvesse gestão mais conservadora na vazão da água defluente, para contemplar outras atividades econômicas desenvolvidas no Reservatório de Três Marias.

Outro aspecto a ser considerado é a preservação da ictiofauna nativa. Após dois anos de baixas precipitações no período chuvoso, ocorridas na Região Sudeste, é provável que tenha havido severa redução no recrutamento de espécies nativas de peixes, que dependem da piracema e de lagoas marginais para sua reprodução. A drástica redução do espelho d'água e do volume do Reservatório terá contribuído, seguramente, para a redução dos estoques de reprodutores da maioria das espécies de peixes, agravando o problema ambiental.

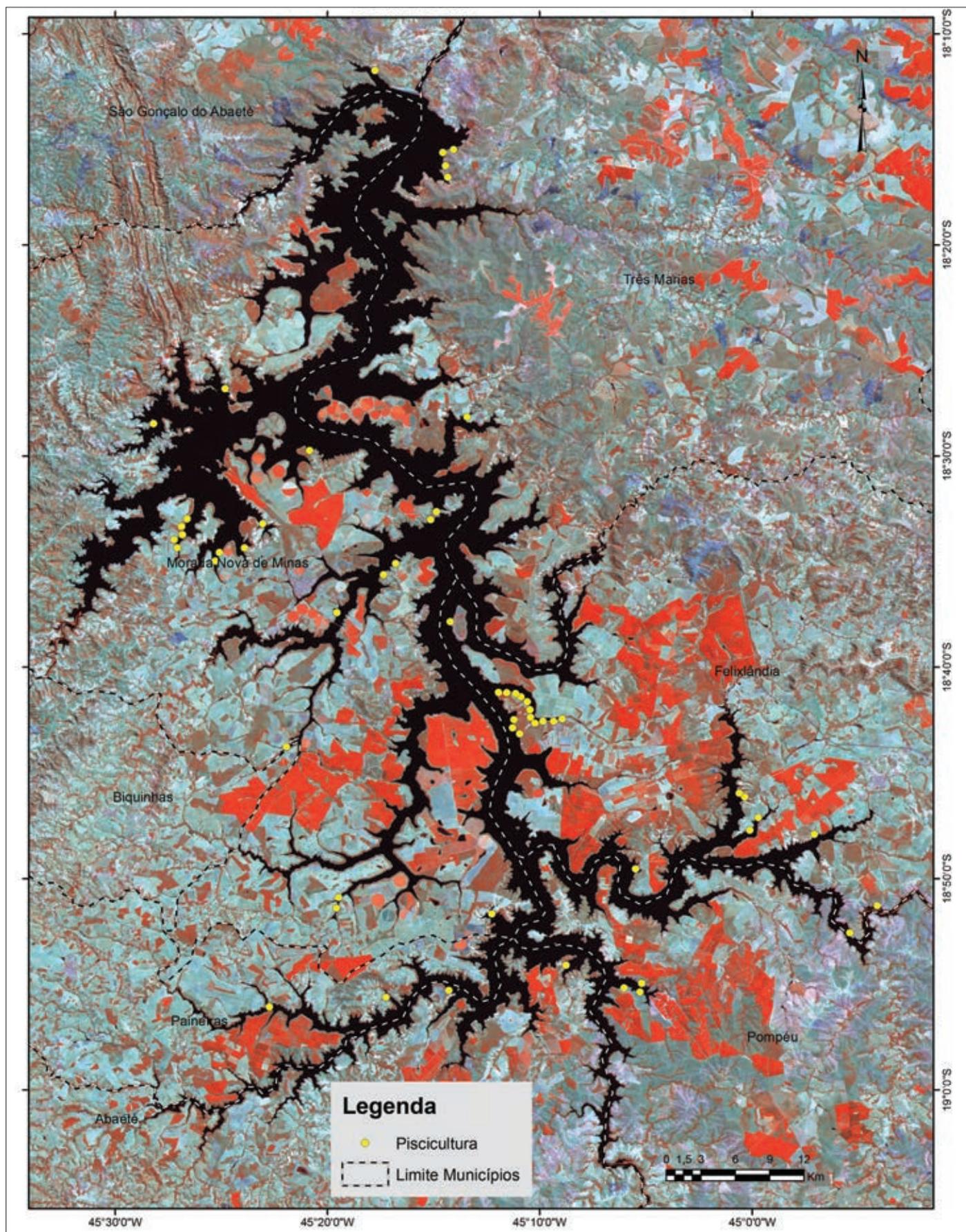
À medida que a piscicultura consolida-se nos reservatórios de UHEs, resultando em aumento de produção e de

carga de nutrientes nos corpos d'água, é importante que se promovam estudos de monitoramento contínuo dos impactos da atividade sobre a qualidade da água. Além disso, tendo em vista o severo deplecionamento ocorrido em 2014, devem-se estudar novas formas de ocupação para os reservatórios, levando em consideração todos os aspectos restritivos à implantação de empreendimentos piscícolas nos diferentes braços da represa.

Uma alternativa para contornar a instabilidade das condições em projeto de piscicultura em tanques-rede, pela oscilação sazonal do nível de água, é a adoção de sistemas de produção em fluxo contínuo de água. Nesse caso, a água seria bombeada da represa para um reservatório a montante da unidade produtiva, mantendo condições estáveis para a produção e para o funcionamento de indústrias de processamento de pescado na região.

Esse sistema de produção pode ser utilizado de duas maneiras:

- para o cultivo de peixes em ciclo completo, gerando produtos acabados para as indústrias de processamento e beneficiamento de pescado;
- para o cultivo bifásico, no caso de tilápia, onde a primeira fase ou alevinagem seja conduzida nas caixas d'água, cujo manejo dos peixes e controle da produção são facilitados. Nesse caso, as fases de crescimento e terminação são conduzidos nos tanques-redes dispostos no corpo d'água dos reservatórios.



Marley Lamounier Machado

Figura 3 - Localização das pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias, no período 2011-2012

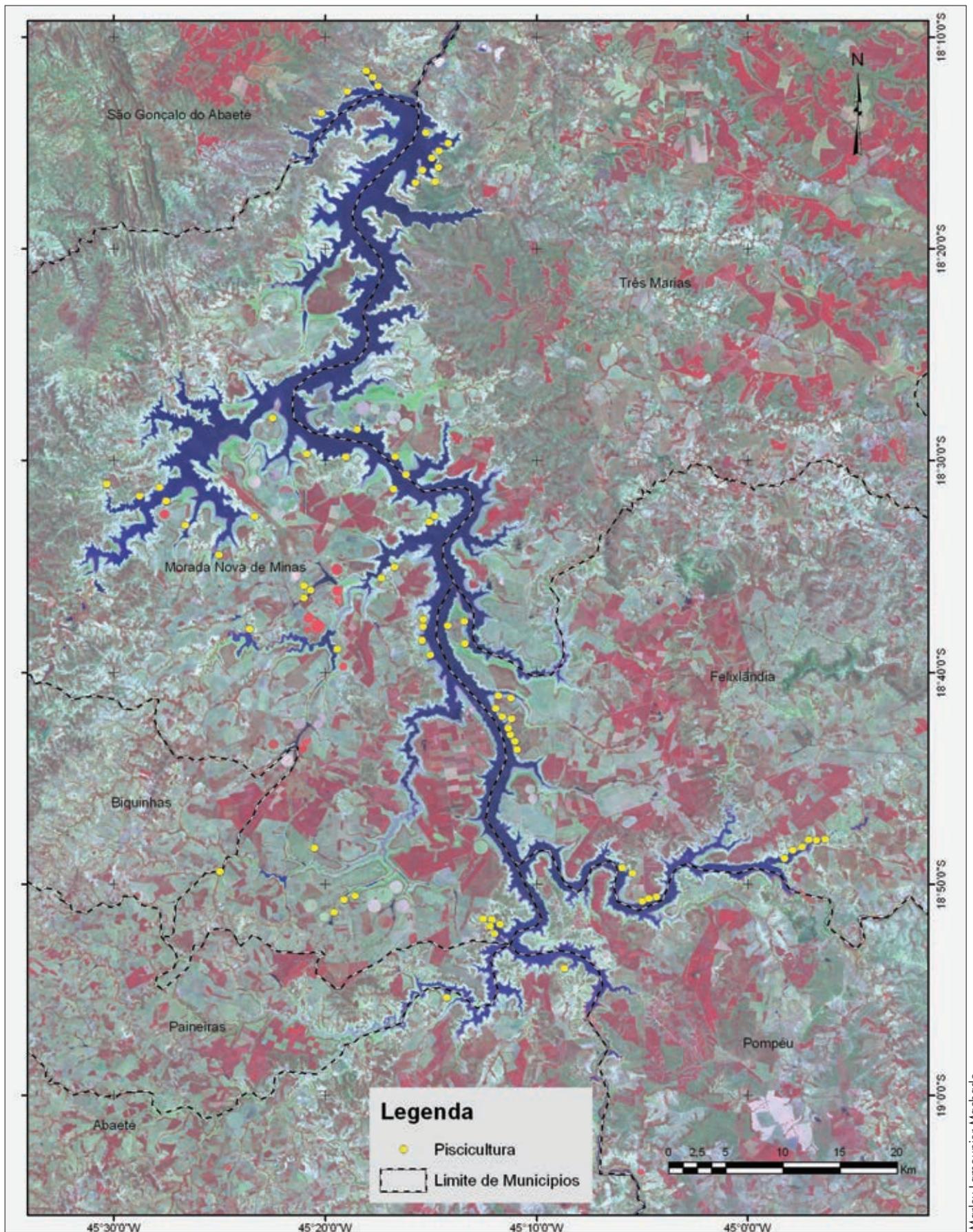


Figura 4 - Localização das pisciculturas estabelecidas no Reservatório de Três Marias - out./nov. 2014



Wilson Carvalho da Silva

Figura 5 - Unidade produtiva no município de Felixlândia - nov. 2014

NOTA: Ocorreu mortalidade total dos peixes.

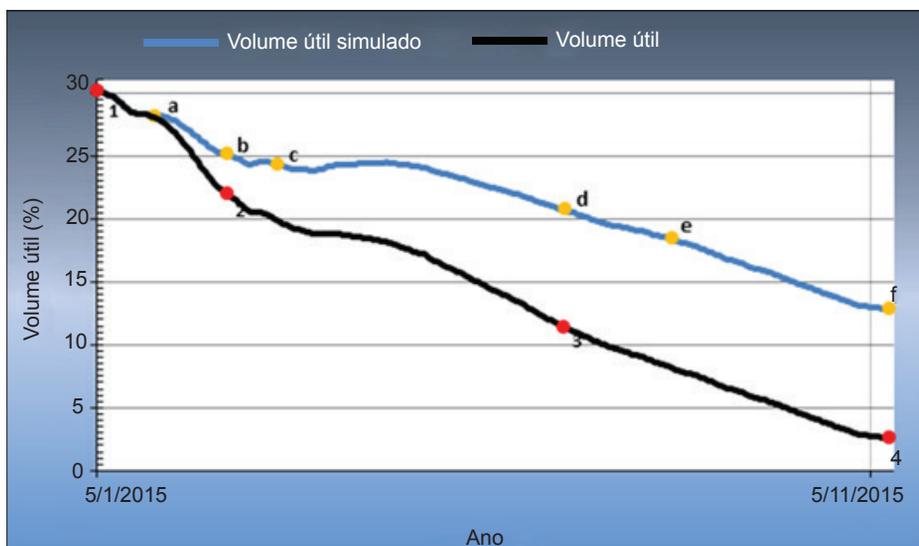


Gráfico 1 - Curva de deplecionamento do Reservatório de Três Marias - 2014

NOTA: Fluxo real (linha preta): 1 - 5/1/2014, volume máximo observado e, 2014: 30,1% do volume útil (VU); 2 - 25/1/2014, redução gradual da vazão defluente para 250 m³/s; 3 - 7/7/2014, redução gradual da vazão defluente para 150 m³/s; 4 - 12/11/2014, volume mínimo observado em 2014: 2,57% do VU.

Fluxo simulado (linha Azul): a - de 27/1/2014 a 24/2/2014, redução da vazão defluente em 250 m³/s; b - de 25/2/2014 a 17/3/2014, redução da vazão defluente em 150 m³/s; c - de 18/2/2014 a 7/7/2014, redução da vazão defluente em 100 m³/s; d - de 8/2/2014 a 18/8/2014, redução da vazão defluente em 50 m³/s; e - a partir de 19/8/2014, sem redução da vazão defluente; f - 12/11/2014, volume mínimo simulado: 12,81% VU.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A despeito dos problemas ocorridos em várias pisciculturas em decorrência da acentuada redução do nível da água, a atividade está em franco processo de consolidação no Reservatório de Três Marias.

Há, por parte dos piscicultores, demanda pela definição de uma política de gestão do fluxo de água do Reservatório. Essa definição é condição *sine qua non* para o desenvolvimento da atividade na região. A implantação de grandes projetos de produção, acompanhados de indústrias de beneficiamento de pescado e da produção de insumos básicos, pressupõe a manutenção de condições adequadas estáveis para a piscicultura em tanques-rede. Devem-se considerar todos os aspectos socioeconômicos e ambientais da região. Além da geração de energia hidrelétrica, é importante que se considerem o turismo, a pesca, a irrigação, a aquicultura e, sobretudo, a conservação da ictiofauna nativa.

## AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pela concessão de bolsa, e ao Instituto Estadual de Florestas (IEF) pelo apoio financeiro ao desenvolvimento dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, F.N.A.; BURSZTYN, M.A.A. Conflitos pelo uso dos recursos hídricos. In: THEODORO, S.H. (Org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p.53-69.
- BORGHETTI, N.R.B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R. **Aqüicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba: Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais, 2003. 129p.
- BRASIL. Decreto nº 4.895, de 25 de novembro de 2003. Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 26 nov. 2003. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/)

D4895.htm>. Acesso em: 17 mar. 2015.

BRASIL. Lei nº 9.433, 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 17 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2010**. Brasília, 2012. 128p. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010>>. Acesso em: maio 2014.

CAMARGO, S.G.O. de; POUHEY, J.L.O.F. Aquicultura: um mercado em expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.4, p.393-396, out./dez. 2005.

CARDOSO, E.L.; GONTIJO, V. de P.M.; FERREIRA JÚNIOR, R.M. **Diagnóstico da piscicultura no Reservatório de São Simão**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2013a. 40p. (EPAMIG. Documentos, 63).

CARDOSO, E.L.; GONTIJO, V. de P.M.; FERREIRA JÚNIOR, R.M. Ordenamento da

piscicultura em grandes reservatórios de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. Piscicultura: uma visão para o futuro, Belo Horizonte, v. 34, n. 272, p.1-18, jan./fev. 2013b.

CARDOSO, E.L. et al. **Ordenamento e monitoramento de áreas aquícolas do Reservatório de Furnas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2013a. 159p. (EPAMIG. Documentos, 62).

CARDOSO, E.L. et al. **Ordenamento e monitoramento de áreas aquícolas do Reservatório de Nova Ponte**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2013b. 80p. (EPAMIG. Documentos, 61).

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. p. 58-63.

EPAMIG. **Delimitação e parques aquícolas e dimensionamento da capacidade de suporte na Represa de Nova Ponte - MG**. Belo Horizonte, 2013. 14p.

GONTIJO, V. de P.M.; CARDOSO, E.L.; OLIVEIRA, G.R. de. Desenvolvimento e consolidação da piscicultura em tanques-rede no reservatório de Três Marias: região de Morada Nova de Minas. **Revista V&Z em Minas**, Belo Horizonte, ano 23, n. 120, p. 23-27,

jan./mar. 2014.

GONTIJO, V. de P.M. et al. **Ordenamento e monitoramento de áreas aquícolas do Reservatório de Três Marias**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2012. 96p. (EPAMIG. Série Documentos. 58).

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. **Estudo técnico-científico visando a delimitação de parques aquícolas nos lagos das usinas hidroelétricas de Furnas e Três Marias - MG**. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <[http://ecologia.icb.ufmg/~rpcoelho/Parques\\_Aquicolas/website/pdfs/relatorios\\_consultores/05\\_tm\\_socioeconomia.pdf](http://ecologia.icb.ufmg/~rpcoelho/Parques_Aquicolas/website/pdfs/relatorios_consultores/05_tm_socioeconomia.pdf)>. Acesso em: março 2015.

Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Volume útil dos principais reservatórios**. [Rio de Janeiro, 2014]. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util.aspx)>. Acesso em: 17 mar. 2015.

PINTO-COELHO, R.M.; CARDOSO, E.L. (Org.). **Ordenamento da aquicultura no Reservatório de São Simão**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2013. 66p.

SAMPAIO, J.M.C.; BRAGA, L.G.T. Cultivo de tilápia em tanques-rede na barragem do Ribeirão de Saloméa - Floresta Azul - Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 6, n. 2, p. 42-52, 2005.

## Excelência na produção de mudas cítricas

Mudas padronizadas, qualidade comprovada e variedade identificada.



(37) 3521-1597 / 9804-0643 / 9804-5533  
[www.citrovan.com.br](http://www.citrovan.com.br) - [citrovan@citrovan.com.br](mailto:citrovan@citrovan.com.br)  
 Rod. MG 164, KM 146 - Bom Despacho/MG



# Balanço de energia e produtividade da água em larga escala: caracterização, modelagem e aplicação no Norte de Minas Gerais

*Antônio Heriberto de Castro Teixeira<sup>1</sup>, Ricardo Guimarães Andrade<sup>2</sup>, Janice Freitas Leivas<sup>3</sup>, Daniel de Castro Victoria<sup>4</sup>, Edson Luis Bolfe<sup>5</sup>*

**Resumo** - A associação de ferramentas, para determinar os componentes do balanço de energia e da produtividade da água em larga escala, e a análise dos efeitos da mudança de uso da terra foram utilizadas para subsidiar o manejo racional dos recursos hídricos. Primeiramente, os passos da modelagem são descritos com posterior aplicação dos modelos nos municípios do polo agrícola do Norte de Minas Gerais. Neste polo, a vegetação natural vem sendo rapidamente substituída por culturas irrigadas com água proveniente do Rio São Francisco. Para analisar os efeitos de mudança de uso da terra, imagens Modis e estações agrometeorológicas no ano de 2012 foram usadas na modelagem dos componentes do balanço de energia e da produtividade da água. O algoritmo Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (Safer) foi usado para obter os componentes do balanço de energia, incluindo a evapotranspiração (ET), enquanto o modelo de Monteith da radiação foi aplicado para a estimativa da produção da biomassa (BIO). A produtividade da água (PA) foi então obtida pela razão da BIO pela ET. Considerando toda a área estudada, as partições do saldo de radiação (Rn), para fluxos de calor sensível (H) e latente (LE), foram, em média, de 0,51 e 0,49, respectivamente. Destaques para Nova Porteirinha, Matias Cardoso e Jaíba, que apresentaram maiores porcentagens da Rn fracionada em LE, respectivamente de 68%, 55% e 54%. Além disso, esses municípios também apresentaram os maiores valores de PA, superiores a 3,0 kg/m<sup>3</sup>. Maiores heterogeneidades entre os pixels nesses municípios estão relacionadas com a introdução de culturas irrigadas nas vizinhanças do Rio São Francisco.

**Palavras-chave:** Saldo de radiação. Fluxo de calor latente. Fluxo de calor sensível. Evapotranspiração. Radiação solar. Produção de biomassa.

## INTRODUÇÃO

A demanda hídrica já excede o suprimento de água em muitas partes do mundo, e, como a população continua a crescer, isto, aliado às alterações climáticas e às mudanças de uso da terra, faz com que maior escassez de água seja esperada. Paralelamente a essa escassez, está a conti-

nua poluição dos rios nos países em desenvolvimento (GOURBESVILLE, 2008).

As análises dos parâmetros envolvidos nos balanços de água e energia em larga escala são importantes para auxiliar o gerenciamento hídrico de forma racional, visando produzir mais alimentos, obter lucros, desenvolvimento rural e benefícios ecológicos, com menor custo social

e ambiental por unidade de água aplicada e consumida. Ao melhorar a produtividade física da água, reduz-se a quantidade adicional na agricultura, com maior disponibilidade hídrica para a manutenção dos ecossistemas (CAI; MCKINNEY; LASDON, 2002).

A agricultura do estado de Minas Gerais tem ganhado espaço ao longo dos úl-

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D. Ciências Ambientais, Pesq. EMBRAPA Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, heriberto.teixeira@embrapa.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, D.Sc. Meteorologia Agrícola, Pesq. EMBRAPA Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, ricardo.andrade@embrapa.br

<sup>3</sup>Meteorologista, D.Sc. Agrometeorologia, Pesq. EMBRAPA Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, janice.leivas@embrapa.br

<sup>4</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc. Ciências, Pesq. EMBRAPA Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, daniel.victoria@embrapa.br

<sup>5</sup>Eng<sup>o</sup> Florestal, D.Sc. Geografia, Pesq. EMBRAPA Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, edson.bolfe@embrapa.br

timos anos na economia estadual, de forma que venha a contribuir na elaboração de políticas públicas para o desenvolvimento agrícola, com crescentes demandas de água para a irrigação em algumas áreas do Estado.

Por um lado, a maior parte dos produtos agrícolas dinâmicos, em geral grãos e frutas, destina-se ao mercado externo, como consequência de maior nível de investimento tecnológico e uso intensivo de capital. Por outro lado, o principal impacto entre o uso dos recursos hídricos e o meio ambiente pode ser a poluição causada pela drenagem da agricultura, prejudicando as diferentes espécies, tanto aquáticas como terrestres (TEIXEIRA; BASSOI, 2009; TEIXEIRA, 2012).

Minas Gerais é um dos Estados brasileiros mais marcados por desigualdades regionais. A produção agrícola mineira tem como principal característica a sua diversidade, coexistindo regiões de base produtiva intensiva em tecnologia e com alta produtividade, com outras cuja produção é voltada para a subsistência.

As mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Sul/Sudeste concentram a maior parte da produção agrícola. Entretanto, Gomes, Baptista e Chinelatto Neto (2005) ressaltam a disparidade no desenvolvimento entre as mesorregiões, comparando o intensivo uso de capital no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba com o regresso tecnológico do Norte de Minas e Jequitinhonha.

Embora em algumas áreas do estado de Minas Gerais, as normais climatológicas de precipitação apresentem valores superiores a 2.000 mm, na parte semiárida do Norte de Minas ocorrem deficiências de chuvas ao longo do ano, havendo necessidade de irrigação, e, conseqüentemente, de estudos sobre como aperfeiçoar e harmonizar as várias formas de consumo hídrico pelos diferentes biomas, para assegurar adequados fluxos dos rios com preservação do meio ambiente.

Com as condições climáticas favoráveis para a agricultura irrigada, as áreas com culturas agrícolas nas condições semiáridas do Norte de Minas se expandem. Essas áreas contam hoje com vários projetos públicos irrigados, destacando-se Jaíba, Gorutuba, Jequitai e Lagoa Grande. A situação atual das culturas comerciais nesses projetos revela, entretanto, que mesmo a água sendo usada produtivamente, proporcionando desenvolvimento rural, a drenagem excessiva pode, adversamente, afetar a qualidade e o fluxo hídrico; ambos localmente e a jusante dos rios, prejudicando as espécies dependentes dos ecossistemas aquáticos.

As análises dos componentes do balanço de energia e da produtividade da água no estado de Minas Gerais devem considerar os valores sociais e ecológicos da atividade agrícola. Os ganhos de produção das culturas por unidade de água consumida podem ocorrer com prejuízos para a fauna aquática. Com a perda da qualidade, em conjunto com as condições atuais de escassez hídrica, todos os usuários (urbanos, industriais, agricultores e ecológicos) já estão competindo pelo abastecimento suficiente de água fresca.

Nas condições de mudança da vegetação natural por culturas agrícolas no polo do Norte de Minas Gerais, são significativos os efeitos mesoclimáticos de curto e médio prazos. Esta mudança de uso da terra destaca a importância de desenvolvimento e aplicações de ferramentas para quantificação dos componentes do balanço de energia e de produtividade da água em larga escala, permitindo análises da dinâmica dos agroecossistemas mistos.

O sensoriamento remoto, juntamente com os dados agrometeorológicos, permite a análise desses componentes em larga escala (TEIXEIRA et al., 2013, 2014ab), envolvendo tanto a agricultura dependente de chuva, como as culturas irrigadas, ou, ainda, os recursos hídricos em geral, podendo-se fazer um acompa-

nhamento do impacto causado pelas atividades da agricultura intensiva sobre as condições ambientais.

Este artigo visa à associação dessas ferramentas na determinação dos componentes do balanço de energia e da produtividade da água em larga escala, analisando-se os efeitos da mudança de uso da terra para subsidiar o manejo racional dos recursos hídricos no Norte de Minas Gerais. Para essas análises, dados de estações agrometeorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e imagens Modis para o período de 2012 foram usados em conjunto. Combinou-se o algoritmo Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving (Safer) para o cálculo dos componentes do balanço de energia, incluindo-se a evapotranspiração (ET) com o modelo de Monteith para obtenção da biomassa (BIO).

## ÁREA DE ESTUDO E DADOS CLIMÁTICOS UTILIZADOS

A Figura 1 apresenta a localização dos municípios estudados no polo agrícola do Norte de Minas Gerais, juntamente com seis estações agrometeorológicas automáticas do Inmet utilizadas para as interpolações das variáveis climáticas.

Os dados climáticos entram nos cálculos dos componentes do balanço de energia, ET, produção de BIO e produtividade da água (PA), em conjunto com as imagens Modis. As estações agrometeorológicas são equipadas com piranômetros; anemômetros; sensores de temperatura e umidade relativa (UR) do ar, e pluviômetros.

Com a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), esses dados, além de entrarem nos cálculos das variáveis hídricas e de vegetação em conjunto com imagens de satélites, contribuindo para uma maior caracterização espacial, são ainda usados para a obtenção dos valores da  $ET_0$  em larga escala, pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

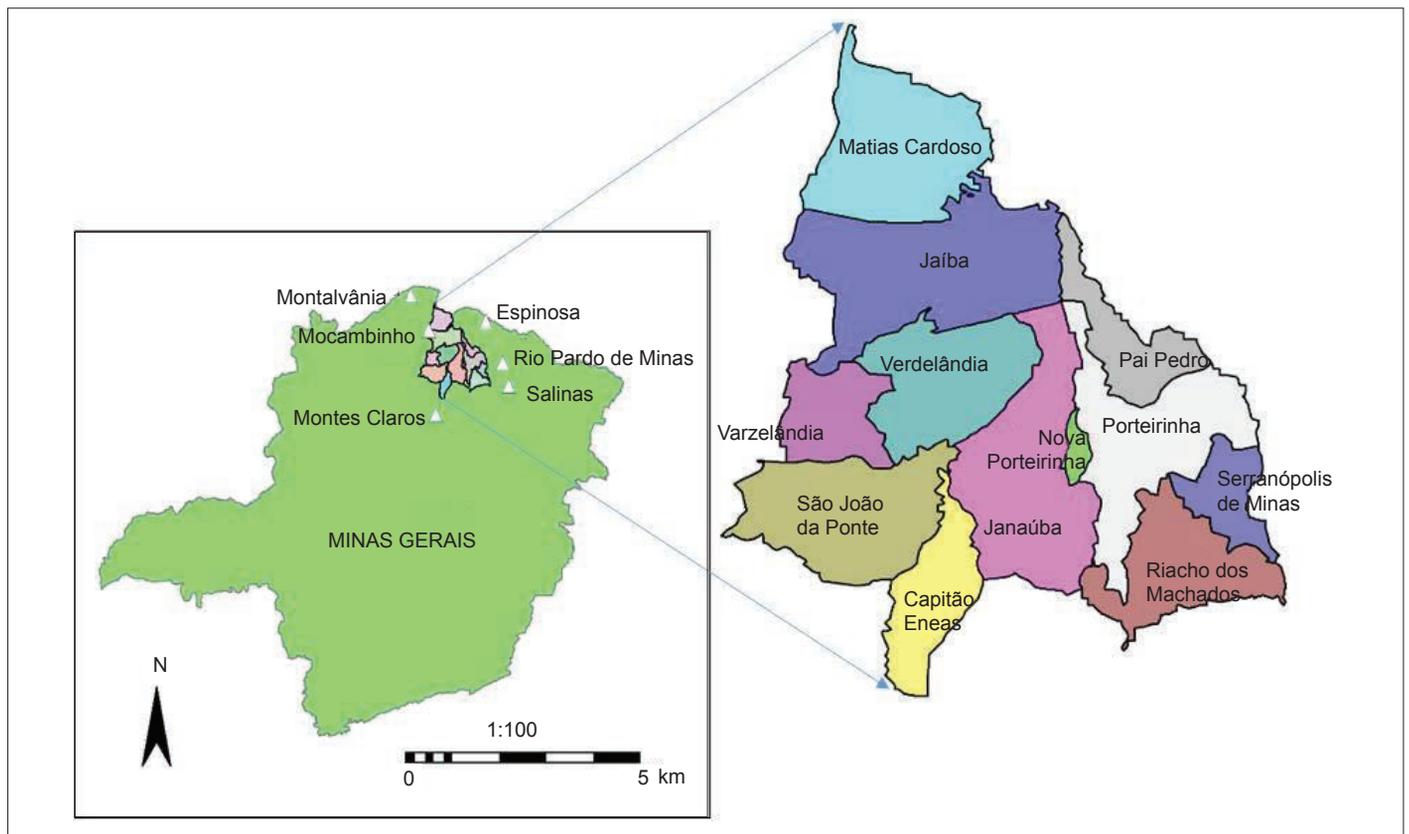


Figura 1 - Localização dos municípios e estações agrometeorológicas no polo agrícola do Norte de Minas Gerais

## MODELAGEM DO BALANÇO DE ENERGIA EM LARGA ESCALA

A Figura 2 apresenta o fluxograma para determinação do balanço de energia com as bandas do vermelho e infravermelho - próximo do satélite Modis, em conjunto com dados agrometeorológicos.

De acordo com a Figura 2, as radiações espectrais iniciam os cálculos. Entretanto, os albedos planetários ( $\alpha_p$ ) para as bandas 1 ( $\alpha_1$ ) e 2 ( $\alpha_2$ ) foram extraídos do produto Modis MOD13Q1, o qual fornece imagens compostas temporais, com redução da cobertura de nuvens, em intervalos de 16 dias, totalizando 23 imagens para cada banda por ano.

Para o cálculo do albedo da superfície ( $\alpha_0$ ), é aplicada a Equação 1 (VALIENTE et al., 1995).

Equação 1:

$$\alpha_0 = a + b\alpha_1 + c\alpha_2$$

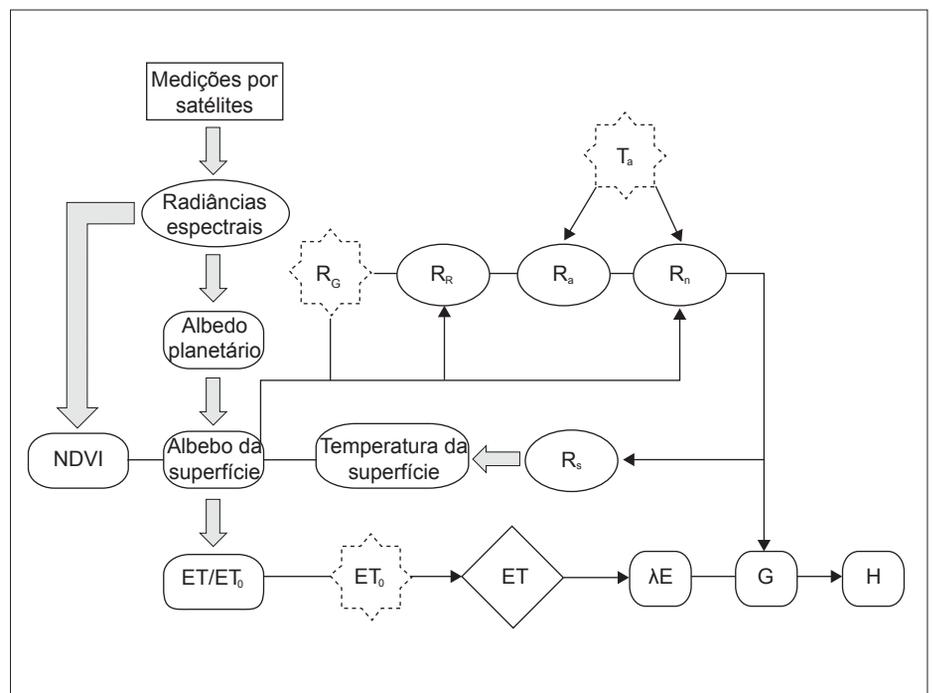


Figura 2 - Fluxograma para obtenção dos componentes do balanço de energia por meio do modelo Safer

NOTA: SAFER - Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving;  $T_a$  - Temperatura do ar; R - Radiação; NDVI - Índice da Diferença da Vegetação Normalizado; ET - Evapotranspiração;  $\lambda E$  - Calor latente de evaporação; G - Calor do solo; H - Calor sensível.

Em que:  $a$ ,  $b$  e  $c$  são coeficientes de regressão, os quais foram considerados como 0,08, 0,41 e 0,14, respectivamente, obtidos sobre diferentes condições termo-hidro-lógicas (TEIXEIRA et al., 2013, 2014ab).

O Índice da Diferença da Vegetação Normalizado (NDVI) é calculado pela Equação 2 (TEIXEIRA et al., 2014b).

Equação 2:

$$NDVI = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_1}$$

A temperatura da superfície ( $T_0$ ) é fisicamente estimada como resíduo na Equação 3, do balanço de radiação (TEIXEIRA et al., 2014ab).

Equação 3:

$$R_n = R_g - R_r + R_a - R_s$$

Em que:  $R_G$  e  $R_R$  são os componentes de ondas curtas, respectivamente a radiação solar global incidente e refletida; e  $R_a$  e  $R_s$  são os componentes de ondas longas, ou sejam, as radiações emitidas pela atmosfera e pela superfície nesta ordem.

A radiação global ( $R_G$ ) é medida nas estações agrometeorológicas, e a radiação refletida ( $R_R$ ) é calculada pela Equação 4.

Equação 4:

$$R_R = \alpha_0 R_G$$

$R_a$  é estimada pela Equação 5 – Lei de Stefan-Boltzmann.

Equação 5:

$$R_a = \sigma \varepsilon_a T_a^4$$

Em que:  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$ );  $\varepsilon_a$  é a emissividade atmosférica; e  $T_a$  é a temperatura do ar medida nas estações agrometeorológicas.

A emissividade atmosférica ( $\varepsilon_a$ ) é calculada pela Equação 6 (TEIXEIRA, 2010; TEIXEIRA et al., 2009a, 2014ab).

Equação 6:

$$\varepsilon_a = a_a (-h \tau_s)^{b_a}$$

Em que:  $\tau_s$  é a transmissividade atmosférica; e  $a_a$  e  $b_a$  são os coeficientes de regressão, considerados como 0,94 e 0,10, nesta ordem (TEIXEIRA et al., 2014a).

A Equação 7, de Slob (TEIXEIRA et al., 2013, 2014ab), é aplicada na obtenção dos valores diários de  $R_n$ .

Equação 7:

$$R_n = (1 - \alpha_0) R_g - a_l \tau_s$$

Em que: o coeficiente de regressão  $a_l$  é obtido por meio da relação com  $T_a$ , pela Equação 8.

Equação 8:

$$a_l = b_l T_a - c_l$$

Em que:  $b_l$  e  $c_l$  são coeficientes de regressão considerados 6,99 e 39,93, respectivamente (TEIXEIRA, 2010; TEIXEIRA et al., 2013, 2014ab).

A temperatura da superfície ( $T_0$ ) é então estimada pela Equação 9.

Equação 9:

$$T_0 = \sqrt[4]{\frac{R_s}{\varepsilon_0 \sigma}}$$

Em que:  $\varepsilon_0$  é a emissividade da superfície calculada pela Equação 10.

Equação 10:

$$\varepsilon_0 = a_0 h NFVI + b_0$$

Em que:  $a_0$  e  $b_0$  são coeficientes de regressão considerados 0,06 e 1,00 (TEIXEIRA, 2010, TEIXEIRA et al., 2009a, 2014ab).

A ET diária é estimada com dados de  $ET_0$  para a mesma escala temporal, pela Equação 11.

Equação 11:

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[ a_s + b_s \left( \frac{t_0}{\alpha_0 NDVI} \right) \right]$$

Em que:  $a_s$  e  $b_s$  são coeficientes de regressão, os quais, para o lado noroeste de São Paulo, foram considerados 1,0 e -0,008, respectivamente (TEIXEIRA et al., 2014a).

Transformando-se ET em fluxo de calor latente (LE) e desprezando-se o fluxo de calor no solo (G) para o período diário, o fluxo de calor sensível (H) é então estimado como resíduo na Equação 12 do balanço de energia (TEIXEIRA et al., 2014a).

Equação 12:

$$H = R_n - LE$$

## MODELAGEM DA PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM LARGA ESCALA

Para a obtenção da PA com base na ET, por meio de geotecnologias, além deste último parâmetro, estimativas da produção de BIO são realizadas a partir do NDVI; da radiação fotossinteticamente ativa (RFA); da eficiência no uso da luz ( $\varepsilon$ ) e da fração evaporativa ( $E_f$ ).

A produção das culturas em larga escala pode ser estimada da BIO com utilização do índice de colheita (IC), chegando-se na produtividade da água das culturas (PAC).

Para os cálculos da BIO em largas escalas, o modelo da radiação de Monteith pode ser aplicado.  $E_f$  é incluída para considerações das condições de umidade do solo, sendo definida, conforme a Equação 13.

Equação 13:

$$E_f = \frac{E}{R_n - G}$$

Sendo que G na escala diária foi desprezado aqui por ser uma fração

muito pequena de  $R_n$  nas condições semiáridas brasileiras (TEIXEIRA et al., 2014a).

Os valores diários interpolados de  $R_G$  são usados para a estimativa da RFA, conforme a Equação 14 (TEIXEIRA et al., 2009b, 2013).

Equação 14:

$$RFA = a_G R_G$$

Em que:  $a_G = 0,44$  é o coeficiente de regressão encontrado para as condições semiáridas do Brasil (TEIXEIRA et al., 2009a).

Os valores da radiação fotossinteticamente ativa absorvida ( $RAF_{abs}$ ) podem ser obtidos diretamente de RFA, pela Equação 15.

Equação 15:

$$RFA_{abs} = f_{RAF} RAF$$

O fator  $f_{RAF}$  é estimado dos valores de NDVI, pela Equação 16 (BASTIAANSEN; ALI, 2003; TEIXEIRA et al., 2009b).

Equação 16:

$$f_{RAF} = a_f NDVI + b_f$$

Em que: os coeficientes  $a_f$  e  $b_f$  de 1.257 e -0.161, respectivamente, foram reportados para uma mistura de culturas anuais (BASTIAANSEN; ALI, 2003).

A BIO é quantificada pela Equação 17. Equação 17:

$$BIO = \varepsilon_{max} E_f RFA_{abs} 0.864$$

Em que:  $\varepsilon_{max}$  é a eficiência máxima de uso da luz, a qual depende do grupo da espécie de vegetação (c3 ou c4); e 0.864 é um fator de conversão de unidades (TEIXEIRA et al., 2009b).

Segundo Teixeira et al. (2013), a PA é então considerada como na Equação 18.

Equação 18:

$$PA = \frac{BIO}{ET}$$

## BALANÇO DE ENERGIA NO NORTE DE MINAS GERAIS

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial dos componentes do balanço de energia, nos municípios do polo agrícola do Norte de Minas Gerais, para diferentes períodos de Dias Julianos (DJ), do ano de 2012.

Não há forte distinção dos valores de  $R_n$  entre as áreas irrigadas e aquelas com vegetação natural. O período com maior energia disponível é aquele com DJ entre 321 e 326, quando a média de  $R_n$  foi de 10,2 MJ m<sup>2</sup>/dia, enquanto que, para o período de menores valores (DJ entre 161 e 176), a média foi de 6,3 MJ m<sup>2</sup>/dia (Fig. 3A).

Também não há variação espacial grande, com valor de desvio-padrão (DV) médio de 0,27 MJ m<sup>2</sup>/dia ao longo do ano.

Com relação a LE e H, as variações espaciais são mais evidentes (Fig. 3B e 3C). Considerando-se os valores municipais médios, estes ficaram entre 3,4 e 5,2 MJ m<sup>2</sup>/dia e 4,4 e 2,6 MJ m<sup>2</sup>/dia, respectivamente para os municípios de Porteirinha e Nova Porteirinha. Maiores valores de LE para o último município podem ser atribuídos à maior concentração de áreas irrigadas.

As grandes diferenças entre as condições de irrigação e vegetação natural podem ser vistas, quando se observam os valores de LE e H nas condições naturalmente mais secas do ano (DJ 241 a 256). O período de maior utilização de  $R_n$  em LE foi o chuvoso de DJ 001 a 016, constatando-se, ainda, um aporte de energia adicional pela advecção pelos valores negativos de H.

Considerando-se toda a área estudada, as partições de  $R_n$  para H e LE foram, em média, 0,51 e 0,49, respectivamente. Os municípios que apresentaram maio-

res frações evaporativas ( $LE/R_n$ ) foram Nova Porteirinha (68%), Matias Cardoso (55%) e Jaíba (54%), o que está relacionado com as maiores porcentagens de áreas irrigadas em relação aos outros municípios.

## PRODUTIVIDADE DA ÁGUA NO NORTE DE MINAS GERAIS

A Figura 4 apresenta a distribuição espacial dos valores anuais da ET, BIO e PA, abrangendo os municípios no polo agrícola do Norte de Minas Gerais.

A variação espacial dos indicadores hídricos e de vegetação é evidente, com os pixels de maiores valores de todos os componentes, representando as culturas agrícolas bem irrigadas. Para estas últimas condições, ET, BIO e PA são, respectivamente, acima de 1.000 mm/ano, 30 t/ha/ano e 3.5 kg/m<sup>3</sup>. Destaques para os municípios de Nova Porteirinha, Matias Cardoso e Jaíba, onde são claros os efeitos da mudança de uso da terra.

Os valores médios municipais da produtividade da água nos intervalos de 16 dias, considerando-se cinco períodos de DJ, são apresentados no Gráfico 1.

Os máximos de PA ocorreram no período mais úmido de DJ 001- 016, com destaque para o município de Varzelândia, com uma média de 4,0 kg/m<sup>3</sup>. Este último resultado evidencia boas condições de expansão racional das culturas agrícolas nas atuais condições de escassez hídrica. Menores faixas de PA são para o período naturalmente mais seco de DJ 241-256, com o município de Porteirinha apresentando menor valor médio de 1,2 kg/m<sup>3</sup>.

De acordo com os desvios-padrões, percebem-se geralmente dois picos de variação espacial ao longo do ano, no início da estação chuvosa (DJ 321-336) e após as chuvas (DJ 161-176). Neste último período, destaque para Nova Porteirinha, que apresenta desvio-padrão acima de 1,0 kg/m<sup>3</sup>, como consequência de maior mistura de culturas irrigadas e vegetação natural seca.

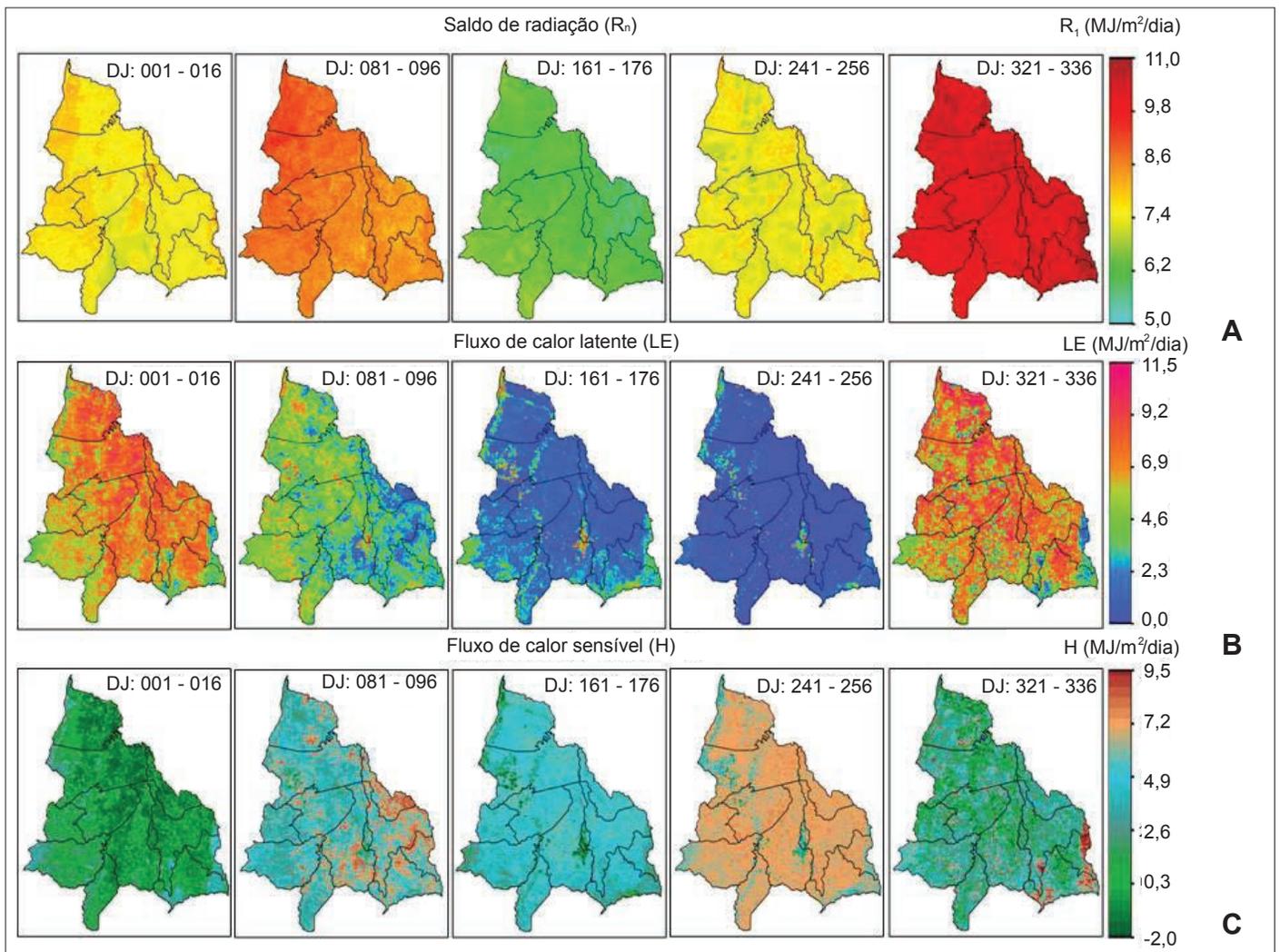


Figura 3 - Distribuição espacial dos componentes do balanço de energia nos municípios do polo agrícola do Norte de Minas para intervalos de Dias Julianos (DJ) ao longo do ano de 2012

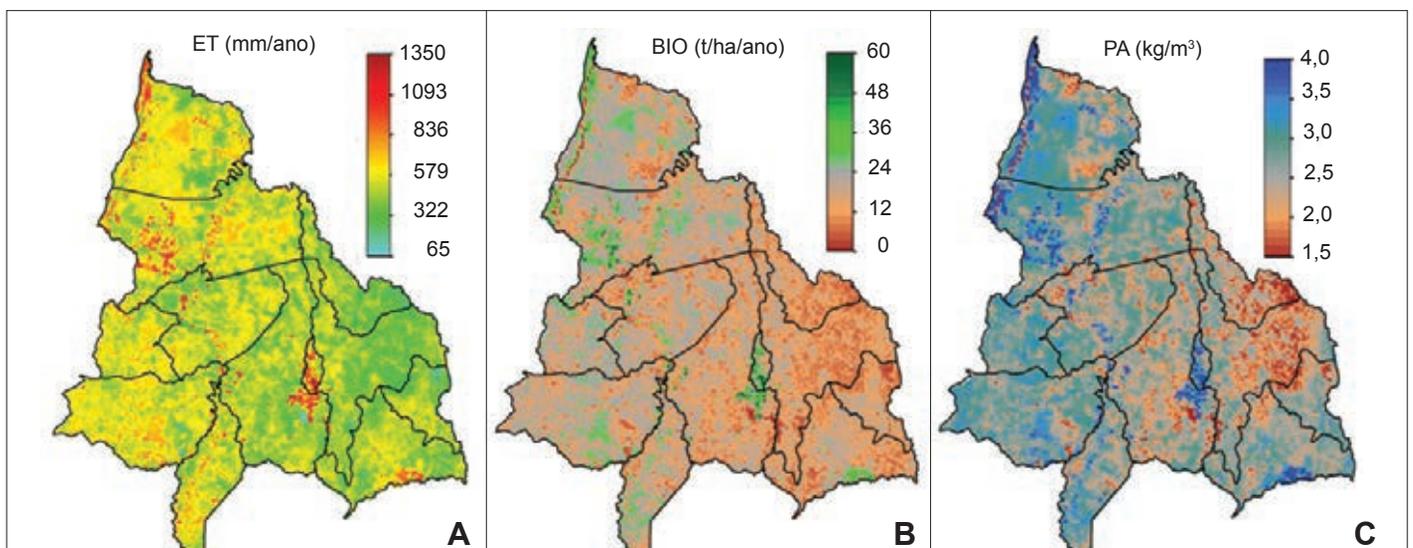


Figura 4 - Distribuição espacial dos valores anuais dos componentes de produtividade da água nos municípios do polo agrícola do Norte de Minas

NOTA: A - Evapotranspiração (ET); B - Produção de biomassa (BIO); C - Produtividade da água (PA).

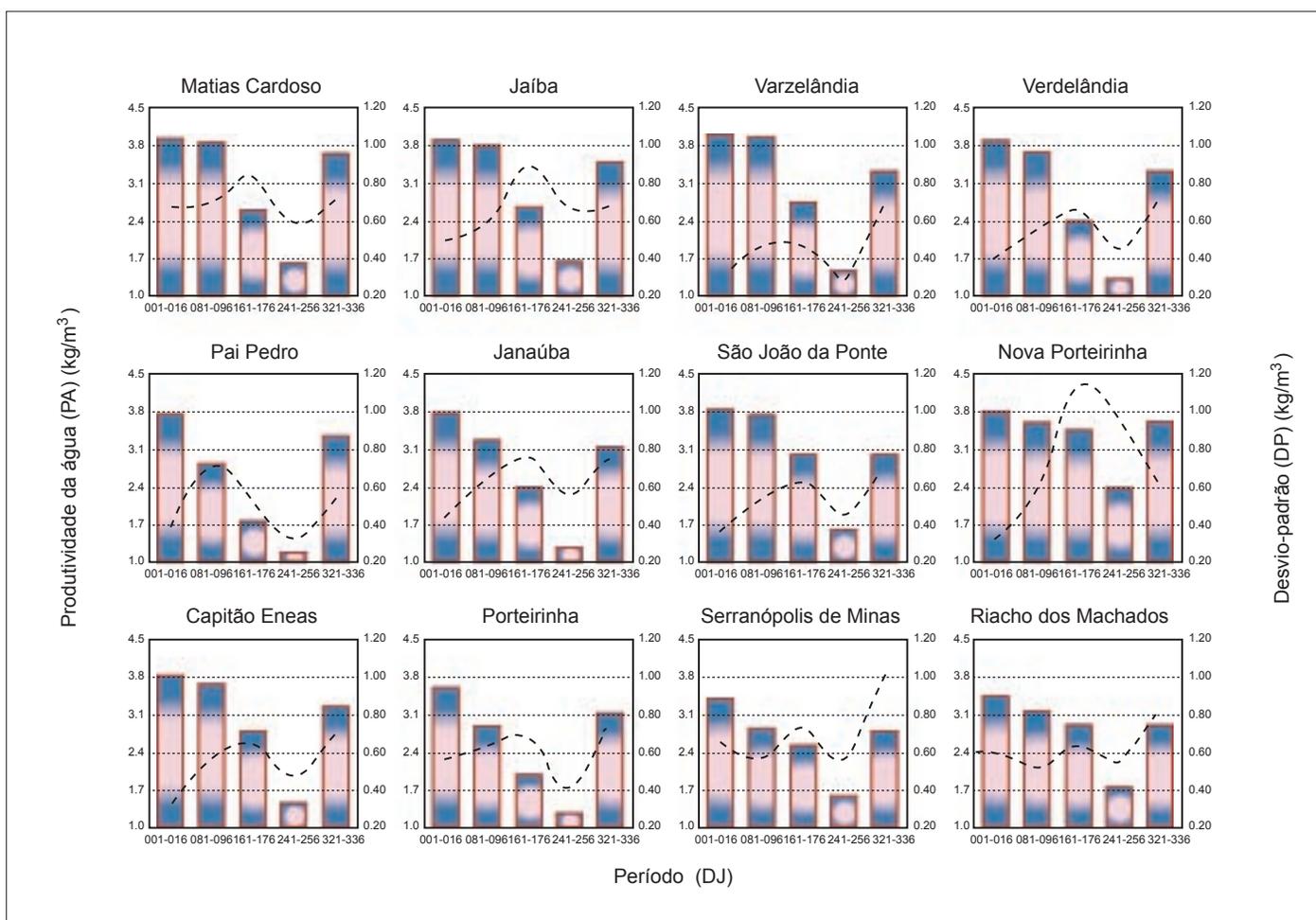


Gráfico 1 - Valores médios da produtividade da água (PA) para períodos de Dias Julianos (DJ) distintos nos municípios do polo agrícola do Norte de Minas Gerais

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os passos para modelagem dos componentes do balanço de energia e produtividade da água em larga escala podem ser estimados com aplicabilidade no Norte de Minas Gerais, por meio de medições das radiações na faixa do visível e infravermelho próximo do sensor Modis, em conjunto com estações agrometeorológicas, com aplicação conjunta dos modelos Safer e da radiação de Monteith. Esses resultados são relevantes para o monitoramento de bacias hidrográficas com mudanças de uso da terra. Os modelos testados podem ser operacionalizados, visando-se ao monitoramento da intensificação da agricultura irrigada e dos impactos causados por esta mudança de uso da terra nos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

BASTIAANSEN, W.G.M.; ALI, S. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus basin, Pakistan. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 94, n. 3, p. 321-340, Mar. 2003.

CAI, X.; MCKINNEY, D.C.; LASDON, L. S. A framework for sustainable analysis in water resources management and application to the Syr Darya basin. **Water Resources Research**, v. 38, n. 6, p. 21-24, June 2002.

GOMES, A.P.; BAPTISTA, A.J.M. dos S.; CHIANELATTO NETO, A. Impactos regionais da mudança tecnológica no setor agrícola de Minas Gerais. In: CONGRES-

SO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Instituições, eficiência, gestão e contratos no sistema agroindustrial. Ribeirão Preto: SOBER, 2005. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/557.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2013.

GOURBESVILLE, P. Challenges for integrated water resources management. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 33, n. 5, p.284-289, 2008.

TEIXEIRA, A.H. de C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated crops and natural vegetation in the São Francisco river basin (Brazil) using remote sensing an Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v.2, n. 5, p.1287-1319, May 2010.

TEIXEIRA, A.H. de C. Modelling water productivity components in the low-middle São Francisco river basin, Brazil. In: BILI-

BIO, C.; HENSEL, O.; SELBACH, J.F. (Org.). **Sustainable water management in the tropics and subtropics: and case studies in Brazil.** Jaguarão: Fundação Universidade Federal do Pampa: University of Kassel, 2012. v. 3, p.1077-1100.

TEIXEIRA, A.H. de C.; BASSOI, L.H. Crop water productivity in semi-arid regions: from field to large scales. **Annals of Arid Zone**, Rajasthan, v.48, n. 3, p.1-13, 2009.

TEIXEIRA, A.H. de C. et al. A comparative study of techniques for modeling the spatio-temporal distribution of heat and moisture fluxes at different agroecosystems in Brazil. In: PETROPOULOS, G.P. (Ed.). **Remote sensing of energy fluxes and soil moisture content.** Boca Raton: CRC, 2014a. p.165-188.

TEIXEIRA, A.H. de C. et al. Coupling MODIS images and agrometeorological data for agricultural water productivity analyses in the Mato Grosso state, Brazil. In: REMOTE SENSING FOR AGRICULTURAE, ECOSYSTEMS, AND HYDROLOGY, 15., 2014, Amsterdam. **Proceedings....** [S.l.]: SPIE, 2014b. v. 9239.

TEIXEIRA, A.H. de C. et al. Large-scale water productivity assessments with MODIS images in a changing semi-arid environment: a brazilian case study. **Remote Sensing**, v. 5, n. 11, p. 5783-5804, Nov. 2013.

TEIXEIRA, A.H. de C. et al. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the low-middle São Francisco river basin: Brazil part A - calibration and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n.3/4, p. 462-476, Mar. 2009a.

TEIXEIRA, A.H. de C. et al. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the low-middle São Francisco river basin: Brazil Part B - application to the large scale. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, n. 3/4, p. 477-490, Mar. 2009b.

VALIENTE, J.A. et al. Narrow-band to broad-band conversion for meteosat-visible channel and broad-band albedo using both AVHRR-1 and -2 channels. **International Journal of Remote Sensing**, v. 16, n. 6, p.1147-1166, 1995.

Veja no próximo

# INFORME AGROPECUÁRIO

## Gir e girolando

**Parâmetros reprodutivos de touros jovens das raças Gir e Girolando**

**Condição corporal e reprodução**

**Manejo sanitário preventivo**

**Manejo nutricional de bovinos leiteiros**

**Produção de leite com vacas F1 Holandês x Gir**

**Melhoramento Genético**

**Manejo de bezerras Gir e Girolando**



**Leia e Assine o INFORME AGROPECUÁRIO**  
**(31) 3489-5002 - publicacao@epamig.br**  
**www.informeagropecuario.com.br**

# Geociências agrárias e ambientais e o déficit hídrico

*Paulo Pereira Martins Junior<sup>1</sup>, Vitor Vieira Vasconcelos<sup>2</sup>*

**Resumo** - Considera-se que o déficit hídrico é ao mesmo tempo um conceito estrito e também relativo. Isso advém do fato de que a relativização do déficit dá-se em intervalos de disponibilidade hídrica, nos quais diferentes soluções possam entrar e tornar viáveis atividades produtivas. As relações disponibilidade, oferta, demanda, uso consuntivo, poupança, reciclagem e/ou reúso são modos efetivos de relativizar essa questão. O Vale do Rio São Francisco, no entanto, vem perdendo vazão específica desde 1947 até a atualidade, com graves sinais de degradação de calhas de cursos d'água no vale principal e nos vales de outras ordens. Admite-se que políticas e práticas de gestão da circulação hídrica e dos vários usos podem minimizar esse processo avançado. Os plantios florestais ecológicos econômicos, a conservação de áreas de recarga e a retenção de sedimentos com barragens em ambientes erosivos são essenciais como partes da política de conservação do recurso hídrico. Todavia, nem tudo será resolvido, por ter partes do sistema natural entrado em condição de irreversibilidade.

**Palavras-chave:** Recurso hídrico. Deficiência hídrica. Bacia hidrográfica. Aquífero. Vale do Rio São Francisco.

## INTRODUÇÃO

O que é de fato déficit hídrico? Existem várias respostas possíveis. Dentre suas diversas perspectivas, o déficit hídrico pode ser abordado como meteorológico, hidrológico, vegetacional e socioeconômico.

Do ponto de vista meteorológico, enfoca-se mormente na precipitação, podendo também se ocupar da evaporação. No aspecto hidrológico, a circulação hídrica nos cursos d'água e nos sistemas aquíferos é o aspecto mensurável e o mais crítico. Em sua perspectiva vegetacional, a capacidade de fornecimento para as plantas, seja em ecossistemas nativos, seja em sistemas agrícolas, é o fator-chave. Em contrapartida, as plantas são um dos fatores mais notáveis para reservar a água e favorecer a infiltração. Na abordagem socioeconômica, a capacidade de atendimento às demandas hídricas humanas incorpora não apenas a existência de água

disponível, mas a capacidade de acessá-la e a eficiência no uso múltiplo desse recurso.

Uma resposta típica do domínio da agricultura é a seca invisível, na qual a água disponível não é suficiente para levar a planta agrícola à devida floração e frutificação, embora fique verde o tempo todo. Isto é apenas um tipo de déficit.

Pode-se, ainda, citar o baixo nível de ocorrência de chuvas, como em valores em torno de 600 mm/ano, que é sem dúvida um indicador crítico de déficit hídrico e característico de grande parte do Vale do Rio São Francisco. Esse valor cai dentro do índice de umidade com base na taxa entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial (NASA, 2015). Com efeito, o Vale do Rio São Francisco perpassa zonas úmida, semiárida e árida.

Pode-se também pensar, de maneira geral, sobre a geodinâmica superficial ex-

terna do Planeta (tema central do pensamento geológico em contrapartida à geodinâmica interna). Dentre alguns aspectos dessa geodinâmica citam-se:

- a) quando a água pluvial não for devidamente infiltrada nos solos e nos sistemas de rochas, especialmente nas zonas de recarga e áreas precisas de recarga dos aquíferos subterrâneos, como, por exemplo, em decorrência dos impactos sobre o uso da terra; isso compromete a circulação hídrica, tendo em vista a interconectividade entre águas subterrâneas, circulação superficial no solo e nos sistemas vegetacionais e sociais;
- b) quando o déficit pode ser oriundo da convergência de vários fatores que atuam sinergeticamente para produzir, de modo mais específico, modificações nas várias fases do trânsito da água:

<sup>1</sup>Geólogo, Dr.Sc.T., Pesq. EPAMIG, Prof. UFOP - Escola de Minas - Depto. Geologia, Belo Horizonte, MG, maerteyn@gmail.com

<sup>2</sup>Pós-Doutorando, SEI - Stockholm Environment Institute - Asia Centre/Bolsista CNPq, Bangkok, Tailândia, vitor.v.v@gmail.com

- capacidade de infiltração,
- seca de fontes,
- adensamento de solos (natural),
- compactação de solos (via processos mecânicos),
- encrostamento de solos (superfície rígida cozida pelo processo de umedecimento/ressecamento/insolação),
- solo com gretas de ressecamento (induzida ou natural),
- desmatamento,
- má prática agrícola,
- uso consuntivo abusivo,
- evapotranspiração aumentada,
- entupimento de calhas de cursos d'água que constitui, entre outros fatores, amplo espectro de questões desafiadoras para ordenar o território de modo conveniente a enfrentar o déficit hídrico.

Existem déficits que são devidos à distribuição e à variabilidade natural dos padrões climáticos, mas que, mesmo assim, são contemporizáveis por meios técnicos precisos, com suficiente adequação agrícola de culturas e cultivares. Enfim, a noção de déficit é relativa, apesar dos desertos naturais deficitários de fato. Todavia, qualquer que seja o aspecto do déficit, este afeta a produção e a produtividade agrícola, bem como o uso consuntivo em áreas urbanas e rurais.

Qualquer produtor rural, administrador público ou privado, deve-se certificar do tipo real de déficit em determinada região e, desse modo, adequar-se ao processo natural, ainda que impactado por atividades antrópicas agravantes. Nesse sentido, muitos dos impactos, quando aparecem como déficit, em geral não há de fato déficit natural, mas sim por convergência de situações impactantes, que são sinérgicas e produzem tal déficit. Este, mesmo em condições médias de vazões específicas, mantém a quantidade de água total usualmente escoada e não acumulada em aquíferos durante sucessivos anos,

descontadas as oscilações estocásticas da pluviosidade. Esse é um processo essencial de ser entendido, para se apreender a dinâmica das bacias hidrográficas e da circulação hídrica.

O objetivo deste estudo é entender a relatividade dos fatos e as noções sobre déficit hídrico versus abundância hídrica, bem como considerar os aspectos práticos como indicativos para soluções regionais e locais de como lidar com déficits hídricos.

### **BACIA HIDROGRÁFICA**

É a entidade natural principal, afora a atmosfera, na conjugação de todos os fatores telúricos e atmosféricos, onde se determina a condição hídrica e os demais aspectos dessa dinâmica. As condições sistêmicas de qualquer Bacia Hidrográfica são condicionantes para a circulação hídrica, para a abundância relativa de água disponível, para a oferta de água e para a qualidade natural dessas águas de diversas procedências. A capacidade de atender às demandas hídricas (ou seja, superar o déficit hídrico) abarca, portanto, a existência do recurso hídrico na quantidade/qualidade necessária para o referido uso. O aspecto qualidade de águas implica que nas águas subterrâneas existem famílias de águas nitrogenadas, sulfatadas, alcalinas etc., que podem estar disponíveis com esses íons e anions de modo notoriamente distintos entre os vários tipos de reservatórios subterrâneos. Em se tratando de águas superficiais, deve-se também ter em conta que podem ocorrer diferenças significativas, mas, em geral, espera-se que essas águas possam ter o pH em torno do valor 7 de referência, o que não é sempre verdadeiro. Variações de pH podem comprometer alguns tipos de usos da água in natura.

A noção de disponibilidade hídrica depende de vários fatores, tais como: pluviosidade reinante em várias partes da Bacia; capacidade de absorção de umidade pelos solos e sistema de rochas do substrato como determinante da existência de vários tipos de aquíferos subterrâneos.

### **Pluviosidade reinante em várias partes da Bacia**

Uma análise mais detalhada dos contornos naturais do déficit hídrico merece ir além da simples precipitação média anual, abarcando, ao menos, a distribuição sazonal e a intervariabilidade anual. A Figura 1 mostra um caso típico importante de variabilidade pluvial no Vale do Rio Paracatu SF7 (45.060 km<sup>2</sup>), maior afluente do Rio São Francisco.

### **Capacidade de absorção de umidade pelos solos**

De acordo com Cruz (2009), a capacidade de campo pode ser entendida como a quantidade de água retida pelo solo, após a drenagem ter ocorrido ou cessado em um solo previamente saturado por chuva ou irrigação. Isto é, a quantidade de água retida pelo solo, quando a condutividade hidráulica não saturada torna-se tão pequena, que o fluxo de água pode ser considerado zero.

A capacidade de campo é um ponto de partida útil para avaliar a disponibilidade de água nos solos e está diretamente relacionada com a textura destes. Porém, a capacidade de fornecimento de água às plantas necessita de compreensão mais ampla sobre o sistema hídrico-edáfico, tais como a divisão entre água disponível e água hidroscópica, a profundidade da zona vadosa e da zona de capilaridade, bem como a variação sazonal da circulação hídrica sub-superficial. Solos com grande capacidade de drenagem e sem aquífero freático raso, como é o caso de neossolos (quartzarênicos e litólicos) e latossolos, predominantes em vastas áreas no Brasil, apresentam condições críticas em relação ao déficit hídrico nos períodos de estiagem.

### **Sistema de rochas do substrato como determinante da existência de vários tipos de aquíferos subterrâneos**

Dentre esses tipos de aquíferos citam-se:

- a) sistemas isolados;
- b) sistemas confinados;

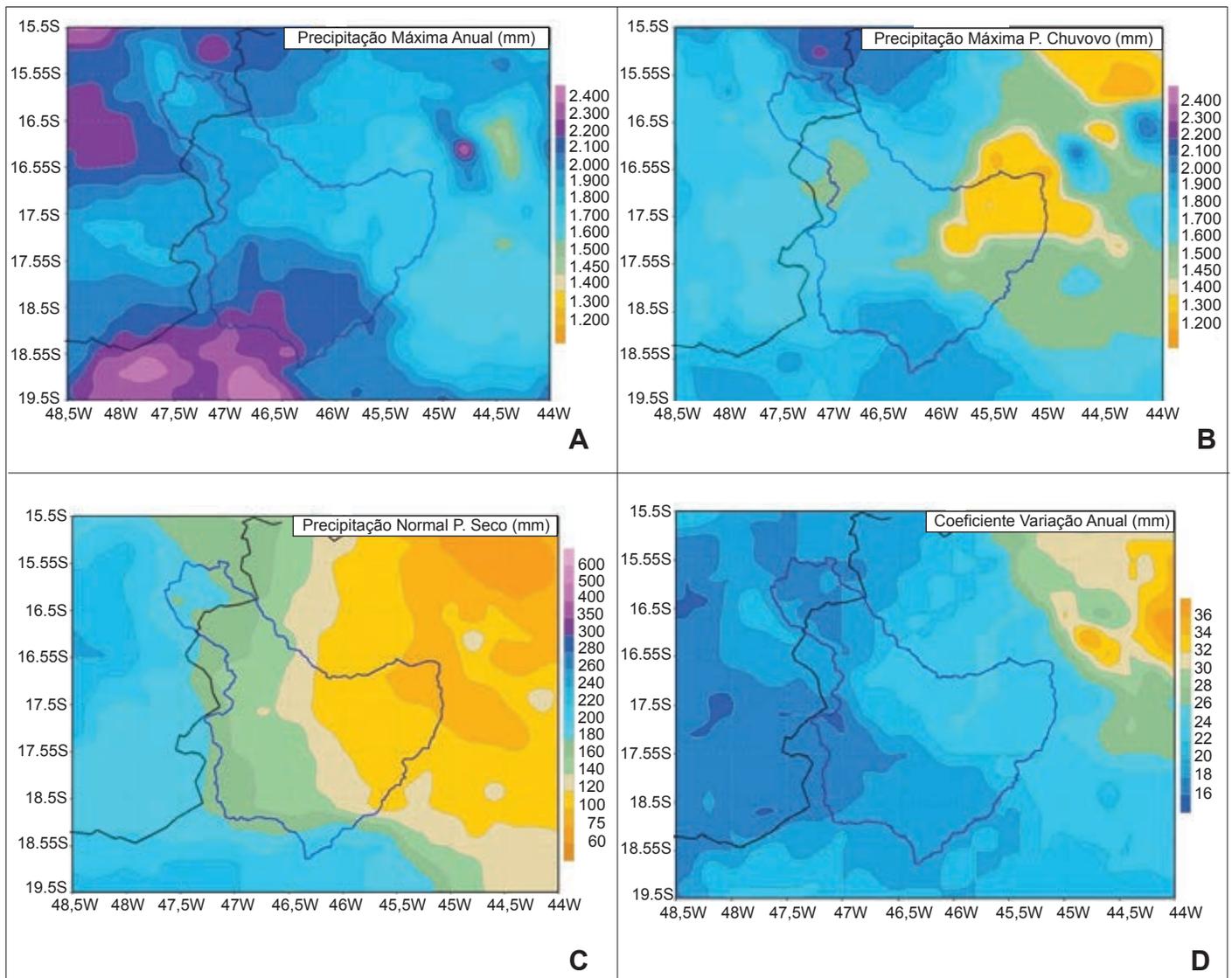


Figura 1 - Variabilidade pluvial no Vale do Rio Paracatu

FONTE: Nunes (2006).

NOTA: Essas formas de medir a pluviosidade são indispensáveis para se considerar o espectro abundância x déficit de modo claro, e permite o planejamento do uso consuntivo. No caso da Bacia do Paracatu, ocorre uma divisão da pluviosidade alinhada NO-SE (A, B, C e D), indicada nos quatro exemplos analítico-cartográficos das chuvas de 40 anos de observação. A precipitação máxima anual |2.300 a 1.800 mm| é relativamente pequena no total da área. A precipitação normal do período seco |75 a 180 mm| é muito seco no intervalo de uns 6 meses/ano.

- c) sistemas em um único andar estratigráfico, local ou mesmo regional (Fig. 2);
- d) sistemas em andares estratigráficos superpostos, locais ou regionais;
- e) sistemas estratificados com intercomunicação, por meio de estruturas rúpteis com expressão sub-regional, como o efeito das mesofraturas em rochas portadoras de aquíferos;

- f) sistemas de intercomunicação, por meio de situação de rochas extrusivas posteriormente sepultadas na continuidade do ciclo sedimentar;
- g) sistemas cársticos, que são singulares entre as rochas sedimentares.

Todos esses sistemas dividem-se em tipos de aquíferos que dependem dos tipos de rochas. Portanto, trata-se da combinação de rochas.

Os vários tipos de rochas graníticas permitem aquíferos fraturados e também confinados, que são, por vezes, idênticos. As rochas sedimentares granulares formam os aquíferos freáticos, muitas vezes com abundantes volumes de água em vastas regiões. O Aquífero Guarani (Minas Gerais à Argentina) é um notável caso típico (Fig. 2).

As rochas vulcânicas formam aquíferos típicos doadores de águas minerais, *stricto sensu*. As rochas carbonáticas cálcio (Ca)

e magnésio (Mg) favorecem a formação dos aquíferos cársticos. Sedimentos superficiais formam quase aquíferos de alta transiência entre infiltração e exsudação.

As estratificações de rochas sedimentares podem permitir aquíferos também estratificados, isto é, em diferentes rochas sobrepostas, mas seladas entre estas quanto à percolação entre os estratos rochosos. Esses são alguns quadros de situações possíveis entre diferentes Bacias Hidrográficas.

Deve-se ter em conta que a contribuição pluvial em processos de escoamento superficial mais lentos, passando por solos e aquíferos de alta transiência, tem grande importância na disponibilidade da água (Fig. 3). *Mutatis mutandis*, a não existência abundante desses tipos de aquíferos, sobretudo os de melhor reservatórios, favorece a condição de escassez (Fig. 4).

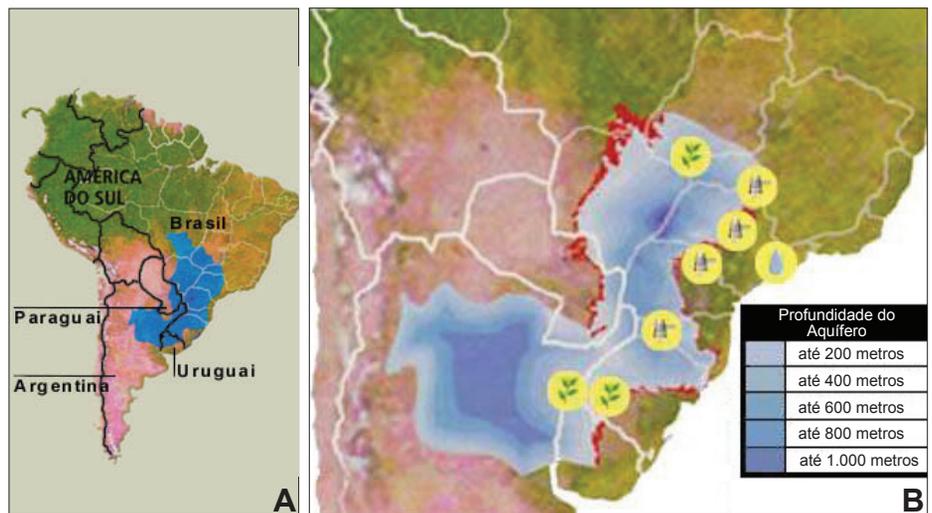


Figura 2 - Mapa de localização do Aquífero Guarani

FONTE: Departamento Autônomo de Água e Esgotos (200-).

NOTA: A - Situação na América do Sul; B - Situação nos Estados das Regiões Sudeste e do Sul do Brasil, no Uruguai, na Argentina e no Paraguai.

Este aquífero varia em profundidade de 200 m a 1.000 m, o que é indicador da situação do arenito Botucatu, dentro da Bacia Sedimentar do Paraná.

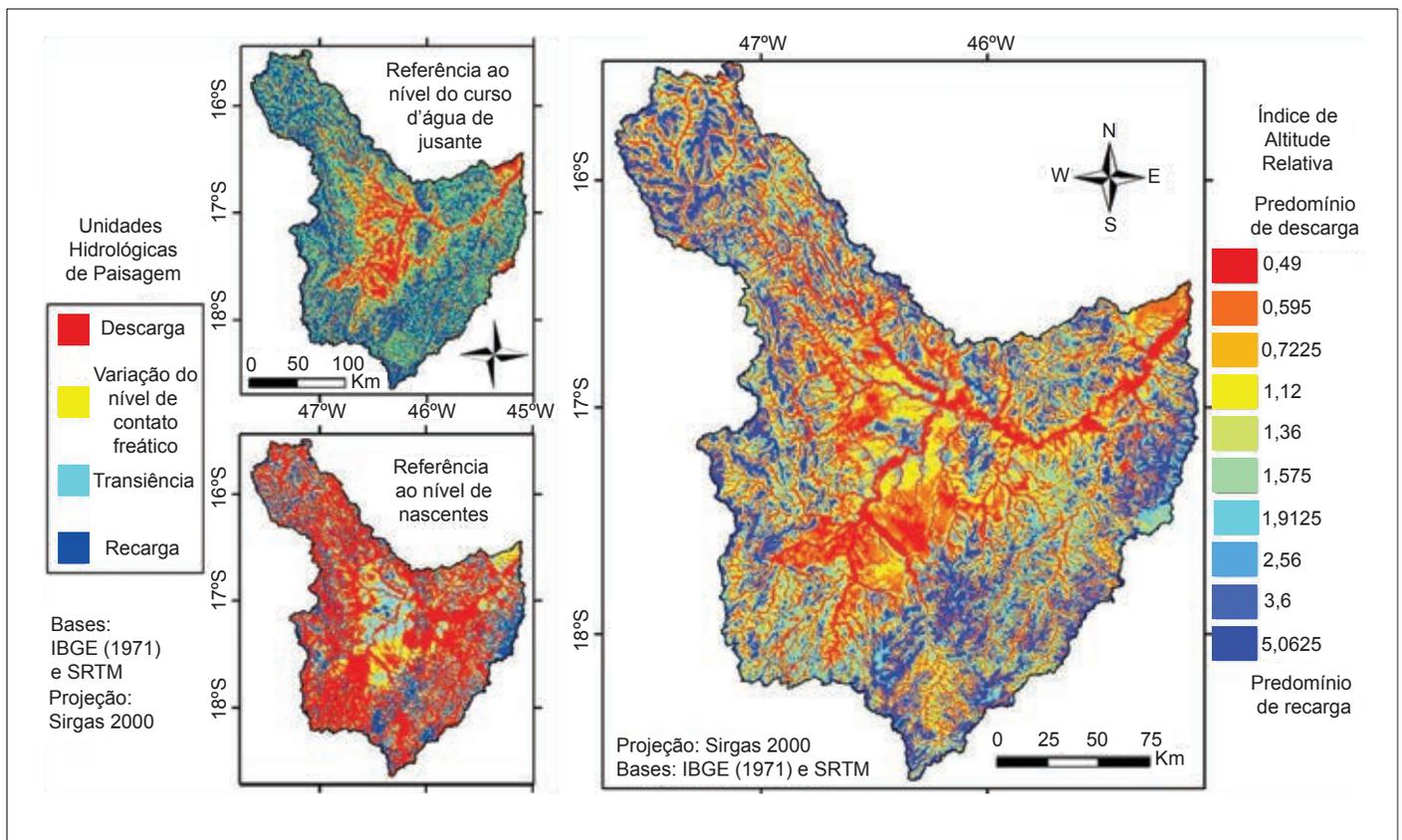


Figura 3 - Unidades hidrológicas de paisagem na região do Vale do Rio Paracatu

FONTE: Vasconcelos (2014).

NOTA: A altitude em relação aos cursos d'água e, especificamente, às nascentes, pode servir como um critério de referência para delimitar unidades hidrológicas de paisagem, onde ocorre, respectivamente, o predomínio de recarga, transiência e descarga dos aquíferos em uma Bacia Hidrográfica. O impacto do uso do solo nas áreas de recarga pode gerar um impacto em toda a cadeia de circulação subterrânea.

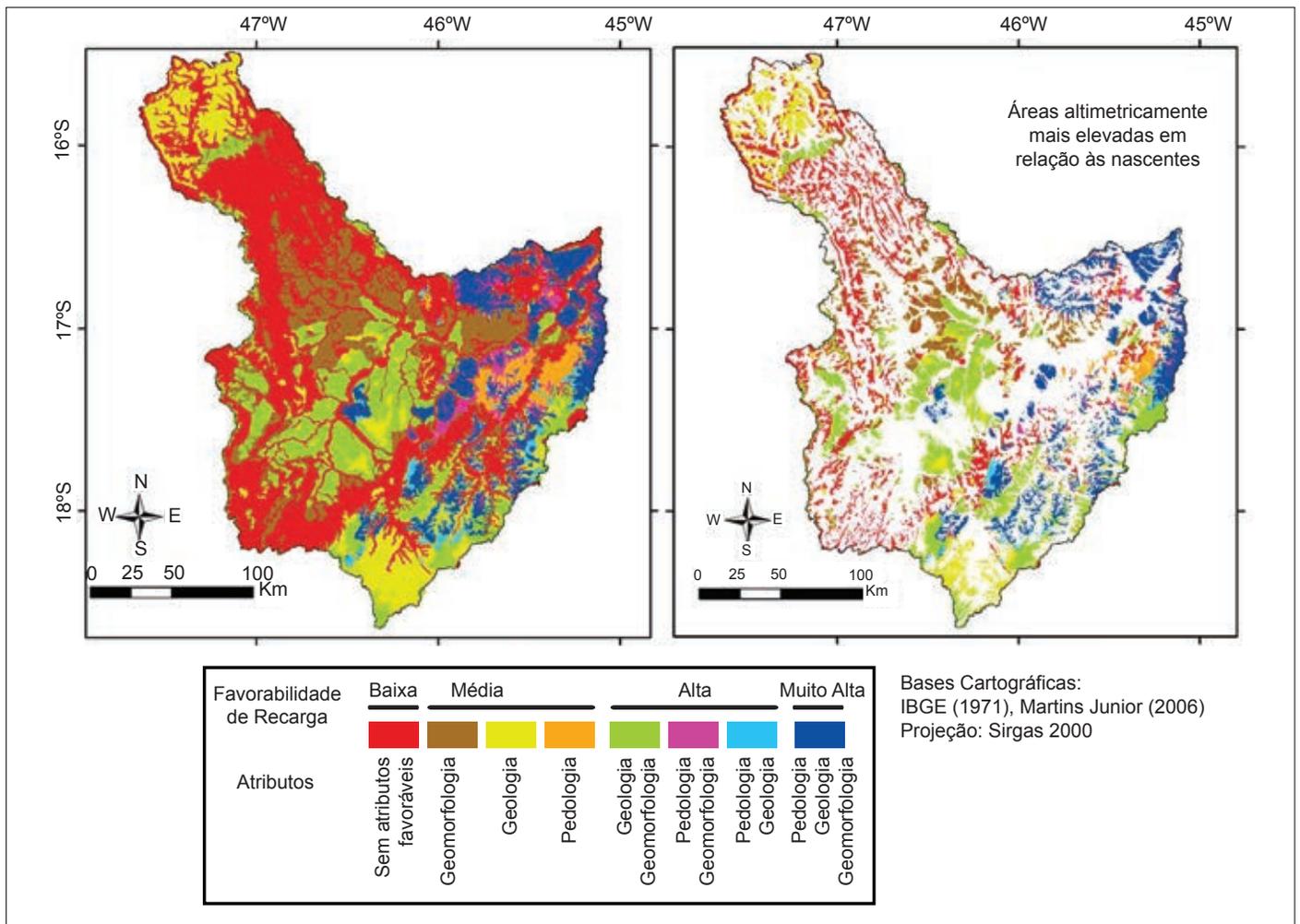


Figura 4 - Mapa de áreas de favorabilidade de recarga de aquíferos

FONTE: Vasconcelos (2014).

NOTA: No contexto da abundância x déficit, a gestão e o uso dessas áreas têm particular importância para a segurança hídrica e, portanto, os agricultores e os projetos agrícolas permissíveis devem obedecer a exigências de boas práticas, cujo aspecto segurança da infiltração pluvial é o de maior importância, especialmente nas áreas altimetricamente mais elevadas, em relação às nascentes, e nas áreas precisas de recarga dos aquíferos.

## CONDIÇÕES PARA ESCASSEZ HÍDRICA

Os fatores citados podem ser combinados de diversas formas em uma Bacia Hidrográfica, tais como a variabilidade da pluviosidade, da densidade do fluxo de radiação solar, da nebulosidade sub-regional, da evaporação potencial e da evapotranspiração potencial *stricto sensu*, da recarga e da exsudação, que são dinâmicos e estruturais naturais no processo geral da disponibilidade hídrica.

A combinação dos fatores naturais pode ser reconhecida como déficit hídrico

co em função das características intrínsecas à Bacia, da demanda e da tecnologia disponível para os grandes consumidores urbanos, industriais e agrícolas. Esses três fatores antrópicos, juntamente com as condições naturais, vão compor a evidência de abundância hídrica e de déficit hídrico. No limite, os aspectos naturais podem ser considerados deficitários para quaisquer tipos de demandas e de soluções tecnológicas disponíveis, haja vista a excessiva e crescente demanda de regiões metropolitanas, como casos críticos.

## FATOR ANTRÓPICO COMO AGENTE GERADOR DE DÉFICIT HÍDRICO

Tomando-se a Região Nordeste do Brasil como exemplo comum, pode-se considerar o sertão da Caatinga como deficitário, em função das expectativas humanas, e isto está muito centrado no aspecto da pluviosidade. Todavia, esta não é a situação no Vale do Rio São Francisco que, por referência, tem sido naturalmente considerado satisfatório em fornecimento de água, mesmo na região Semiárida do Vale. Neste, o que se reconhece é o fator antrópico como mais crítico e impactante

te, descontado toda perda de pluviosidade que possa advir da mudança climática em processo. O mesmo pode ser observado no Vale do Rio Paracatu (Fig. 5 e 6).

## DESAFIOS SOBRE A REVITALIZAÇÃO DO VALE DO RIO SÃO FRANCISCO

O Vale do Rio São Francisco é um dos notáveis entre as Bacias Hidrográficas da América do Sul. Participa quase totalmente do bioma Cerrado e abriga ricas terras com agricultura intensiva, florestamento com *Eucalyptus* spp., grandes indústrias, minerações, a região metropolitana de Belo Horizonte, parte da região metropolitana de Brasília, numerosas cidades, hidrelétricas e outros aspectos da economia nacional. A ocupação histórica do Vale, desde a década de 1970, quando se entendeu como lidar com os solos do Cerrado, tornou-se perigosamente drástica para o equilíbrio ambiental da região, com impactos diversos ao longo de todo o seu território – desmatamento, intervenção na circulação hídrica, inundação de veredas, irrigação, evaporação incrementada, dentre outros fatores sinérgicos.

Em estudos realizados no National Center for Atmospheric Research, com dados coletados entre 1948 e 2004 sobre os 925 maiores rios do Planeta, entre as bacias do Brasil obteve-se, para a do São Francisco, a descrição de vazão específica com perda de 35% nesse intervalo de tempo (AIGUO et al., 2009).

Esses resultados coincidem com as reclamações e constatações já ocorridas em múltiplas reportagens pela TV, sobre o estado do talvegue do Rio São Francisco, que, em muitos trechos, perdeu profundidade de 6 m para 1 m, impossibilitando qualquer tipo de navegação. Enquanto a perda de vazão é perceptível por estudos climatológicos, outros impactos são parte fundamental do processo dessa perda. Martins Junior et al. (2012) especificaram um método para tratar com impactos em Bacias Hidrográficas, e neste são indicados três tipos de macrovariáveis, a saber:



Figura 5 - Caso típico e ilegal de destruição de vereda em Paracatu para uso agrícola - 2004

NOTA: Considerada má solução pelo fato ecológico, bem como por perturbar a circulação hídrica e aumentar o potencial de evaporação em situação de alta insolação e baixa umidade real e relativa. Soluções com grandes cisternas evitariam a inundação e a evaporação intensiva – localidade 23 / X 306214 / Y 8104220 / Z 580 – estrada para a cidade de Unaí.



Figura 6 - Vista da estrada para Rio Verde com a cidade Guarda-Mor, ao fundo à direita - 2004

NOTA: As amplas extensões de agricultura intensiva (agronegócio), no Vale de Entre RIBEIROS, têm sido provocadoras de grande perda hídrica, tanto pela irrigação com pivôs centrais de 100 ha, quanto pela aspersão a mais de 3 m de altura com relação à plantação. Localidade 47 / X 272108 / Y 8037468 / Z 820 /

- a) área do impacto, não importando de qual tipo;
- b) intensidade do impacto;
- c) repercussão do impacto nas formas de impactos sucessivos.

No Quadro 1, foram selecionados, dentre os 25 tipos de impactos básicos, 17 que

ocorrem de modo intenso em todo o Vale do Rio São Francisco, com os respectivos impactos por repercussão. Esses não são todos determinantes da redução de vazões específicas de mínima, média e longa duração, conforme o observado entre 1948 e 2005. Devem ser computados como parte das perdas não só de vazão, mas também

ambiental de outros tipos, tornando bem mais vasto o espectro desses problemas.

Ao obter confirmação científica sobre a Bacia do Rio São Francisco, dentre as 925 maiores do Planeta, fica evidente que o resultado previsto nos impactos enumerados no Quadro 1, com o de número 6 como consequência ou de repercussão, é, portanto, para ser considerado como resultado final de todo o processo integrado de destruição ambiental, que envolve exatamente, os 17 tipos mostrados no Quadro 1.

Não se tem conhecimento pleno da distribuição desses tipos de impactos em todas as sub-bacias de modo sistemático, de tal forma que se possa tomar decisões absolutamente consistentes e não ao modo de julgamentos sobre questões locais, como tem sido o caso. A visão integrada de Bacia Hidrográfica tem faltado apesar dos Planos de Recursos Hídricos feitos para várias Bacias. Longe está de se ter um diagnóstico causal de muito boa qualidade. Assim, resta um grande desafio de caracterizar o que venha a ser revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco em termos:

- a) que seja um diagnóstico causal e associado à geodinâmica externa do Planeta;
- b) que a real percepção dos resultados das ações antrópicas seja estabelecida em estudos comparativos com aerofotos de 1964, e as situações atuais, para saber quais as verdadeiras perdas e as tendências dessas situações;
- c) do reconhecimento de verdadeiras irreversibilidades sistêmicas já ocorridas;
- d) do que se pode mitigar em quadro de prioridades críticas;
- e) de como mitigar dentro de um efetivo programa ecológico econômico.

Neste sentido, tem-se como um axioma de tipo ecológico econômico, assim

QUADRO 1 - Tipos de impactos que ocorrem extensivamente no Vale do Rio São Francisco, os quais constituem um estado de degradação e catástrofe ambiental

(continua)

Impactos típicos	Características de repercussão
1 - Encrostamento, compactação e adensamento localizado de solos	Geralmente local, quando em início de processo. Aumenta o escoamento superficial durante as chuvas.
2 - Desmatamento controlado feito segundo critérios de legítimo uso da terra com conservação de sistemas naturais	Impacto de perda florestal. Espera-se produzir impacto, sem repercussão.
3 - Desmatamento realizado de forma descontrolada e não sistêmica	Produz perda de espécies ou atua nessa direção. Aumenta, possivelmente, a descontinuidade floral. Pode afetar a circulação hídrica.
4 - Desmatamento extensivo e aniquilador de ecossistemas	Contribui para o fim de ecossistemas locais ou de pequena extensão. Compromete a existência da fauna. Aumenta a descontinuidade floral. Pode afetar a circulação hídrica. Pode atuar como indutor de erosão.
5 - Ruptura do processo de infiltração da água pluvial nas zonas de recarga dos aquíferos subterrâneos	Aumenta o escoamento superficial durante chuvas e pós-chuvas. Diminui a infiltração. Compromete a quantidade de água reservada. Pode induzir à erosão.
6 - Diminuição das vazões específicas de curto, médio e longo prazos	Essa diminuição pode resultar de impactos na circulação hídrica, de diminuição do processo de infiltração, de mudança climática. Podem ser conjugadas ao mesmo tempo as relações desses itens citados.
7 - Processos erosivos em vários estádios de adiantamento	Perda de solos produtivos. Perda universal de solos, acelerada ainda que sem erosão explícita. Instabilidade com impactos sobre obras humanas. Desastres coletivos sobre obras humanas. Perdas de vidas humanas.
8 - Áreas extensivas com encrostamento de solos	Aumento expressivo de escoamento superficial. Perda expressiva do processo de infiltração. Perda de nutrientes de solos. Perda de produtividade agrícola, pastoril e florestal.
9 - Enrijecimento de solos com pisoteio de gado	Produção de caminhos nas vertentes. Endurecimento progressivo dos caminhos e do solo na pastagem. Eventual aumento de escoamento superficial.
10 - Exploração indevida de veredas	Efeitos na circulação hídrica e na variação da quantidade de água para menos, pelo aumento de evaporação.

Impactos típicos	Características de repercussão
11 - Represamento de veredas pelas rodovias	Aumento de evaporação. Destruição do ecossistema associado. Morte dos Buritis.
12 - Ressecamento definitivo de áreas de inundação permanente e periódicas	Morte do ecossistema associado. Impacto sobre a circulação hídrica. Diminuição das vazões específicas.
13 - Produção de descontinuidade floral ao longo do bioma com remanescentes de matas isoladas	Impactos sobre a reprodução da vida animal. Perda de espécies. Impactos sobre a flora que permanecer existente. Destruição progressiva do bioma. Alteração possível da circulação hídrica. Impactos possíveis sobre o solo. Eventualmente favorece a erosão.
14 - Construção inadequada de barramentos de quaisquer tipos	Inundação que pode destruir ecossistemas e ecotopos. Perda de área agrícola, de área florestal, de áreas urbanas e de propriedades rurais. Perda de patrimônio intangível como a paisagem.
15 - Queimadas de origem antrópica	Propagação de incêndios de grandes proporções. Perda de espécimens da fauna, de amplas áreas de vegetação natural e de obras humanas. Poluição atmosférica. Aumento de CO <sub>2</sub> na atmosfera. Favorecimento de doenças alérgicas e respiratórias.
16 - Impedimento dos processos reprodutivos das espécies de animais existentes no bioma	Morte progressiva da fauna nas localidades. Extinção de espécies nas localidades.
17 - Indução à erosão propiciada pela construção de vias, tanto asfaltadas quanto de terra batida	Erosão nas vertentes para fora da estrada e sobre a estrada, além de erosão da própria estrada. Desestruturação da paisagem. Perda de solos. Aumento de sedimentos em circulação.

FONTE: Martins Junior et al. (2012).

conceituado: “Não há solução ecológica possível sem solução econômica que a fundamente”<sup>3</sup>.

Esse desafio necessita de uma política nacional de revitalização e o estado de Minas Gerais tem especial posição de responsabilidade diante dos fatos.

Enquanto a agricultura, silvicultura e as pastagens têm especial posição no produto interno bruto (PIB) do Brasil, e posição importante para evitar a fome no mundo, com demanda da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), para que o Brasil aumente sua produção em

40% até 2050, em um quadro de demanda mundial que crescerá 60% (GLOBO ECOLOGIA, 2013), deve-se, forçosamente, reconhecer que será necessária profunda revisão conceitual e das práticas de gestão, que reformulem as condições vigentes.

De outro modo, o futuro estará comprometido e fadado a uma morte já pré-anunciada e em processo. O papel dos agricultores intensivos e dos agricultores familiares é indistinto e inquestionavelmente fundamental para o sucesso da conservação, da mitigação e de soluções ecológicas e econômicas para as Bacias.

No ano de 2009, saiu a publicação do trabalho de Aiguo et al. (2009), relatando a perda de vazão em 35% e, desde então, o regime de chuvas no Sudeste do Brasil mudou, de modo que pode ser um ciclo de 40 ou 50 anos, como pode ser efeito da mudança climática, ou, ainda, a superposição de ambos. Como estará atualmente a vazão do Rio São Francisco, se o testemunho dos residentes é que as fontes continuam a secar de modo difundido. Em muitas partes das Bacias dos rios de diversas ordens, tal como o Rio São Francisco, também perdem calado para a navegação.

### SITUAÇÕES INTERMEDIÁRIAS ENTRE ABUNDÂNCIA E DÉFICIT EFETIVO

Como descrito, o déficit hídrico não é uma definição e nem uma condição absoluta, exceção feita para os desertos. Entre os diversos fatores antrópicos positivos que podem transformar qualquer situação de demanda hídrica em demanda atendida estão os vários aspectos tecnológicos, não só de uso da água, mas também de soluções agrícolas, urbanas e industriais diversas (Fig. 7).

### SOLUÇÕES TÉCNICAS RELATIVIZANTES

Muitas técnicas disponíveis são soluções de engenharia, tais como a constru-

<sup>3</sup>Axioma do autor Paulo Pereira Martins Júnior.

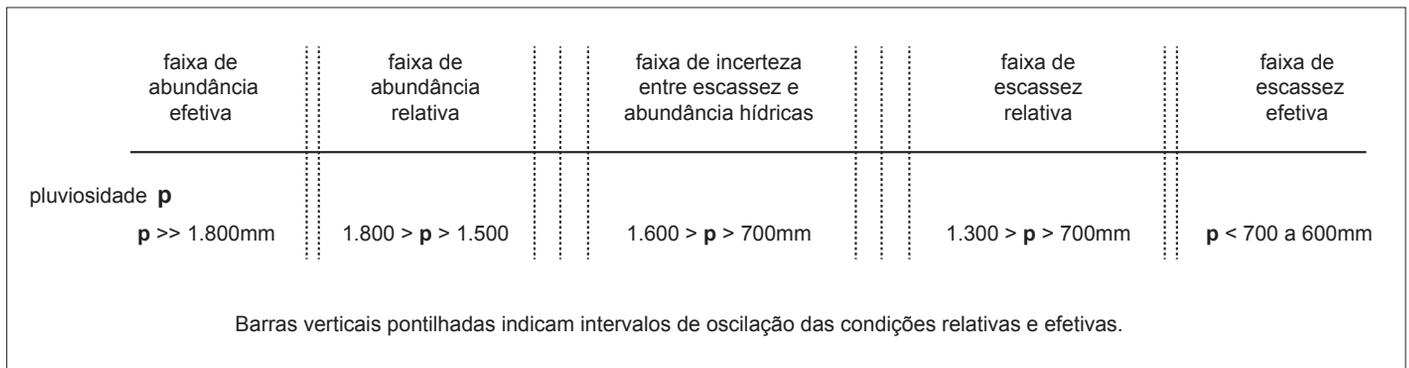


Figura 7 - Representação esquemática das condições de abundância efetiva a déficit efetivo e relativo, tendo como referência indicadores relativos de pluviosidade

NOTA: Essas condições devem receber tratamento adequado para todo e qualquer tipo de produção que se pretenda implantar ou que já esteja implantada. As barras verticais indicam intervalos abertos de variabilidade.

ção de barragens de areia e cascalho, com as quais se podem criar reservatórios análogos subterrâneos que acumulam água, e, quando necessário, com poços tubulares com os quais se pode captar água por bombeamento.

A captura da água de chuva é bem possível em grandes reservatórios com sistema de cobertura que fique fechado fora da fase chuvosa, para assim evitar a evaporação.

O uso de água subterrânea pode ser controlado, para que, no devido tempo de retorno, mantenha-se a circulação hídrica de modo adequado à demanda em função da infiltração, dependentemente das condições de recarga e dos regimes pluviais.

O reúso em diversas formas em indústrias, cidades e mesmo em propriedades rurais contribui para o atendimento geral das demandas hídricas e relativização do déficit eventual.

O uso de adutoras, em vez de canais abertos de irrigação, é crucial para evitar a evaporação em climas sub-regionais em geral muito secos. Toma-se como anti-exemplo a construção dos canais de irrigação na transposição do pressuposto 1% de vazão transferível do Rio São Francisco para a Região Nordeste. Os canais de irrigação no Vale do Paracatu são notáveis focos de evaporação irrestrita, em muitos casos pelo uso displicente da aspersão.

A prática da agricultura com plantas nativas, pré-adaptadas aos contextos hí-

drico-edáficos locais, em especial aquelas plantas não usuais na alimentação, é não menos importante do que a agricultura com plantas culturalmente herdadas dos ancestrais europeus. Segundo Kinupp e Lorenzi (2014), o bioma Cerrado é rico daquelas plantas não convencionais. Esses autores descrevem 351 espécies de vários biomas. O uso sistemático, tanto extrativista como em plantios mais intensivos, de muitas dessas plantas, poderá evitar o consumo de água com irrigação e o uso de insumos em razão da adaptabilidade ser natural.

Essas soluções indicadas, entre muitas outras possíveis, apontam para o fato de que o limite entre abundância e déficit hídrico pode ser oscilante em função das condições naturais, e das possibilidades técnicas servirem como soluções ecológicas econômicas. Essa variabilidade da abundância à escassez de água pode e deve ser usada como oportunidade para o aumento da base tecnológica do Brasil.

Nesse contexto, é necessário agir como sociedade civil, cientistas, engenheiros e empresas, com o apoio dos governantes, para que se possa salvar a Bacia do Rio São Francisco, com soluções ecologicamente equilibradas e economicamente viáveis.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espectro abundância x déficit hídrico tem algumas zonas de relatividade em

que a vivência social pode ser de privação ou de satisfação dentro de quadros de soluções ecológicas econômicas presentes ou ausentes.

Toda a reflexão sobre o tema aponta para o fato de que existem soluções, mas que, para todas, serão sempre necessárias mudanças, tanto de compreensão do tema como cultural e de paradigmas ecológico e econômico.

Fica entrevisto um horizonte de soluções agrícolas e florestais para reformar ou ampliar hábitos alimentares com significantes e já sabidos ganhos em valores nutricionais com plantas não convencionais, com as quais a noção de déficit hídrico quase pode desaparecer em várias sub-regiões do Vale do Rio São Francisco.

Deve ficar claro também que as indicações dos tipos de aquíferos subterrâneos citados apontam para o fato de que os localizados dentro da Bacia, embora bons fornecedores de água, são muito sensíveis aos impactos antrópicos. Considerando-se os tipos de substratos rochosos, pode-se ter certeza que os aquíferos são de tipos menores em reservatórios, sensíveis sob o aspecto da recarga, e muitos são superficiais, aqui descritos como de maior transiência. Nesta situação, em atenção para as zonas de recarga e para as áreas precisas de recarga, sobre as quais se encontram agriculturas intensivas, são necessárias reformulações expressivas de modos de usos da terra.

A lista de impactos entendidos como locais com área própria, intensidade e repercussões faz parte do processo de degradação da Bacia e do Rio, em muitos casos em situações quase e/ou mesmo irreversíveis.

Enfim, existe ainda esperança para uma nova e rigorosa política aplicada para gestão da Bacia, que necessariamente não poderá ter o aspecto frouxo como o que se pratica atualmente.

### AGRADECIMENTO

Ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), à Financiadora de Estudos e Projetos (Finep); ao Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo suporte a vários projetos.

### REFERÊNCIAS

AIGUO, D. et al. Changes in continental freshwater discharge from 1948 to 2004. *Journal of Climate*, v. 22, n. 10, p. 2773-2792, May 2009.

CRUZ, J.C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 5.ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa. Sistemas de Produção, 2).

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTOS. **Aquífero Guarani**. Araraquara, [200-]. Disponível em: <<http://www.daaearaquara.com.br/guarani.htm>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

GLOBO ECOLOGIA. **Até 2050, a produção mundial de alimentos deverá crescer 60%**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globoecologia/noticia/2013/06/ate-2050-producao-mundial-de-alimentos-devera-crescer-60.html>>. Acesso em: 3 jul. 2013.

KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PNAC) no Brasil**: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 351p.

MARTINS JUNIOR, P.P. et al. **Sistemas de arquitetura de conhecimentos e de auxílio à decisão na gestão geo-ambiental e econômica de bacias hidrográficas e propriedades rurais**. Belo Horizonte: CETEC; Ouro Preto: UFOP, 2012. 2v.

NASA. Global Change Master Directory. **Global humidity index**. [Washington], 2015. Disponível em: <[http://gcmd.gsfc.nasa.gov/KeywordSearch/Metadata.do?Portal=GCMD&MetadataType=0&MetadataView=Full&KeywordPath=&EntryId=%5BGCMD%5Dgeodata\\_0063](http://gcmd.gsfc.nasa.gov/KeywordSearch/Metadata.do?Portal=GCMD&MetadataType=0&MetadataView=Full&KeywordPath=&EntryId=%5BGCMD%5Dgeodata_0063)>. Acesso em: 18 mar. 2015.

NUNES, H.M.T.; NASCIMENTO, O.B. do. Base de dados meteorológicos: Nota Técnica NT-CRHA 17/2004. In: MARTINS JUNIOR, P.P. (Coord.). **Projeto CRHA**: Memória Técnica da Fundação CETEC. Belo Horizonte: CETEC, 2006. 40p. Financiamento MCT/FINEP/Fundo Setorial CT-Hidro - 2002.

VASCONCELOS, V.V. **Recarga de aquíferos**: subsídios à gestão hídrica e ambiental - Bacia do Rio Paracatu - SF7. 2014. 275p. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

Cartilhas  
Folderes  
Circulares técnicas  
Informe Agropecuário  
Boletim Técnico  
Série Documentos



Confira no site  
**www.epamig.br**

Publicações/PUBLICAÇÕES DISPONÍVEIS





# INSTRUÇÕES AOS AUTORES

## INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, bimestral, de caráter técnico-científico e tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa agropecuária, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, técnicos, extensionistas, empresários e demais interessados. É peça importante para difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Publicações da EPAMIG e pela Comissão Editorial da Revista, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá de um a três Editores técnicos, responsáveis pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

## APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados em CD-ROM ou por e-mail, no programa Microsoft Word, fonte Arial, corpo 12, espaço 1,5 linha, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

Os quadros devem ser feitos também em Word, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla Enter para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de um quadro.

Os gráficos devem ser feitos em Excel e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 6 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter autoria. Podem ser enviados, preferencialmente, os arquivos originais da câmera digital (para fotografar utilizar a resolução máxima). As fotos antigas devem ser enviadas em papel fotográfico (9 x 12 cm ou maior), cromo (slide) ou digitalizadas. As fotografias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm na extensão JPG.

Não serão aceitas fotografias já escaneadas, incluídas no texto, em Word. Enviar os arquivos digitalizados, separadamente, na extensão já mencionada (JPG, com resolução de 300 DPIs).

Os desenhos feitos no computador devem ser enviados na sua extensão original, acompanhados de uma cópia em PDF, e os desenhos feitos em nanquim ou papel vegetal devem ser digitalizados em JPG.

## PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os colaboradores técnicos da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo Editor técnico, pela Revisão e pela Normalização. A não observação a essas normas trará as seguintes implicações:

- os colaboradores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- os colaboradores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo Editor técnico.

O Editor técnico deverá entregar ao Departamento de Informação Tecnológica (DPIT), da EPAMIG, os originais dos artigos em CD-ROM ou por e-mail, já revisados tecnicamente (com o apoio dos consultores técnico-científicos), 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão linguística e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

## ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer à seguinte sequência:

- título:** deve ser claro, conciso e indicar a ideia central, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem a sua compreensão;
- nome do(s) autor(es):** deve constar por extenso, com numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e endereço. Exemplo: Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas/Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, e-mail: ctsm@epamig.br;
- resumo:** deve ser constituído de texto conciso (de 100 a 250 palavras), com dados relevantes sobre a metodologia, resultados principais e conclusões;
- palavras-chave:** devem constar logo após o resumo. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título;
- texto:** deve ser dividido basicamente em: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e enfatizar o objetivo do artigo;
- agradecimento:** elemento opcional;
- referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicações da EPAMIG”, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

**NOTA:** Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicações da EPAMIG”. Para consultá-lo, acessar: [www.epamig.br](http://www.epamig.br), em Publicações/Publicações Disponíveis ou Biblioteca/Normalização.



# MINAS GERAIS

## A POTÊNCIA DO AGRONEGÓCIO

O AGRONEGÓCIO MINEIRO É DESTAQUE NACIONAL. MINAS ESTÁ NO TOPO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA E PECUÁRIA DO BRASIL.

- 1º lugar em produção de café – 23,3 milhões de sacas
- 1º lugar em produção de leite – 9,3 bilhões de litros
- 1º lugar em produção de batata – 1,17 milhão de toneladas
- 1º lugar em área de florestas plantadas – 1,53 milhão de hectares
- 1º lugar em criação de equinos – 760 mil cabeças
- 2º maior rebanho bovino – 24,2 milhões de cabeças
- 2º lugar em produção de feijão – 529 mil toneladas

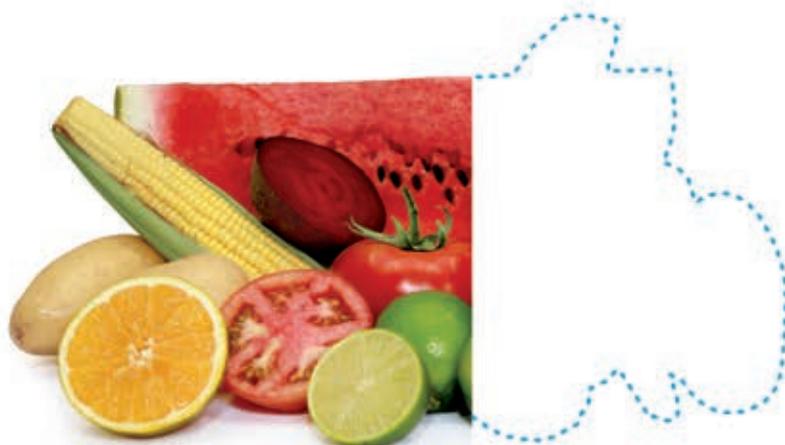
Com o apoio do SISTEMA FAEMG, nosso campo leva mais alimentos de qualidade até a sua mesa.

sistematicaemg.org.br  



A UNIÃO E A FORÇA DO CAMPO

Irrigar com responsabilidade  
é o nosso dever.  
Ajudar o mundo na  
produção de alimentos  
é a nossa missão.



Você  
sabia?

- A água é absorvida pela plantação e o excedente pelo solo, retornando ao lençol freático, voltando a fazer parte do ciclo hidrológico.
- A irriga o permite a produ o de alimentos o ano todo, inclusive nos períodos de seca. Isso   fundamental para manter preços viáveis ao consumidor.



ValleyOficial



valmontbrasil



valley.valmont



PivotValley.com.br

**VALLEY**

UM PRODUTO **valmont**