

AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

PRODUTIVO E INOVADOR



UNIARAXÁ
ENSINO DE EXCELÊNCIA

José Carlos da Silva
Rafael Tadeu de Assis
Paulo Roberto Fávero de Fravet
Organizadores

AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

PRODUTIVO E INOVADOR



Uberlândia - MG

2018

Editores responsáveis

José Carlos da Silva
Rafael Tadeu de Assis
Paulo Roberto Fávero de Fravet

Capa

Lucíola Montovani Marques
Setor de Marketing Uniaraxá

Revisores

José Carlos da Silva
Rafael Tadeu de Assis
Paulo Roberto Fávero de Fravet

Revisão Ortográfica

Fabíola Cristina Melo
Adriene Costa de Oliveira Coimbra

Diagramação

Cristiane Oliveira

Impressão e acabamento

Composer Arte e Editora

Ficha catalográfica

Maria Clara Fonseca
Bibliotecária – CRB 6 / 942

Agronegócio brasileiro : produtivo e inovador / organização: José Carlos da Silva, Rafael Tadeu de Assis e Paulo Roberto Fávero de Fravet. Uberlândia: Composer, 2018.

178 p : il.

ISBN 978-85-8324-064-8

1. Agricultura. 2. Economia agrícola. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Agroindústria - Brasil. 5. Inovações tecnológicas. I. Silva, José Carlos da. II. Assis, Rafael Tadeu de. III. Fravet, Paulo Roberto Fávero de. IV. Título.

APRESENTAÇÃO

Pesquisas apontam que o PIB, referente ao Agronegócio Brasileiro, deverá crescer 3,4%, em 2018; impulsionado pela atividade da agroindústria. Esse índice foi estimado em setembro de 2018, pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da ESALQ/USP. De acordo com essas mesmas pesquisas, o Agronegócio responde, atualmente, por mais de 20% da atividade econômica do Brasil.

Salienta-se que, nem sempre, o Brasil esteve entre os maiores produtores de alimentos do mundo. Esse avanço aconteceu, graças à ajuda da tecnologia, nos anos 80, que colocou o país, no ranking mundial, entre os maiores produtores de alimentos; tornando o Agronegócio o setor mais importante e representativo da atual economia brasileira.

A relação Tecnologia/Agronegócio remonta longa data; e, devido à sua importância, exige que as Instituições, nessa área de atuação, desenvolvam processos de inovação e de impacto à natureza e, também, à sociedade, cada vez menos agressivos; capazes de fazer com que se estabeleça uma relação sustentável entre o campo e a tecnologia, aplicada a esse setor.

Muitos especialistas afirmam que o distanciamento entre as Instituições de Pesquisa e as empresas, vinculadas ao Agronegócio, faz com que o desenvolvimento e a aplicação das inovações sejam implementados, muito lentamente; dificultando, assim, a criação de soluções que poderiam ser, mais rapidamente, absorvidas pelo mercado.

Cientes da necessidade de divulgar e implementar as nossas pesquisas, desenvolvidas em nossos campos de estudo, com os nossos Alunos e Parceiros, organizamos essa obra, a qual traz, em seus arcaibouço, temas e experiências, não somente, os relacionados às tecnologias inovadoras, de caráter digital; mas, sobretudo, assuntos sobre estratégias que envolvem o campo biológico e a sua interação ao meio ambiente, onde são produzidos os alimentos; e, especialmente, visando à produtividade de excelência.

A nossa preocupação consiste em provocar reflexões e discussões sobre os temas abordados, no sentido de que façamos e desenvolvamos uma Agricultura, cada vez mais sustentável e saudável; com produtividade e sem desperdício; a fim de mais populações tenham acesso aos alimentos, de forma equânime; e, com mais qualidade.

O Brasil já avançou muito no âmbito do Agronegócio, nos últimos tempos; todavia, ainda, há muito o que crescer. Para isso, precisamos desenvolver, principalmente, tecnologias e estratégias que possam atender às necessidades do mercado; mas, acima de tudo, que elas possam contribuir para que o nosso meio ambiente seja preservado.

Essa obra apresenta diversas experiências e pesquisas de vários autores, as quais ressaltam vários setores do agronegócio; e, cujo objetivo principal é a busca constante em contribuir com a divulgação sobre o que se tem realizado no campo; no Agronegócio, na Agroindústria, para tornar a vida do cidadão mais saudável.

E, para que tudo isso aconteça, necessitamos de parcerias e do apoio dos mais diversos setores, a fim de concretizar nossas ideias, nossas pesquisas, nossas experiências; e, especialmente, divulgá-las, no sentido de que mais pessoas tomam conhecimento acerca delas; e, coloquem-nas em prática.

Dr. José Carlos da Silva

Engenheiro Agrônomo

SUMÁRIO

- 1 O MOVIMENTO AGRO 4.0 E O DESENVOLVIMENTO DAS AGTECHS 9**
 1. Introdução 9
 2. As atividades agropecuárias e a AGRO 4.0 10
 3. AGTECHS: as STARTUPS do campo 12
 4. Os desafios para as AGTECHS 16
 5. Considerações finais 17
 6. Referências bibliográficas 17

- 2 AGRICULTURA DE PRECISÃO: UM NOVO CONCEITO PARA AGRICULTURA 19**
 1. Introdução 19
 2. Mapas de Produtividade 20
 3. Mapas de Fertilidade 23
 4. Aplicação em Taxa Variável 25
 5. Piloto Automático 26
 6. Sensoriamento Remoto 28
 7. Considerações Finais 30
 8. Referências Bibliográficas 31

- 3 COLETA E AMOSTRAGEM DE FITONEMATOIDES 33**
 1. Introdução 33
 2. Distribuição de Fitonematoides 34
 3. Plano de Amostragem 35
 4. Amostragem de Fitonematoides 37
 - 4.1. O que coletar? 37
 - 4.2. Quanto coletar? 38
 - 4.3. Quando coletar? 38
 - 4.4. Onde coletar? 39
 - 4.5. Como coletar? 41

- 5. Amostragem em Culturas Anuais 42
- 6. Amostragem em Citros e Café 43
- 7. Amostragem em Cana de Açúcar 43
- 8. Cuidados com as Amostras 44
- 9. Referências bibliográfica 46

4 CULTIVO DE EUCALIPTO EM PROPRIEDADES RURAIS 49

- 1. Introdução 49
- 2. Histórico da Eucaliptocultura, no Brasil 50
- 3. Instalação dos Povoamentos de Eucalipto 53
 - 3.1. Planejamento para Instalação dos Povoamentos 53
 - 3.2. Produzir para quem? 55
 - 3.3. Onde plantar? 56
 - 3.4. Quanto plantar? 57
 - 3.5. Produzir ou Adquirir Mudanças? 58
 - 3.6. Qual Material Genético a ser Plantado? 60
 - 3.7. Clones 61
 - 3.8. Qual Espaçamento de Plantio? 64
 - 3.9. O Que Pensar Para o Plantio? 65
- 4. Preparo da Área para Plantio do Eucalipto 66
- 5. Adubações - Calagem 69
- 6. Indicações sobre nutrição do eucalipto 69
- 7. Considerações Finais 72
- 8. Referências bibliográficas 74

5 DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA SOJA: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MELHORAMENTO GENÉTICO 77

- 1. Considerações Preliminares 77
- 2. A Cultura da Soja 78
- 3. Respostas Fisiológicas ao Déficit Hídrico 79
- 4. Melhoramento Genético, visando a Tolerância ao Déficit Hídrico 82
- 5. Considerações finais 84
- 6. Referências bibliográficas 85

6	DIFICULDADES EM PRODUZIR SEMENTES E MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS NO BRASIL	93
1.	Introdução	93
1.1.	A Situação Atual da Produção de Mudas, no Brasil	93
2.	Principais Dificuldades para a Produção de Mudas de Espécies nativas	95
2.1.	Coleta de Sementes	95
3.	Transporte e Armazenamento de Sementes	96
4.	A Dormência em Sementes	97
5.	O que é uma Muda de Qualidade?	97
6.	Considerações finais	98
7.	Referências bibliográficas	99
7	MELHORAMENTO GENÉTICO DO CAFEIRO CONILON, VISANDO À TOLERÂNCIA À SECA	103
1.	Considerações Preliminares	103
2.	Alguns Aspectos da Cultura do Café Conilon (<i>Coffea canephora</i>)	104
3.	Principais Mecanismos de Tolerância à Seca	105
4.	Estratégias de Melhoramento, visando à tolerância à seca	111
5.	Considerações Finais	113
6.	Referências bibliográficas	113
8	ADUBAÇÃO DA BATATEIRA	117
1.	Introdução	117
2.	Macronutrientes	119
3.	Micronutrientes	120
4.	Necessidades da Cultura	121
5.	Manejo dos Solos	125
6.	Adubação Orgânica	127
7.	Adubação Mineral	128
8.	Tendências e Perspectivas	130
9.	Considerações Finais	135
10.	Referências bibliográficas	135

9 PISCICULTURA SUSTENTÁVEL EM TANQUES-REDE: Fundamentos para o Plano de Negócio 143

- 1. Introdução 143**
- 2. Plano de Negócio: Planejamento é Pré-requisito 144**
 - 2.1. Escolha do Local 145**
 - 2.2. Licenciamento Ambiental 147**
 - 2.3. Escolha da Variedade de Alevinos 147**
 - 2.4. Tipos de Ração 147**
 - 2.5. Produção Programada 148**
 - 2.5.1. Tanques-rede de Recria 149**
 - 2.5.2. Alimentação dos Alevinos de Recria 150**
 - 2.5.3. Tanques-rede de Engorda 150**
 - 2.5.4. Alimentação dos Alevinos de Engorda 150**
 - 2.5.5. Manejo e Tecnologia de Produção 151**
 - 2.5.6. Mercado consumidor 152**
 - 2.5.7. Cuidados na Captura para Venda 152**
 - 2.5.8. Estratégias de Mercado 152**
- 3. Planejamento das Atividades – Gráfico de Gantt. 153**
- 4. Estimativa de Custos 154**
- 5. Captação de Recursos 155**
- 6. Referências bibliográficas 155**

10 TERMOFOSFATOS CORRETIVOS EM ÁREAS DE CANA DE AÇÚCAR 157

- 1. Introdução 157**
- 2. Fósforo na agricultura 158**
- 3. Fixação de fósforo no solo 161**
- 4. Fosfatagem 165**
- 5. Termofosfato 167**
- 6. Considerações finais 170**
- 7. Referências bibliográficas 170**



1. Introdução

Indiscutivelmente, nos dias de hoje, o fato de não acompanhar a evolução e as tendências tecnológicas, que influenciam, diretamente, nossos meios de comunicar, relacionar, produzir, consumir; e, até mesmo nos informar, significa estar desatualizado; fora de um contexto competitivo e até mesmo social.

O avanço das tecnologias da informação e da comunicação (TICs) estão impactando, estrategicamente, diversas áreas do conhecimento; oportunizando automatizar processos, armazenar e processar um grande volume de dados; trocar informação e conhecimento; contribuindo, diretamente, para agregar benefício e valor para o mercado, agricultura e para o meio ambiente (MASSRUHÁ; LEITE; MOURA, 2014).

Dessa maneira, o emprego dessas novas tecnologias, em qualquer segmento de atuação, deixa de ser um simples diferencial e passa a se transformar em obrigatoriedade. O Agronegócio está inserido, nesse mesmo contexto; e, essas tecnologias foram e estão sendo determinantes para que as atividades agropecuárias atinjam os níveis atuais.

A visão estereotipada do campo, figurada na imagem e na vida do Jeca Tatu ou do Chico Bento, está ficando para trás. O produtor rural está, cada vez mais, moderno, digitalmente conectado, investindo em novas tecnologias e mais preocupado em encontrar soluções para melhorar sua produtividade; reforçando a tendência firmada em diversos setores econômicos da sociedade.

Atualmente, é possível monitorar plantações de milhares de hectares e, até mesmo, acompanhar o desenvolvimento de grandes rebanhos, por meio de computadores e *smartphones*, com rapidez e precisão, nas informações; facilitando a gestão e a tomada de decisões; permitindo rentabilizar, ainda mais, as atividades do campo.

Irreversivelmente, estamos testemunhando a consolidação de uma nova era de automatização das atividades produtivas, por meio de um movimento, chamado de Agricultura Digital; também, conhecido como AGRO 4.0 (VDMA VERLAG, 2016).

Essa tendência tem sido apoiada e estabelecida pela criação e pelo desenvolvimento de inúmeras *startups*, vocacionadas para desenvolver soluções, voltadas para as mais diversas atividades do Agronegócio; as quais, especificamente, são chamadas de AGTECHS (Tecnologia para a Agricultura); ou, ainda, AGRITECH (Tecnologia para o Agronegócio).

2. As atividades agropecuárias e a AGRO 4.0

A AGRO 4.0 é uma consequência natural do emprego de tecnologias no campo; as quais permitem otimizar as mais diversas atividades produtivas; podendo acompanhar, em tempo real; e, com precisão de informações, o que acontece na plantação ou com as criações.

Para exemplificar, esse mercado disponibiliza uma série de aplicativos para controlar a lavoura; ferramentas eletrônicas para gestão de insumos; e, maquinário automatizado; possibilitando, na palma da mão, um panorama digital que permita acompanhar qualquer alteração e previsão, por hectare.

O desenvolvimento e o uso desses sistemas permitem simplificar e potencializar as rotinas do Agronegócio; mapeando, por completo, as áreas de plantio; com o propósito de verificar as condições ideais para a safra; apontar dados de produtividade; o controle e a visão detalhada da produção; além de fazer comparativos de rendimentos, sem a necessidade da presença física, na propriedade.

Essa transformação das atividades agropecuárias se dá,

basicamente, em função da mudança no comportamento da nova geração de produtores; tecnologicamente, conectados (principalmente, por conta da sucessão familiar); que buscam melhorar a produção, sem aumentar a área agricultada.

As empresas agropecuárias, inseridas no movimento da AGRO 4.0, empregam sistemas computacionais de alto desempenho, com conectividade remota, sensores, processamento e armazenamento de grandes volumes de dados, em nuvem; além do suporte à tomada de decisões. Tudo isso permite ao produtor rural condições para aumentar os índices de produtividade; o uso eficiente de insumos; diminuir os custos com mão de obra; como também, os impactos ao meio ambiente (CIGANA, 2016).

Essas condições só são possíveis graças à existência da agricultura de precisão e da automação agrícola, com uso de *BIGDATA* e da Internet das Coisas (em Inglês, *Internet of Things – IOT*).

No caso da *IOT*, podemos verificar que, cada vez mais, existe interação, por meio de diversas coisas, as quais informam sua posição, situação; recebem instruções e executam ações; conforme as informações recebidas, por meio de uma conexão com a internet. Isso possibilita, por exemplo, mesmo que, a distância, o produtor tenha condições de detectar a ocorrência de pragas ou doenças, na plantação de sua fazenda.

Dados apontam que atualmente existem mais de 15 bilhões de aparelhos conectados no planeta e que, nos próximos dez anos, serão 35 bilhões de dispositivos; cinco vezes a população mundial. Esse volume de conexões inteligentes que processam, armazenam, analisam e compartilham informações entre si; e, conseqüentemente, irão se conectar a outras redes; garantirão o estabelecimento de um grande banco de dados e informações (CONSULTA PÚBLICA, 2016).

Fundamentalmente, na AGRO 4.0, as TICs são ferramentas integradoras, no contexto antes, dentro e depois da porteira; auxiliando agricultores, na tomada de decisão e de gestão; podendo ser utilizada no melhoramento genético, nos equipamentos para a produção e no aperfeiçoamento das áreas de logística e transporte.

Mesmo assim, ainda, é possível encontrar diversos produtores resistentes a esse novo modelo produção; muitos, pelo desconhecimento das vantagens e, até mesmo, da simplicidade de gestão que pode ser alcançada (PEGN, 2016).

Com isso, pode-se, também, destacar a dificuldade de acesso à internet, na zona rural; o que tem dificultado, significativamente, a evolução dos dispositivos móveis, aplicados às cadeias produtivas.

Apesar disso, os indicativos de uso têm aumentado, gradativamente, no que tange ao avanço da utilização dos aparelhos celulares para acesso à internet; tanto, no meio rural, quanto, no meio urbano. Conforme dados apresentados por CETIC.br (2017), a porcentagem de pessoas que possuem aparelho celular, no meio urbano, é de 86%; e, no meio rural, na proporção de 71%. Ainda, destes, 90% já acessaram a internet, na zona urbana; e, 85%, na zona rural.

Outro grande desafio é a capacitação daqueles profissionais que irão trabalhar com essas tecnologias inteligentes. De nada adianta possuir um grande volume de informações, se estas não forem analisadas, convertidas em dados e transformadas em conhecimento que proporcionem melhores condições para a tomada de decisão, em tempo real.

Nesse cenário, surgem como grandes protagonistas as AGTECHS, que atuam como facilitadores dos processos agropecuários; sendo uma das áreas que mais crescerá no mercado de startups, nos próximos anos.

3. AGTECHS: as *STARTUPS* do campo

O modelo de negócio, fundamentado em AGTECHS é promissor; sendo uma das grandes tendências de investimento para o mercado de *startups*, de bases tecnológicas, no mundo; e, o Brasil figura como um grande *player* desse movimento. Para explicar melhor o assunto, é necessário antes entender o conceito de *startup*.

Primeiramente, o conceito central de *startup* está baseado em um grupo de empreendedores que trabalham uma ideia repetível e escalável; em condições de extrema incerteza; e, que, potencialmente,

pode ser transformado em dinheiro; com custos muito baixos de manutenção; mas, com potencial crescimento de geração de lucros; antes de se tornar, efetivamente, uma empresa (EXAME, 2016)

Portanto, as AGTECHS são *startups* vocacionadas para as atividades produtivas, que promovam inovações para o Agronegócio, com uso de tecnologias modernas, aplicadas ao setor rural.

Dentre essas soluções, conforme TD (2018), podem-se destacar:

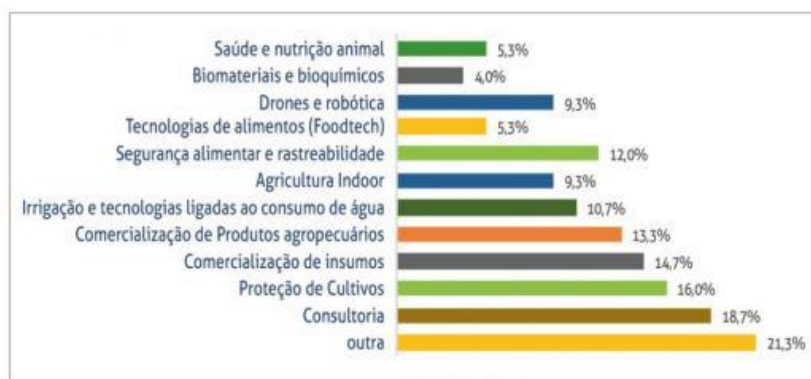
- O desenvolvimento de *softwares* para o setor produtivo.
- A criação e a diversificação de alternativas de matrizes energéticas.
- O aproveitamento de resíduos de qualquer natureza.
- O controle e a preservação ambiental.
- A gestão e o monitoramento produtivo.
- A biotecnologia.
- A produção de sementes, entre outros.
- As AGTECHS apareceram no mercado brasileiro, somente, em 2017; e, rapidamente, popularizaram-se, na temática da inovação e do empreendedorismo. Assuntos que antes eram restritos aos indivíduos das cadeias de inovação agrícola, atualmente, democratizaram-se entre os mais distintos grupos da sociedade (ISTO É DINHEIRO, 2018).

De acordo com o censo das AGTECHS brasileiras, apresentado por AGTECH *GARAGE* e ESALQ/ USP (2016), pode-se verificar um aumento de, pelo menos, 150% no número de *startups* voltadas para o agronegócio, em apenas dois anos. Esses números são comparados com o primeiro censo de 2016, que apontou a presença de 75 AGTECHS, no país. Atualmente, só no principal *hub* de inovação brasileiro, sediado na cidade paulista de Piracicaba, conta com quase 200 *startups* cadastradas em sua rede.

Ainda, mais da metade das soluções tecnológicas, presentes nesse mercado do agronegócio, são em *softwares* de apoio à gestão.

As AGTECHS, ainda, evidenciam-se, como observado, na Figura 1, conforme as áreas de atuação dessas *startups*; com destaque para as áreas de consultoria (18,7%), proteção de cultivos (16%), comercialização de insumos (14,7%), comercialização de produtos (13,3%), segurança alimentar e rastreabilidade (12%), irrigação e tecnologias, ligadas ao consumo da água (10,7%), agricultura *indoor* (9,3%) e drones e robótica (9,3 %) (AGTECH GARAGE; ESALQ/USP, 2016).

Fig. 1- Áreas de Atuação das *Startups*.



Fonte: AGTECH GARAGE e ESALQ/USP, 2016.

Historicamente, o Agronegócio brasileiro se desenvolveu, em bases tecnológicas e de inovação; internacionalmente, respeitadas, por meio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); e, hoje, o movimento é colaborativo e paralelo, junto das AGTECHS.

O Brasil vem se sobressaindo no cenário mundial com a criação de *startups* de relevância, no setor do Agronegócio; com destaque para o desenvolvimento de soluções, aplicadas para a fertilização, produção, controle de pragas, logística e comercialização.

Um exemplo de AGTECH de sucesso é a brasileira BUG Agentes Biológicos (recentemente, adquirida pela holandesa KOPPERT BIOLOGICAL SYSTEMS, por valores não revelados); que desenvolveu uma empresa que vende insetos, criados em

laboratórios, para o combate de pragas e se figurou entre os 50 negócios mais inovadores do mundo.

Outro exemplo foi a aquisição da CLIMATE CORPORATION, em 2013, por valores próximos a US\$ 1 bilhão, pela, então, MONSANTO, atual BAYER. Outras aquisições relevantes podem ser exemplificadas, como a compra da BLUE RIVER, pela JOHN DEERE; e, da GRANULAR, pela DUPONT; cada uma por US\$ 300 milhões.

Muitas AGTECHS estão se apoiando na construção de soluções, com o uso da *IOT*, em larga escala; principalmente, em equipamentos agrícolas que permitam operação autônoma; e, com monitoramento em tempo real. Dessa forma, é possível monitorar, por meio de sensores, o desempenho desses equipamentos, além do uso de drones e GPS.

Outro caso interessante é o da AGTECH australiana MIMIC TEC, que desenvolveu mães galinhas artificiais, as quais geram, sinteticamente, som e calor, característicos; diminuindo o estresse; preservando, assim, o bem-estar animal.

Podemos, também, destacar a *startup* mineira da cidade Uberaba, chamada Grão Direto, que se baseia em um *marketplace* para compra e venda de grãos; e, que recebeu, em 2018, um aporte de investimento, na ordem de R\$ 2,3 milhões, pela MONSANTO GROWTH VENTURES, com a participação dos fundos CANARY e OPEN VC.

Com isso, pode-se perceber que, para se desenvolver um modelo tecnológico promissor para o Agronegócio, basta a capacidade reconhecer problemas; e, com o uso da criatividade e inovação, propor soluções viáveis que facilitem os processos produtivos.

O setor do Agronegócio é um campo vasto a ser explorado, em função do crescente aumento na demanda por essas soluções; e, com benefícios significativos. O Brasil precisa de AGTECHS que ajudem a diminuir os problemas logísticos, de comercialização, além de apresentar novos modelos de tecnologias para a produção, o armazenamento, entre outros.

4. Os desafios para as AGTECHS

O que se pode perceber é que o mercado agrícola apresenta uma gama de problemas que podem ser solucionados, com auxílio da tecnologia, desenvolvida pelas AGTECHS. Esse movimento marca o início de uma nova fronteira histórica para o Agronegócio mundial; determinado pela intensificação tecnológica, *softwares* de gestão e de monitoramento móveis.

O Brasil, considerado o celeiro do mundo, devido ao tamanho de sua produção agrícola, necessita, indiscutivelmente, de investimento em tecnologia; e, de preferência, que essa seja desenvolvida aqui dentro, com as nossas AGTECHS. Esse mercado tem atraído, crescentemente, fundos de investimentos, grandes empresas e empreendedores dos mais variados países. Essas AGTECHS são apoiadas por diversas incubadoras, aceleradoras e *venture buildings*, que oferecem, além de capacitação, uma rede de conexões e contatos extraordinários.

ACEATARUPS (2018) analisa que um dos grandes problemas, no mercado de AGTECHS, é que, majoritariamente, “temos visto muito terno e pouca botina”. Ainda, o segredo é estar no campo para validar as soluções, junto dos produtores rurais, para garantir a eficiência dos processos e sucesso na área.

Dessa maneira é preciso conciliar o trabalho de escritório (em codificações, *e-mails*, reuniões e ligações) com a presença física; observando; principalmente, as rotinas da fazenda.

Diferente de qualquer outro setor, essas ações demandam paciência, em se tratando do Agronegócio; pois, a grande maioria dos resultados só serão vislumbrados, no período de safra ou na comercialização. Não é possível esperar da maioria das AGTECHS um prazo de retorno, no mesmo ritmo de uma empresa não associada ao setor agrícola.

O grande desafio de uma AGTECH é o tempo gasto para a prototipagem e a validação de seus produtos; sendo necessário esperar uma ou mais safras para tornar viável e válido um produto para um cliente.

5. Considerações finais

O movimento AGRO 4.0, apoiado pelas AGTECHS, no Brasil, está em um estágio de fortalecimento e diversificação; tornando-se uma importante iniciativa para incentivar o empreendedorismo, voltado para esse modelo de negócio de base tecnológica; para um segmento tão promissor, que é o Agronegócio.

O Brasil pode se destacar, no mercado internacional, exportando além de suas tradicionais *commodities* agrícolas, produtos com valor agregado e soluções que tornem mais eficientes e facilitem os processos produtivos.

Dessa forma, é importante o apoio de investidores, aceleradoras e incubadoras para reduzir as taxas de mortalidade das *startups*, ainda, em estágio embrionário, no país. Essas empresas precisam, fundamentalmente, de capacitação, mentoria e capital para validação de sua ideia; e, transformar em produto, processos ou serviços, essas soluções inovadoras.

Observa-se, ainda, finalmente, que o setor do Agronegócio, ao implementar tecnologias que possibilitam condições de melhor gestão dos processos, irá se adaptar mais depressa às mudanças e variáveis externas; mantendo-se, cada vez mais, competitivo, frente à digitalização do campo e do avanço da agricultura e da pecuária de precisão.

6. Referências bibliográficas

ACESTARTUPS. **AgTechs**: as startups que trabalham no campo. 2018. Disponível em: <<https://acestartups.com.br/agtechs-o-que-sao/>>. Acesso em 14 de Setembro de 2018.

AGTECH GARAGE; ESALQ/USP. **1º Censo Agtech Startups Brasil. São Paulo, 2016**. Disponível em: <<http://www.startagro.agr.br/confira-o-infografico-completo-do-1o-censoagtech-startups-brasil-em-primeira-mao/>>. Acesso em: 13 de Setembro de 2018.

CIGANA. C. Agricultura 4.0 é nova fronteira no campo. **Zero Hora**: Campo e Lavoura. 2016. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/campo-elavoura/noticia/2016/09/agricultura->

4-0-e-nova-fronteira-no-campo-7413654.html#>. Acesso em: 14 de Setembro de 2018.

CETIC.BR. **TIC domicílios 2017**. Disponível em: <<https://cetic.br/pesquisa/domicilios/indicadores>>. Acesso em: 14 de Setembro de 2018.

CONSULTA PÚBLICA. **Plano Nacional de IoT**. Participa.Br. 2016. Disponível em: <<http://www.participa.br/cpiot/objetivos-da-consulta>>. Acesso em: 14 de Setembro de 2018.

EXAME. O que é uma startup? 2016. Disponível em <https://exame.abril.com.br/pme/o-que-e-uma-startup/>>. Acesso em 13 de Setembro de 2018.

ISTO É DINHEIRO. **8 motivos para investir em startups agrícolas no Brasil em 2018**. 2018.<<https://www.istoedinheiro.com.br/8-bons-motivos-para-investir-em-startups-agtech-no-brasil-em-2018/#>>. Acesso em 13 de Setembro de 2018.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; MOURA, M. F. Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura (AgroTIC). In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. (Ed.). **Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 1. p. 23-38.

PEGN - Pequenas Empresas, Grandes Negócios. **Startups criam movimento para levar tecnologia ao Agronegócio**. 2016. Disponível em: <<https://revistapegn.globo.com/Noticias/noticia/2014/01/startups-criam-movimento-para-levar-tecnologia-ao-agronegocio.html>>. Acesso em: 13 de Setembro de 2018.

TD. **AgTechs: o que são e como estão revolucionando o agronegócio**. 2018. Disponível em <<https://transformacaodigital.com/agtechs-o-que-sao-e-como-estao-revolucionando-o-agronegocio/>>. Acesso em 13 de Setembro de 2018.

VDMA VERLAG. **Guideline Industrie 4.0r**. 2016. Disponível em: <https://www.vdma-verlag.com/home/artikel_72.htm>

AGRICULTURA DE PRECISÃO: UM NOVO CONCEITO PARA AGRICULTURA



Watus C. Alves da Costa

Mestrando UNESP/FCAV Jaboticabal. Agronomia: Produção Vegetal / watusalves@hotmail.com

Tiago de Oliveira Tavares

Doutorando UNESP/FCAV Jaboticabal. Agronomia: Produção Vegetal / tiagoolitavares@hotmail.com

Adão Felipe dos Santos

Doutorando UNESP/FCAV Jaboticabal. Agronomia: Produção Vegetal / adaofeliped@gmail.com

Cristiano Zerbato

Dr. UNESP/FCAV Jaboticabal, SP. / cristianozerbato@hotmail.com

1. Introdução

No cenário atual, com a Agricultura, cada dia mais competitiva, os desafios relacionados às mudanças climáticas e diante do crescimento populacional e a demanda por alimento, têm se buscado novas ferramentas e tecnologias, para maximizar os recursos e incrementar a produtividade. Com essa tendência, a busca pela Agricultura de Precisão (AP) cresce, a cada dia, no meio agrícola. Mas, o que é a Agricultura de Precisão e quais os seus benefícios para as empresas agrícolas?

A Agricultura de Precisão é um conjunto de ferramentas que faz o uso de tecnologia, para coletar dados de diversos tipos de variáveis; os quais devem ser analisados conjuntamente, ou não; de modo que esses são transformados em informações úteis a fim de compreender as variações, dentro das áreas produtivas. De maneira geral, faz-se o uso de informações sobre a variabilidade do solo, clima e planta. A coleta desses dados pode ser realizada com uso de modernas tecnologias; ou, com o simples olhar do homem do campo; e, faz-se um tratamento diferente e especial a determinado espaço ou

planta. Essas observações podem ser realizadas do plantio à colheita; melhorando as decisões sobre como manejar cada área; aumentando a eficiência, no campo; gerando maior lucratividade. Existem vários tipos de tecnologias para gerar dados a fim de embasar a tomada de decisão, tais como: coleta de solo, em taxa variável georreferenciada; sensores de produtividade; sensores multiespectrais; drones, com câmeras e dispositivos acoplados; entre outras tecnologias.

Dentre as principais vantagens da adoção de AP, tem-se o uso mais racional dos recursos; além da redução de desperdícios; a diminuição de custos; a melhoria no gerenciamento da propriedade, por meio de planejamento mais assertivo; o que possibilita a rastreabilidade; agregando valor aos produtos das fazendas; reduzindo os impactos ambientais; o que consequentemente, trará melhorias na qualidade de vida dos colaboradores. A AP é uma metodologia de gestão que propicia uma produção agrícola mais sustentável.

Para a obtenção dessa prática, é necessário um ponto de partida. Embora não tenha nenhuma regra, de qual etapa se deve começar o processo de implementação das ferramentas de AP, pesquisadores afirmam que o melhor momento para se obter a variabilidade da lavoura seja na colheita. Nessa etapa, o uso sensores de produtividade possibilita mapear a diversidade produtiva da lavoura; e, vale ressaltar que diversos estudos vêm sendo realizados com métodos indiretos de obtenção dessa variabilidade; como: imagens aéreas (Drone) e imagens de satélites; estimando a variação de produtividade, mesmo antes da colheita.

O ciclo da AP passa pela coleta do solo e pela geração de mapas de fertilidade; pela implantação da cultura, com piloto automático; pela aplicação de insumos, em taxa variável e mapas de produtividade; e, posteriormente, começa o ciclo, novamente. Nesse Capítulo, vamos abordar um pouco sobre as tecnologias, as quais vem ganhando o mercado e gerando benefícios aos produtores e profissionais da área.

2. Mapas de Produtividade

Essa tecnologia não é utilizada, apenas, para saber o que a lavoura produziu. Mapas de Produtividade são considerados a

forma mais completa de visualizar a variabilidade da lavoura; além de mais utilizados, nas culturas anuais. MOLIN (2015) cita que Mapas de Produtividade consistem em um conjunto de muitos pontos georreferenciados de várias porções da lavoura; e, as informações são dadas em (kg/ha ou sc/ha); podendo gerar de 0,5 a 0,8 dados, por metro quadrado. A maior dificuldade dos produtores é a interpretação de tais Mapas; hoje, maioria das colhedoras já saem de fábrica, com sensores de produtividade; embarcado na máquina; e, muitos produtores utilizam e coletam os dados; porém, não conseguem usá-los, de forma correta.

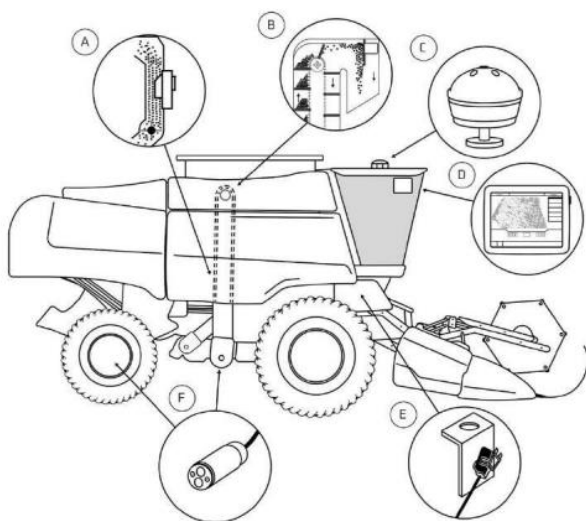


Figura 1. Componentes Básicos de um Monitor de Produtividade de Grãos:(A) Sensor de Umidade de Grãos; (B) Sensor de Fluxo de Grãos; (C) Receptor GNSS; (D) Computador de Bordo; (E) Sensor de Levante da Plataforma; (F) Sensor de Velocidade. FONTE: Molin (2015).

Por meio dos Mapas gerados, obtém-se as zonas de produtividade, detalhada dentro de cada talhão; sendo possível verificar, pontualmente, as possíveis causas das zonas, com menores produtividades. Essas causas podem ser, por exemplo, deficiências,

excessos ou desequilíbrios nutricionais; doenças, ataque de pragas, limitações dos solos.

Para a coleta desses dados, são necessários sensores que estão acoplados nas colhedoras; o local de instalação desses equipamentos depende do material colhido; geralmente são instalados, na parte mais limpa da máquina; depois do produto já processado (elevadores do tanque graneleiro, elevador de descarga, etc.).

Existem vários tipos de sensores; os mais utilizados são:

- Sensor de Impacto - Como próprio nome já diz, mede os grãos que são lançados em uma placa sensível ao impacto; o desvio de sensor é medido, eletricamente; e, é proporcional à massa de grãos. Essa placa está localizada na parte superior do elevador.
- Sensor de Deslocamento de Placa - Medida pelo potenciômetro; onde se mede o movimento da placa, quando entra em contato com o grão; bem parecido com o Sensor de Impacto.
- Sensor Radiométrico - Funciona por emissão e detecção de radiação gama; sendo a quantidade medida pela variação da amplitude da respectiva radiação.
- Sensor de Célula de Carga - Mede a deformação por meio da tensão de energia, quando uma determinada força for aplicada ao dispositivo; é utilizado em colhedoras de grãos e colhedora de cana-de-açúcar.
- Sistema de Medição por Volume – Por meio de um fecho de luz, mede a passagem do material, transformando-se em sinais.
- Ainda, existem formas mais simples e “rústicas” de monitoramento da produtividade: a pesagem dos tanques graneleiros das colhedoras; assim, obtendo, apenas, por talhões; conseguindo uma visualização menos precisa da variabilidade da lavoura.

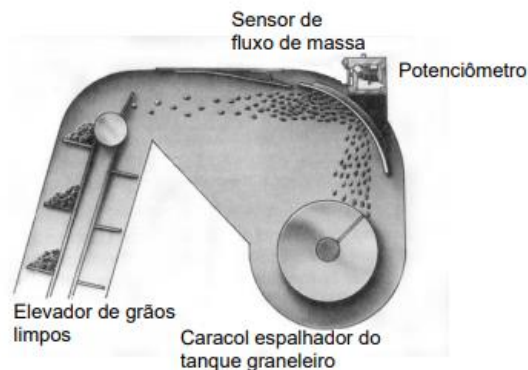


Figura 2. Sensor de Fluxo de Grãos, com placa de impacto e potenciômetro Fonte: Morgan e ESS (1997).

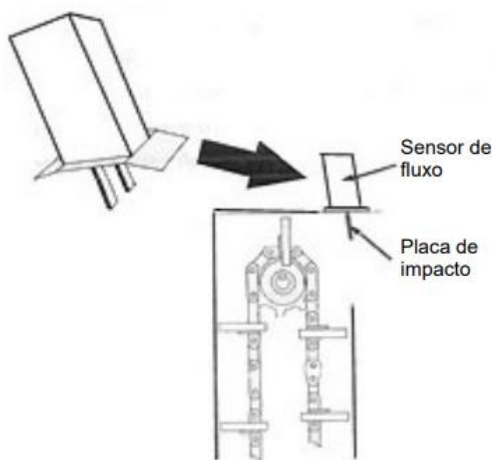


Figura 3. Sensor de Fluxo de Grãos de Placa de Impacto Fonte: Moore (1997).

3. Mapas de Fertilidade

Uma das maiores limitações da Agricultura no Brasil é a disponibilidade de nutrientes no solo e o alto custo dos fertilizantes. Um grande erro é tratar as áreas produtivas como homogêneas; aplicando a média da necessidade de determinado fertilizante ou corretivo. Deve-se, portanto, levar em conta a necessidade específica

de cada ponto ou zona de manejo de uma determinada área.

A amostragem de fertilidade (solo e folha) de AP segue as premissas da amostragem convencional (ALVAREZ 1999); diferindo, apenas, a quantidade de pontos amostrados e todos georreferenciados.

Ao se falar em construções de Mapas de Produtividade, um ponto a ser observado é a quantidade de pontos que deve ser amostrada. Ainda, não existe um número de amostras ideal, pois existem vários fatores que interferem nesse processo; como, os tipos de solo, relevo, cultura. Vale ressaltar que se deve levar em consideração, também, o aporte financeiro do produtor, já que uma grande amostral, com vários pontos, possui um alto custo. Já, uma malha, com poucos pontos, não caracteriza a variabilidade da área amostrada; não determinando a taxa variável.

Divide-se a área amostral em grides; que, após as coletas e análises, passa pelo processo de interpolação para confecção dos mapas. Esse processo baseia-se em unir os pontos (amostrados e conhecidos) e estimar pontos mais próximos (não amostrados) MIRANDA (2005). Pontos mais próximos tendem a ser mais parecidos do que pontos distantes. Daí a importância de se obterem mais amostras e subamostras (pontos feitos ao lado do ponto principal, para validação) por área.

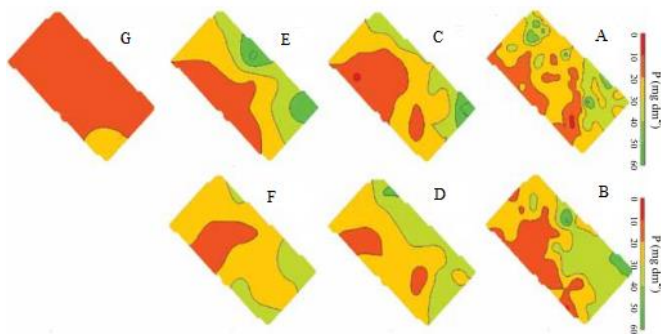


Figura 4 Espacialização do Teor de Fósforo disponível, determinado com uso de diferentes dimensões de malhas amostrais, em que: A, 50x50 m; B, 75x75 m; C, 100x100 m; D, 125x125 m; E, 150x150 m; F, 175x175 m; e G, 200x200 m, em área de Latossolo Vermelho, no Estado do Rio Grande do Sul. ADAPTADO: CHERUBIN (2015).

Os equipamentos utilizados para a prática de amostragem são diversos; podendo ser feito com trado de acionamento manual; ou, em grandes áreas. Pelo número elevado de pontos amostrados, faz-se o uso de trados de combustão ou elétricos; podendo ser esses manuais ou embarcados em quadriciclos, caminhonetes ou tratores.

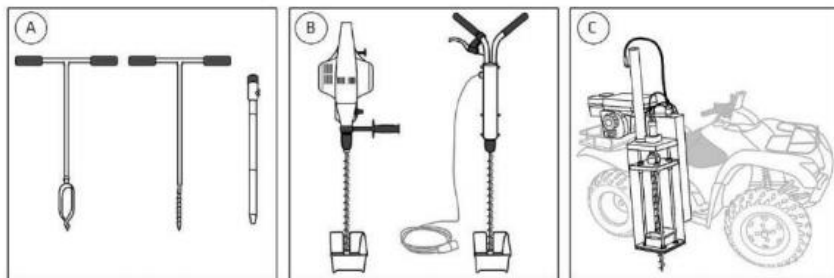


Figura 5 (A) Trados de Acionamento Manual; (B) Amostradores Motorizados de Combustão (esquerda) e Elétrico (direita); (C) Amostrador Hidráulico Embarcado em Quadriciclo FONTE: MOLIN (2015).

4. Aplicação em Taxa Variável

Como citado, no tópico acima, devemos sempre prezar pela eficiência na lavoura e pela economia de insumos, de forma correta; quando defensivos, corretivos, adubos e sementes, aplicados de forma desregulada, podem acarretar sérios prejuízos para o agricultor. A aplicação em Taxa Variável e a tecnologia encontrada para melhor condução de lavouras, atualmente, é a técnica de AP que mais se utiliza no Brasil; quando a maioria das empresas do segmento presta serviço aos produtores. No entanto, nem sempre se consegue um baixo custo; inicialmente; porém aumenta-se a eficiência, elevando a produtividade e diminuindo os impactos ambientais.

Aplicação em Taxa Variável e a distribuição de insumos, de uma forma uniforme, de acordo com a necessidade de cada área; descartando-se a média e gerando o melhor aproveitamento para a cultura. É necessário técnicas de sensoriamento remoto para tal prática, como o monitoramento de pragas e doenças; o combate à

infestação de plantas invasoras; e, a utilização de Mapas de Fertilidade. Ao se aplicar tal prática, é necessário que o maquinário seja equipado com um computador de bordo; o qual terá o acesso ao *software* e à visualização de todo processo e da área a ser aplicada; receptor GNSS, para o posicionamento e a precisão de aplicação; um controlador e o atuador de taxa variável. Este que pode ser acionado hidráulico ou eletricamente, por meio de válvulas solenoides; controlando abertura e fechamento de bicos; vazão de insumos; ou, comandos, controlando a velocidade das esteiras; ou, emitindo sinais sonoros para que aumente ou diminua a velocidade do maquinário; possibilitando, assim, a aplicação da dose ou da taxa necessária para cada subárea ou local; e, evitando-se sub doses e sobreposição.

5. Piloto Automático

O uso da AP, nas atividades de plantio/semearia, visa a melhorar o aproveitamento da área e monitorar, de forma precisa, a quantidade de plantas e de insumos a ser aplicada na área. Uma das mais importantes ferramentas, nessa etapa, é o direcionamento automático, por meio do Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS). Entre as constelações que compõem o GNSS, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) é o mais conhecido, entre os usuários; e, é popularmente conhecido como Piloto Automático.

O direcionamento automático das máquinas, no campo, pode ser feito por dois métodos de posicionamento: o Posicionamento Relativo (RTK), que necessita de uma base, com a latitude e longitude conhecidas, ao alcance das máquinas no campo, para que estas recebam o sinal, via rádio (UHF); e, faça a correção horizontal, com acurácia de, aproximadamente, 2,5 cm; de modo que, na medida em que se aumenta a distância entre a máquina, no campo, e a base/antena; reduz-se a acurácia da correção, via rádio (Figura 6).

Outro método de correção de posicionamento, recentemente, introduzido no cenário agrícola nacional, utiliza o método de Posicionamento Absoluto (*Real Time Extend-RTX*). O sinal, nesse tipo de posicionamento, vem, diretamente, de satélite geoestacionário,

cujo sinal é, previamente, adquirido de diversas bases “imaginárias”, em torno do Globo Terrestre; e, é enviado para uma central, onde realizam-se os cálculos de correção do posicionamento da máquina, no campo (Figura 7); que é passado para o satélite geostacionário; e, então, chega na antena da máquina no campo.

Os principais benefícios do Piloto Automático é o aumento da precisão no deslocamento e a eficiência das máquinas agrícolas na lavoura; o que melhoraria as condições de trabalho do operador; aumentando da jornada de trabalho e a capacidade de campo operacional. Além disso, é possível criar uma sistematização dos talhões, em *software* (Projeto de Linhas), o que melhora a logística das máquinas.

A utilização do Piloto Automático, nas operações mecanizadas, diminui, consideravelmente, os erros entre as passadas da máquina; reduzindo as sobreposições e as falhas na aplicação; podendo elevar a velocidade operacional; e, assim, possibilitando uma maior precisão, na aplicação de insumos.

Além desses benefícios já citados, o direcionamento automático possibilita criar um plano de controle de tráfego (atualmente, utilizado em cana-de-açúcar), concentrando os deslocamentos, em áreas, previamente, planejadas. Outra possibilidade é o alinhamento do plantio/semeadura com a colheita, por meio dos mapas de plantio/semeadura. Essa prática aumenta a eficiência do direcionamento e eleva a eficiência, na operação e na colheita; de modo que poderá minimizar os níveis de perdas.

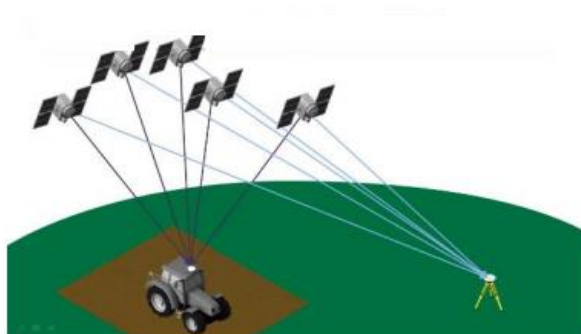


Figura 6. Posicionamento Relativo (RTK) FONTE: TRIMBLE.

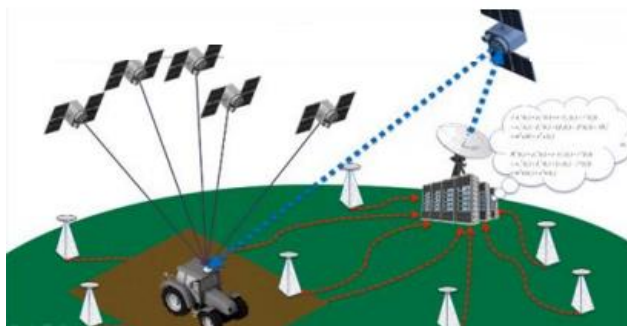


Figura 7 Posicionamento por Ponto Preciso (RTX) FONTE: TRIMBLE.

6. Sensoriamento Remoto

Com um grande potencial na Agricultura, o Sensoriamento Remoto tem despertado interesse na pesquisa e no mercado atual. A grande praticidade na geração de dados rápidos e precisos tem feito com que essa prática seja a de maior crescimento na AP; apesar da maioria dos sensores precisarem passar por determinada calibração (por ser coletado de forma indireta), por meio de *software* e algoritmos, para que seus dados tenham informações úteis. Atualmente, consegue-se precisão em tempo real; o que se busca em agricultura de longa escala.

Podemos definir Sensoriamento Remoto como a tecnologia de coleta de dados, por meio da superfície terrestre; utilizando a energia refletida, sem contato direto com o objeto analisado; assim, denominando Sensoriamento Proximal. Existem dois tipos de Sensoriamento, o Terrestre (sensores acoplados em máquinas agrícolas); e, o Orbital (satélites ou imagem aéreas); sendo, este, o mais utilizado, por sua agilidade e acurácia, na obtenção de dados.

Imagens obtidas pela refletância (cada alvo possui um valor diferente) são medidas por seu comprimento de onda; (Figura 8); onde, quanto maior a sua energia emitida, menor será o comprimento de onda. Esses sensores são denominados Passivos (necessitam de uma fonte de luz externa, maioria das vezes proveniente do sol); e,

Sensores Ativos (emitem sua própria luz). Essa energia é dividida em três partes: absorvida, refletida e transmitida; sendo denominada Reflectância, Absortância e Transmitância. O mais comum, na Agricultura, é o Infravermelho Próximo, que possui maior interação com plantas.

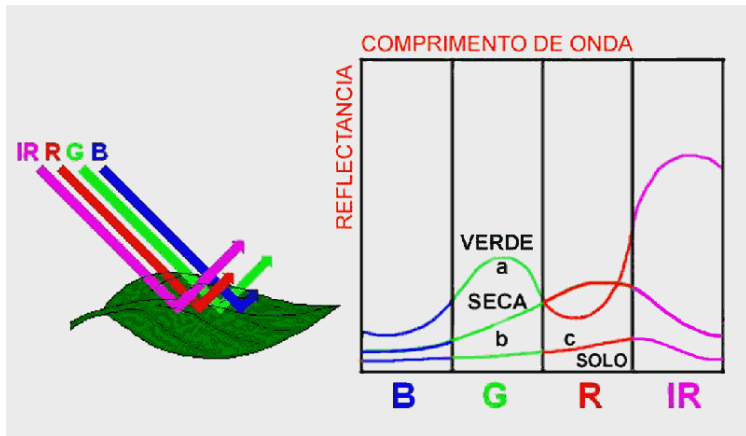


Figura 8 - Representação generalizada da assinatura espectral de uma folha verde (a), uma seca (b) e da superfície do solo descoberto (c). As letras representam os comprimentos de ondas do azul (B), verde (G), vermelho (R) e infravermelho (IR). FONTE:SOARES (2016).

O Sensoriamento Terrestre é utilizado para a coleta; que é necessário aproximação do alvo, como o índice de clorofila, textura do solo. Embarcados, em máquinas agrícolas, esses Sensores tendem a ser mais assertivos pela proximidade do alvo; porém, demandam mais horas e gastos para tal prática. Os Sensores Terrestres estão sendo, amplamente, utilizados para a aplicação em taxa variável; quando ocorre a abertura e o fechamento de bicos; atingindo somente o alvo necessário; como, por exemplo, o controle de plantas invasoras; e, também, na aplicação de nitrogênio; assim, reduzindo o desperdício e evitando-se a fitotoxicidade das plantas.

O Sensoriamento Aéreo ou Orbital é feito por imagens de satélites e drones. As aeronaves têm ganhado espaço, pela qualidade das imagens, pela facilidade no manuseio, pela praticidade, na hora de

se obterem os dados; e, pela redução no tamanho de equipamentos. Essa tecnologia vem sendo utilizada para Mapeamento de fertilidade, pragas, doenças, plantas invasoras, produtividade, falha e alinhamento de plantio, relevo, entre outros.

Variando o tipo de câmera a ser usada, RGB (imagens banda visível a olho nu em alta definição); multiespectrais (imagens, usando diferentes frequências de onda, simultaneamente); termal (determinada banda do infravermelho, transformando temperatura em imagem). O Sensoriamento Orbital tem como ponto positivo a eliminação do trânsito de máquinas na lavoura; evitando-se o pisoteio e coletando dados, a qualquer momento; até mesmo com o estágio vegetativo avançado, quando é impossível a entrada de máquinas, sem danos às plantas. Outro ponto a ressaltar é a velocidade em que se obtêm as imagens; podendo até dimensionar uma propriedade/lavoura, em apenas uma imagem, com qualidade.

7. Considerações Finais

No mundo atual, tudo vem se modernizando e, na Agricultura, não é diferente. A busca pela lucratividade e facilidade de trabalho tem atraído, cada dia mais, a AP. Apesar de ter um alto investimento inicial, todas essas tecnologias têm auxiliado e resolvido a vida do homem do campo. À medida que se melhoram os processos, os custos são diluídos e se tornam, cada vez mais, viáveis no uso da AP; devido à economia e precisão incrementada no sistema de produção. As informações geradas, de forma organizada, possibilitam tomadas de decisão e praticidade; possibilitando, assim, um negócio assertivo. Um ponto importante dessa técnica é que ela não visa à substituição dos profissionais do campo; apesar da facilidade em se obterem dados. São necessários profissionais capacitados, para calibração dos sensores e coleta; e, elaboração, interpretação desses dados. Embora já esteja ganhando mercado, pesquisas na área de AP, são de extrema importância; para, cada vez mais, buscarem-se soluções para a Agricultura; pois, o Brasil possui uma grande dependência da economia, gerada do Agronegócio.

8. Referências Bibliográficas

ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, 1999. p. 25-32.

CHERUBIN, M.R; SANTI, A.L; A.L; EITELWEIN, A.L; AMADO, T.J.C; SIMON, D.H; DAMIAN, J.M; Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade

espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.50, n.2, p.168-177, fev. 2015

FIELDSTAR. Solução em Agricultura de Precisão. Massey Ferguson – abril/05. p.2-3.

MOLIN J.P; AMARAL L.R; COLAÇO A.F; Agricultura de precisão ed.-São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MOORE, M. An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management, Silsoe College Thesis, 1997.

MORGAN, M., ESS, D. The precision Farming Guide for Agricultorists. Deere & Company, Moline, USA, 1997, 117p.

RDS. Ceres 2 Installantion Instructions. RDS Technology Ltd., Inglaterra.

SOARES, L.M; ORTOBONI, E.M; BATISTA S.P; MAIA J.S.; (2016). Agricultura de precisão e os nematoides. In: R. Galbieri and J. Louis Belot, ed., Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle, 3rd ed. [online] Cuiabá (MT): Instituto Mato-grossense do Algodão - IMAmt, pp.138, 139

COLETA E AMOSTRAGEM DE FITONEMATOIDES



Maria Amelia dos Santos

Eng^a. Agrônoma, Nematologista, Dra. / maria.dos@ufu.br

Rafael Tadeu de Assis

Eng. Agrônomo, Fitotecnista, Dr. / rafaeldelavras@hotmail.com

Luiz Eduardo da Silveira Urzêdo

Eng. Ambiental, Discente de Eng. Agronômica / luizurzedo@gmail.com

Ernane Miranda Lemes

Eng. Agrônomo, Fitopatologista, Dr. / ernanelemes@yahoo.com.br

1. Introdução

Os nematoides parasitos de plantas representam 10% do total de espécies do Filo Nematoda; ou seja, 3.000 espécies. Desse montante, 10% são fitopatógenos; isto é, espécies que, por si só, são capazes de causar doenças em plantas. Essas 300 espécies de fitonematoides estão espalhadas, geograficamente; e, sendo capazes de causar grandes danos às plantas; provocando significativas perdas de produção.

Pelas suas características anatômicas e morfológicas, os nematoides não possibilitam ser diagnosticados no campo; tais como, características de tamanho do corpo reduzido (0,5 a 1 mm de comprimento), pequeno diâmetro do corpo cilíndrico (15 a 30 μm) e coloração transparente. Com essa dificuldade de visualização, há necessidade de coleta de amostras, no campo; e, envio para laboratórios que realizarão procedimentos para extração de nematoides, tanto de amostras de solo, quanto de partes vegetais, principalmente de raízes.

Sem uma adequada coleta de amostras, a diagnose estará comprometida; e, conseqüentemente, o manejo da área comprometida não terá a base correta, para a elaboração de estratégias de controle das populações dos nematoides envolvidos.

O manejo precisa de informações perfeitas, qualificativamente como quantitativamente, das populações de nematoides; como também, a sua distribuição horizontal na área. No Brasil, fitonematoides são importantes, em todas as culturas, exploradas economicamente. Em determinadas culturas, pela sua expressão de área cultivada e pela grande quantidade de nematoides como patógenos, o problema é maior. Culturas como soja, café, cana-de-açúcar, milho, feijão, banana, tomate, batata, entre outras, estão nessa situação.

2. Distribuição de Fitonematoides

Uma análise nematológica deve apresentar resultados confiáveis e expressar, com precisão, quais e quantos fitonematoides estão presentes, na amostra de uma área uniforme do campo (FREITAS et al., 2001). Portanto, o primeiro aspecto a ser considerado no processo de amostragem de solo e planta é a distribuição dos fitonematoides, tanto no espaço quanto no tempo. O conhecimento desse aspecto é essencial para uma amostragem representativa, que contenha os fitonematoides, presentes na área amostrada. Segundo Amorim (1985), existem três modelos básicos de distribuição horizontal de microrganismos, em uma área:

- a- Ao acaso: Quando a distribuição é casualizada, sem um padrão definido.
- b- Em agregados: Quando os microrganismos ocorrem agrupados.
- c- Regular: Quando os microrganismos estão distribuídos, uniformemente.

A distribuição espacial dos fitonematoides, em uma área, é bastante desuniforme e em uma pequena distância, grande variação nas populações pode ser observada; o que é característico de uma distribuição em agregados. Como parasitas obrigatórios, os fitonematoides estão presentes em maiores números, no solo próximo às raízes das plantas (rizosfera) - pois depende delas, vivas, para a sua sobrevivência - o que deve ser lembrado no processo de

amostragem. Na ausência de plantas hospedeiras, os fitonematoides sobrevivem no solo, como ovos resistentes a intempéries (DINARDO-MIRANDA, 2014).

Contudo, essa distribuição, tanto horizontal quanto vertical (no perfil do solo), é, diretamente, influenciada por fatores como, disponibilidade de água e nutrientes; tipo do solo (arenoso ou argiloso); e, interações com outros microrganismos, presentes no solo; assim como a movimentação de máquinas e pessoas na área; e, chuvas fortes (enxurradas) (BARKER, 1985; FREITAS et al., 2001).

O fator temperatura média, predominante do solo; e, amplitude de variação afetam, profundamente, a população de fitonematoides; podendo ser mais influente que a precipitação e a umidade do solo, como observado por Asmus e Ishimi (2009), no patossistema *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira, em algodão, onde a temperatura do solo entre 0,15 e 0,3 m se correlacionou, significativamente, com a população do fitonematoide, entre 0,2 a 0,4 m de profundidade.

Além dos fatores apresentados, as flutuações sazonais, ou, padrões de distribuição temporal dos fitonematoides, também, variam, de acordo com a cultura atual e anteriores (plantas hospedeiras); a espécie do fitonematoide, juntamente, às condições edafoclimáticas (BARKER, 1985).

Em uma amostragem para fins econômicos, em consultorias, a recomendação é que, anteriormente à amostragem nematológica, deve-se tomar conhecimento sobre os principais problemas nematológicos da cultura. Essas informações podem auxiliar no processo de amostragem e melhorarem a representatividade da amostra final a ser analisada. Outras referências na literatura, também, indicam recomendações para amostragens adequadas de fitonematoides e complementam as informações apresentadas aqui, como: MCSORLEY (1987), FORTUNER (1991), PASCHOAL et al. (1995) e FREITAS et al., (2001; 2007).

3. Plano de Amostragem

Além do conhecimento sobre a distribuição espacial dos

fitonematoides, a finalidade da informação nematológica (p.ex. estudos ecológicos, velocidade de disseminação, manejo agrícola), também, deve ser considerada, durante o processo de planejamento da amostragem. Dois planos básicos de amostragens se destacam e podem ser empregados em diferentes finalidades: Amostragem ao Acaso ou Amostragem Sistemática (MCSORLEY, 1987; Amorim, 1995).

A Amostragem ao Acaso é realizada para doenças de plantas (ou microrganismos) que se distribuem, mais uniformemente, na área; uma vez que a seleção dos pontos de amostragem é casualizada; ou seja, cada ponto na área tem a mesma chance de ser selecionado para ser amostrado. A seleção dos pontos amostrais pode ser por simples sorteio ou por tabelas casualizadas.

A Amostragem Sistemática é a mais indicada para a avaliação de doenças de plantas, como as nematoses; pois a amostra composta é formada por subamostras, retiradas em intervalos predeterminados (p.ex. a cada 30 metros, de 10 em 10 linhas).

A Amostragem Nematológica deve ser, preferencialmente, realizada por extratos (áreas comuns ou glebas); ou seja, a amostragem da área total deve ser separada entre áreas com características distintas. Características, como o tipo de solo, a topografia, a cultura atual e o histórico da área são indicativos de áreas distintas; e, que, portanto, devem ser amostradas, separadamente (AMORIM, 1995). Dentro de cada extrato, os pontos de amostragem podem ser selecionados em esquema ziguezague (BARKER, 1985).

Portanto, a Amostragem Nematológica deve ser sistemática (distribuição agregada) e estratificada (distintas amostras compostas); e, quanto maior for o número de sub amostras coletadas, para compor as amostras compostas, mais fiéis serão os resultados, obtidos na avaliação nematológica (BARKER, CAMPBELL, 1981).

A necessidade de amostragens para se conhecerem os fitonematoides, presentes em uma área, deve ocorrer sempre que forem identificadas reboleiras de plantas estressadas, plantas mortas ou raquíticas, redução da produtividade; ou, plantas, apresentando sintomas similares aos causados por deficiências nutricionais.

4. Amostragem de Fitonematoides

4.1. O que coletar?

Uma vez selecionado o ponto de amostragem, pelo esquema de ziguezague, nele, devem ser coletados solo e raízes, após a limpeza superficial de resíduos grosseiros. O solo deve ser, preferencialmente, aquele próximo às raízes; e, as raízes coletadas devem ser vivas e jovens (radicelas); que, geralmente, são raízes secundárias e terciárias. Raízes, com os sintomas da nematose (necroses e/ou galhas), devem, também, ser incluídas na amostra. Porém, há exemplos, como no caso de *Meloidogyne coffeicola*, Lordello e Zamith, em café, que ocorre em raízes lenhosas; e, estas, também, precisarão ser amostradas.

A amostragem do solo deve ser sempre em sua umidade natural; evitando extremos de ressecamento ou encharcamento, para preservar a integridade dos fitonematoides presentes. A adição de água para facilitar a coleta do solo não é recomendada, por facilitar a posterior proliferação de microrganismos que vão acelerar a degradação da amostra; principalmente, das raízes.

A coleta de raízes permite identificar e quantificar, mais precisamente, os fitonematoides, presentes na área; especialmente, para endoparasitas como os do gênero *Pratylenchus* (Goulart et al., 2008). As raízes, ainda, precisam estar vivas para facilitar os processos de extração e identificação de fitonematoides endoparasitas, como os do gênero *Meloidogyne* (fitonematoides formadores de galhas). Esses exemplos, também, ilustram a importância de cuidado a campo, na amostragem de raízes, da mesma espécie de planta.

Raízes de outras plantas, consorciadas ou infestantes (especialmente quando a cultura de interesse, ainda, não está a campo) podem ser coletadas e analisadas, separadamente; para auxiliarem no entendimento dos fitonematoides, presentes na área e quais plantas são hospedeiras e proliferadoras.

A Amostragem Nematológica, também, poderá ocorrer para partes aéreas das plantas, em casos que o fitonematoide pode, eventualmente, parasitar esses órgãos (caules, folhas, flores, frutos ou sementes) (FERRAZ et al., 1995).

4.2. Quanto coletar?

A quantidade de solo e raízes (radicelas) coletadas para envio ao laboratório deve ser de, aproximadamente 1 kg e 0,2 kg, respectivamente. A amostragem de raízes de plantas deve ser feita com cuidado e de preferência com o auxílio de um enxadão para se coletar inteiro o torrão de solo, próximo ao sistema radicular; e, não causar o rompimento das raízes finas - onde a maioria dos fitonematoides se instala. As plantas a serem amostradas nunca devem ser puxadas pela parte aérea, para evitar a perda das raízes mais finas.

A separação de raízes e solo poderá ser feita, posteriormente, na composição da amostra composta, caso na amostragem das sub amostras seja recolhido um torrão, contendo solo e raízes. Deve sempre se ter em mente que as raízes precisam ser coletadas em quantidade, de forma a compor 0,2 kg na amostra composta; e, em qualidade (radicelas vivas, ou raízes lenhosas, em certos casos) para que a análise seja eficiente, na identificação dos fitonematoides presentes e do possível agente causal da nematose.

4.3. Quando coletar?

O momento ideal para a Amostragem Nematológica é a partir do período de florescimento da cultura; principalmente, nas culturas anuais (após cerca de 40 a 60 dias, após emergência); pois, nesse momento, as plantas estão, completamente, desenvolvidas; e, ainda, não iniciaram a senescência; portanto, as populações de nematoides serão elevadas (GOULART, 2009; GALBIERI et al., 2016). A amostragem pode ocorrer, após a florada; mas, deve ser o quanto antes à colheita for possível, para que se preserve o máximo de raízes vivas.

Contudo, o período de florescimento da maioria das culturas coincide com o período chuvoso do ano (primavera/verão); não sendo aconselhada a amostragem com o solo encharcado, pelo mesmo motivo que não se aconselha molhar o solo antes da amostragem; pois o excesso de água estimula a proliferação de microrganismos, que podem degradar a amostra rapidamente. Nessa situação, é aconselhado esperar alguns dias para que o solo drene a níveis menos saturados.

A amostragem e a identificação nematológica, nesse momento, (florescimento da safra atual) tem por objetivo maior planejar o manejo dos fitonematoides presentes para a próxima safra. Por essa razão que, deve-se estar atento aos indícios (p.ex. plantas subdesenvolvidas, cloróticas, sofridas nas horas mais quentes do dia, com baixa produtividade, presença de galhas e/ou necroses nas raízes), que denunciam a presença de fitonematoides, na área o mais breve possível. Portanto, durante a colheita ou o período entre safras, não é recomendado para a Amostragem Nematológica, pois as raízes estarão senescentes e deterioradas para essas análises (DINARDO-MIRANDA, 2014); e, apenas, ovos de fitonematoides - de difícil diferenciação entre espécies - serão encontrados, na amostra de solo.

4.4. Onde coletar?

Os sintomas da presença de fitonematoides, geralmente, ocorrem em reboleiras ou manchas na área, onde as plantas não se desenvolvem; normalmente, apresentando um porte baixo (Shurtleff; Averre III, 2000). Porém, em muitas situações, os sintomas não são, facilmente, perceptíveis; ou, são confundidos com sintomas de outras causas, como deficiências nutricionais, ataque de pragas, compactação do solo e estresses climáticos (falta de água ou encharcamento do solo) (FERRAZ; MONTEIRO, 1995); o que exige atenção extra aos sintomas que são observados.

No ponto de amostragem, a coleta deve acontecer entre 0 a 0,2 m ou 0 a 0,3 m de profundidade, como exemplificado na Fig. I. Em sistemas agrícolas, salvo algumas exceções, os fitonematoides, geralmente, localizam-se na camada de 0,15 a 0,2 m de profundidade (NORTON; NIBLACK, 1991). Porém, a distribuição vertical dos fitonematoides pode ser muito variável (BARKER, 1985). Fitonematoides dos gêneros *Longidorus* e *Xiphinema*, por exemplo, devem ser amostrados, em camadas inferiores do solo, até 0,5 m, onde são encontrados, em maior frequência.

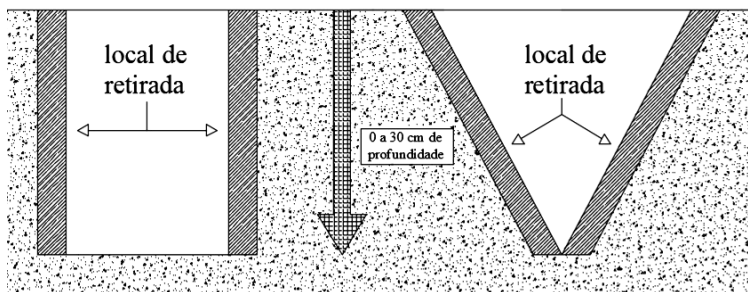


Figura I: Coleta de Solo para Análise Nematológica.

Os pontos de amostragem são determinados em ziguezague pela área, conforme a Fig. II; e, devem ser sempre junto às plantas, com moderados sintomas da presença de fitonematoides; evitando as plantas muito afetadas ou já mortas; portanto, coletando-se as plantas às margens das reboleiras. Além das amostragens, na periferia das reboleiras, são aconselhadas amostragens em áreas, sem aparentes sintomas da presença de fitonematoides, para a conferência da distribuição dos fitonematoides na área. Nesse caso, têm-se duas amostras distintas: próxima às reboleiras; e, em áreas “sadias” (SHURTLEFF; AVERRE III, 2000).

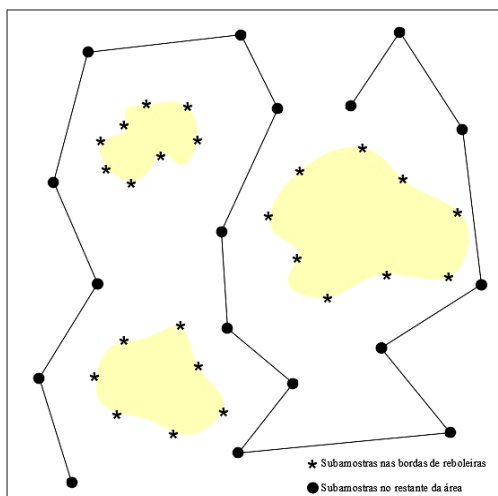


Figura II: Pontos de Amostragem de Solo e Raízes em um Talhão de Plantio.

Em culturas perenes, arbóreas, a amostragem deve ser realizada na projeção da copa, onde existem raízes jovens e ativas (BARKER, 1985; FORTUNER, 1991).

A recomendação de amostragem indica que, no mínimo, entre 20 a 30 amostras devem ser coletadas por área homogênea (gleba) (BARKER, 1985). Essas amostras devem ser coletadas em áreas, com características comuns, de tipo de solo, topografia e histórico semelhantes; pois irão compor a amostra composta. Em situações que a área se apresenta bastante homogênea, apenas, uma amostra composta poderá representar vários hectares. Contudo, a recomendação é a divisão da área homogênea, quando grande; quadrantes de até 10 ha, selecionar de 5 a 10 quadrantes e retirar uma amostra composta de cada quadrante selecionado (GOULART, 2010).

Todo o planejamento de amostragem, também, deve levar conta o “bom senso” de quem conduzirá a amostragem e a noção que, quanto mais sub amostras e amostras compostas, mais representativos e precisos serão os resultados da análise nematológica.

4.5. Como coletar?

A ação de coleta das amostras pode ser realizada com enxadão, pás retas e trados de amostragem ou qualquer ferramenta que permita extrair as quantidades e na profundidade necessárias. O uso de trados de amostragem padroniza e facilita o trabalho de coleta; com as demais ferramentas, a ideia é cavar o ponto de amostragem e de uma lateral/parede do buraco, retirar uma fatia de espessura uniforme até a profundidade determinada.

As sub amostras coletadas de solo e raízes devem ser postas em um balde limpo de resíduos de solo de outras amostragens e misturadas até a uniformização, para comporem a amostra composta. Tão importante quanto as amostras de solo são as amostras de raízes. Portanto, em cada ponto de amostragem, uma sub amostra deve ser coletada de solo e de raízes. No procedimento de amostragem de solo e raízes, para fins de avaliação de fitonematoides, deve-se ter, também, lona ou plástico grosso para a uniformização das sub amostras e

composição da amostra composta; tesoura ou faca para cortar raízes, prancheta, fichas de campo e etiquetas de identificação.

Na avaliação de mudas para a presença de fitonematoides deve-se escolher, aleatoriamente, pelo menos 10 mudas (tubetes ou saquinhos plásticos), em cada milheiro de mudas. A parte aérea das mudas pode ser descartada para fins de facilitar o transporte. Deve-se atentar para o fato de as mudas terem a mesma idade e o manejo de condução para serem amostras, como sendo do mesmo lote.

As amostras a serem enviadas para análise devem ser acondicionadas em sacos plásticos resistentes, bem vedados e identificados. Na composição da amostra a ser enviada para o laboratório, no saco plástico, sobre metade da amostra de solo (0,5 kg), devem se colocar as raízes amostradas (0,2 kg); e, o restante do solo (0,5 kg) acima delas, para que as conserve e mantenha a integridade da amostra (DINARDO-MIRANDA, 2014).

5. Amostragem em Culturas Anuais

A coleta de fitonematoide deve priorizar o momento de sua maior ocorrência, maior população; o que, geralmente, ocorre próximo ao florescimento (máximo de radículas vivas), durante o período chuvoso. As amostras de culturas anuais devem ser coletadas na camada de 0 a 0,2 m; porém, há fitonematoides que ocorrem em outras profundidades, como *R. reniformis*, em algodão; e, nesse caso, o solo deve ser amostrado até uma profundidade de 0,4 m (GOULART, 2009; GALBIERI et al., 2016). É importante salientar que a densidade populacional de fitonematoides tende a aumentar, à medida que se concentram as raízes das plantas; portanto, as amostragens, realizadas próximas à rizosfera (região radicular), entre 10 cm a 25 cm dentro ou próximo à linha de plantio, são mais representativas (OVERSTREET et al., 2012).

Uma amostra composta irá representar uma área homogênea de 10 a 20 ha, onde, de cada hectare se extrai 2 sub amostras de pontos escolhidos em ziguezague. No caso de reboleiras nítidas, evitar pontos de amostragem em seu interior; onde as plantas estarão mais debilitadas; e, coletar solo e raízes de plantas, ainda, sadias na periferia.

Cada sub amostra deve ser coletada, tendo em mente que a amostra composta deverá ter cerca de 1 kg de solo e 0,2 kg de raízes finas e vivas; portanto, a coleta de 1 kg de solo e 0,2 kg de raízes, em cada sub amostra, pode originar um grande volume de solo, no final, para se extrair a amostra composta; recomendando-se, então, que, em cada sub amostra, apenas uma fração (“mão cheia”) dessa quantidade seja coletada. Durante a coleta das sub amostras, cobrir as raízes com o solo para reduzir seu ressecamento e sua desidratação.

6. Amostragem em Citros e Café

As culturas perenes estão sujeitas a perder parte do seu sistema radicular, especialmente, as mais superficiais ao solo, durante o período de seca (outono/inverno). Por essa razão, amostragens, nesse período, podem conduzir a resultados que subestimam a presença em quantidade e de espécies de fitonematoides na área. Porém, apesar do período chuvoso (30 a 40 dias após seu início; e, até 30 a 40 dias, após seu fim, no outono) ser mais apropriado para coleta de amostras para análise nematológica, deve-se tomar o cuidado para não amostrar, após chuvas fortes, quando o solo estará encharcado.

A metodologia de amostragem e sua quantidade seguem as mesmas para qualquer cultura; no entanto, no caso de citros e café, o ponto de amostragem deve ser sempre na projeção da copa dessas culturas. No caso do café, atentar para a espécie de fitonematoide *M. coffeicola* que parasite as raízes mais grossas da planta.

7. Amostragem em Cana de Açúcar

A Amostragem Nematológica em canavial pode ser feita, tanto em cana-planta (cana de primeiro ano), quanto em cana-soqueira. Para a avaliação de áreas de expansão (áreas que, ainda, não tiveram cana de açúcar cultivada), Novaretti (2011) sugere que toletes-iscas devem ser enterrados na área; e, amostras de solo e raízes devam ser coletadas e avaliadas, após sessenta (60) dias. Amostras de raízes de diferentes plantas infestantes nessa área devem ser amostradas e avaliadas para

assegurar que seja identificado qualquer fitonematoide expressivo para a cultura da cana de açúcar. Amostras de solo da área, também, podem ser testadas em caso de vegetação, para determinação de quais fitonematoides parasitas da cana de açúcar estão presentes.

Para o manejo dos fitonematoides para a safra seguinte, é recomendada a amostragem na soqueira, antes do último corte (colheita). Porém, apesar da amostragem ideal em cana de açúcar ser cerca de 30 a 40 dias após o início do período chuvoso, a amostragem, com o intuito de controle, na presente safra, pode ser feita em qualquer período (DINARDO-MIRANDA, 2014).

Uma amostra composta a cada 20 ha pode ser feita para a cultura da cana; no entanto, são recomendadas 2 sub amostras por hectare. Nos pontos selecionados para a amostragem, contorna-se uma touceira até 0,25 m de profundidade; e, arranca-se para amostrar raízes. Bater a touceira sobre a lona, para separar solo de raízes; e, com uma tesoura ou faca, separam-se as raízes. Uma “mão cheia” de solo da lona e de raízes são amostrados e postos no balde juntos. Depois de coletadas todas as sub amostras, estas são uniformizadas; e, cerca de 1 kg de solo e 0,2 kg de raízes são enviados para o laboratório.

Para a análise nematológica de raízes de cana de açúcar, devem-se coletá-las longas; e, portanto, com o auxílio de um enxadão. Essa estratégia é para garantir a identificação de fitonematoides, que, geralmente, penetram pelas pontas das raízes (DINARDO-MIRANDA, 2014). Colocar as raízes de cana de açúcar sobre metade do solo da amostra composta e cobri-las, com a outra metade do solo para maior conservação das raízes.

8. Cuidados com as Amostras

Como apresentado, uma amostra adequada para análise de fitonematoides deve conter suficiente quantidade de solo, naturalmente, úmido e raízes vivas. A manutenção dessas características, no entanto, também, depende de como as amostras serão manuseadas, durante e após, o processo de coleta e o seu acondicionamento.

A identificação da amostra deve ser criteriosa; porém, nos sacos

plásticos que vão para análise nematológica deve-se constar, apenas, o número identificador da amostra; juntamente, às informações que cada laboratório solicita (ficha de campo). Para garantir que não ocorra a perda desse número, durante o processo de amostragem e envio para o laboratório, algumas práticas podem ser feitas, concomitantemente; como, anotar a lápis o número da amostra e por dentro do saco plástico; e, escrever com caneta esferográfica, de forma a marcar a embalagem; assim, se a tinta sair e o papel desmanchar, pela umidade da amostra, a marca em depressão, no saco plástico, indicará o número da amostra.

A ficha de campo deve conter outras informações, coletadas de cada amostra, antes de enviá-las ao laboratório. Além do número da amostra, outras informações precisam, sempre que possível, serem registradas na ficha de campo; como a localidade (fazenda, município e estado); proprietário ou gerente responsável e contatos; data de coleta; área amostrada (ha); nome do coletor; tipo de solo e seu preparo (convencional ou plantio direto); cultura e variedade (nome científico sempre que possível); estágio da cultura, dias após semeadura e sintomas, quando da amostragem; presença de plantas daninhas (e quais); histórico de cultivo e tratos culturais da área; condições do tempo, nos últimos 15 dias; possíveis culturas futuras, entre outras informações pertinentes (GOULART, 2010). Um *croqui* da área, identificando os pontos de amostragem, é auxiliar na organização das informações.

A campo, após a coleta das sub amostras (e amostras), os saquinhos plásticos, contendo as sub amostras e amostras, devem ser acondicionados em caixa térmica ou de isopor e à sombra. Deve-se, sempre, evitar a incidência direta de luz solar; o que pode eliminar os fitonematoides presentes. Após a coleta e composição das amostras compostas, estas devem chegar ao laboratório de análise em até cinco (5) dias, preferencialmente.

Durante esse período, após a amostragem, armazenar as amostras em local sempre fresco e seco; de preferência, em local com ar condicionado. O armazenamento das amostras, na parte inferior de geladeira doméstica, na temperatura mais elevada, tem sido

recomendado; mas, esta pode ser uma rotina, a qual pode danificar a amostra, quando for novamente mantida à temperatura ambiente; acelerando sua decomposição. Segundo Goulart (2010), temperaturas abaixo de 8 °C causam danos aos fitonematoides presentes na amostra; enquanto que temperaturas entre 10 e 15 °C prolongam a sua sobrevivência.

O transporte das amostras até o laboratório deve ser, preferencialmente, feito em caixa térmica ou de isopor; evitando-se choques mecânicos nas amostras ou sua proximidade com produtos químicos; para que se garanta a qualidade do material a ser analisado e a confiabilidade dos resultados. Nematoides dos gêneros *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Longidorus* e *Xiphinema* são prejudicados, por queda e compressão da amostra (Goulart, 2010).

9. Referências bibliográfica

AMORIM, L. 1995. **Avaliação de doenças**. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. v. 1. São Paulo, SP: Ceres. p. 647-671.

ASMUS, G. L.; ISHIMI, C. M. 2009. **Flutuação populacional de *Rotylenchulus reniformis* em solo cultivado com algodoeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 44(1): 359-372.

BARKER, K. R. 1985. **Sampling nematode communities**. In: Barker, K. R.; Carter, C. C.; Sasser, J. N. (Ed.). An advanced treatise on *Meloidogyne*: methodology. Raleigh: North Carolina State University - USAID, p. 3-17.

BARKER, K. R.; CAMPBELL, C. L. 1981. **Sampling nematode populations**. In: ZUCKERMAN, B. M.; ROHDE, R. A. (Ed.). **Plant parasitic nematodes**. v. 3. New York: Academic Press, p. 451-473.

DINARDO-MIRANDA, L. L. 2014. **Nematoides e pragas da cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 400 p.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. 1995. **Nematóides**. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual**

de fitopatologia: Princípios e conceitos. v. 1. São Paulo, SP: Ceres. p. 168-201.

FORTUNER, R. 1991. **Methods for collection and preparation of nematodes.** Part 1. Field sampling and preparation of nematodes for optic microscopy. In: Nickle, W. R. (Ed.). Manual of agricultural nematology. New York, NY: Marcel Dekker, p. 75-87.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; Ferraz, S. **Introdução à nematologia.** Viçosa, MG: UFV, 2001. 84 p.

FREITAS, L. G.; NEVES, W. S.; OLIVEIRA, R. D. L. 2007. **Métodos em nematologia vegetal.** In: Alfenas, A. C.; Mafia, R. G. Métodos em fitopatologia. Cap. 11. Viçosa, MG: UFV. p. 253-291.

GALBIERI, R.; VAZ, C. M. P.; SILVA, J. F. V.; ASMUS, G. L.; CRESTANA, S.; MATOS, E. S.; MAGALHÃES, C. A. S. 2016. **Influência dos parâmetros do solo na ocorrência de fitonematóides.** In: Galbieri, R.; Belot, J. L. Nematóides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle. Cuiabá: IMAMT, p. 37-89.

GOULAR, A. M. C. 2008. **Aspectos gerais sobre nematóides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*).** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. Embrapa Cerrados. Documento: 219.

GOULART, A. M. C. 2009. **Coleta de amostras para análise de nematoides: recomendações gerais.** Planaltina, DF : Embrapa Cerrados. 31 p. (Documentos/Embrapa Cerrados).

GOULART, A. M. C. 2010. **Análise nematológica: importância e princípios gerais.** Planaltina: Embrapa Cerrados. 45 p.(Embrapa Cerrados. Documentos, 299).

MCSORLEY, R. 1987. **Extraction of nematodes and sampling methods.** In: BROWN, R. H.; KERRY, B. R. (Ed.). Principles and practice of nematode control in crops. Sydney: Academic Press, p. 13-46.

NORTON, D. C.; NIBLACK, T. L. 1991. **Biology and ecology of nematodes**. In: Nickle, W. R. (Ed.). Manual of agricultural nematology. New York: Marcel Dekker, p. 47-72.

NOVARETTI, W. R. T. 2011. **Coleta de amostras de raízes e solo para análise nematológica**. Campinas, FMC. 17 p.

OVERSTREET, C.; KOENNING, S.; KEMERAIT, B.; NOCHOLS, B. 2012. **Managing nematodes in cotton-based cropping systems**. In: Cotton incorporated.

SHURTLEFF, M. C.; AVERRE III, C. W. 2000. **Diagnosing plant diseases caused by nematodes**. Minnesota: APS Press, 187 p.



José Geraldo Mageste

Eng. Florestal, D.Sc./Ph.D. Professor da UFU - Uberlândia, MG / jgmageste@ufu.br

José Luiz Rodrigues Torres

Lic. em Ciências Agrícolas, D.Sc. Professor do IFTM - Uberaba, MG / jlrtorres@iftm.edu.br

Ernane Miranda Lemes

Eng. Agrônomo, Fitopatologista, Dr. / ernanelemes@yahoo.com.br

1. Introdução

Não se pretende, neste capítulo, esgotar todo assunto referente à produção de madeira de eucalipto no Brasil. A complexidade da Ciência Florestal, ligada à silvicultura dessa espécie, é elevada, com grandes avanços, expressos nos seus diversos Cursos Brasil afora. Assim, fica o alerta ao interessado em aprofundar seus conhecimentos, no cultivo dessa espécie, para sempre consultar um profissional da área, de preferência um Engenheiro Florestal, procurando informações mais detalhadas sobre a condição ambiental (“*site index*” ou qualidade de sítio) do local onde se pretende produzir.

Formar povoamentos homogêneos e competitivos, dentro da média brasileira, com um IMA (Incremento Médio Anual), em torno de $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ou, volume de colheita, em torno de 310 m^3 em um período de 7 anos, superior em qualidade, significa ter acertado, em muitos quesitos, que poderiam ter comprometido todo o êxito da cultura. Atualmente, o Brasil já domina a tecnologia na produção de madeira de eucalipto (da produção de mudas à colheita); e, exporta para o restante do mundo. Mas, em nível de propriedade rural, ainda, há muito que se colocar em prática; principalmente, o desenvolvimento de mecanismos de planejamento adequado.

2. Histórico da Eucaliptocultura, no Brasil

Eucalipto é um termo genérico para expressar diversas espécies do gênero *Eucalyptus*, que foi identificado pelos ingleses, em 1788, na Austrália, como uma espécie arbórea promissora. A Austrália é considerada o local de origem desse gênero, juntamente com Nova Zelândia e Guiné. Em 1823, a espécie foi introduzida na América do Sul, pelo Chile.

O pesquisador, Engenheiro Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, considerado o Pai da Eucaliptocultura, no Brasil, escreveu diversos trabalhos sobre o cultivo de eucaliptos, no oeste paulista; e, destacou que a presença do gênero, no Brasil, é controversa; havendo relatos de sua chegada, em 1855, no Rio de Janeiro; ou, em 1865, no Rio Grande do Sul. Contudo, existem relatos de presença de *E. gigantea*, plantado, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, em 1825. Também, de *E. globulus*, plantado no interior de São Paulo, entre 1861 e 1863 (ANDRADE, 1961).

Os primeiros povoamentos, no Brasil, restringiam-se à decoração, como quebra-ventos; e, para a produção de óleo essencial. Posteriormente, a sua madeira foi utilizada como lenha/combustível para as locomotivas e dormentes para os trilhos da Companhia Paulista de Estradas de Ferro; como também, para as construções que acompanhavam o crescimento das ferrovias.

O eucalipto apresentou qualidades da madeira que levaram Navarro de Andrade a estudá-lo e selecionar algumas espécies para as condições brasileiras; visando, principalmente, a atender às demandas ferroviárias de lenha, dormentes, postes e mourões. Entre 1904 e 1909, no Horto de Jundiaí, no Estado de São Paulo, foram cultivadas diversas espécies de eucalipto, em comparação à peroba, cabreúva, jequitibá, jacarandá paulista e pinheiro do Paraná; quando ficou destacado o rápido crescimento do eucalipto, em relação às espécies testadas (MOURA & GARCIA, 2000). Em 1910, Navarro de Andrade plantou, em Rio Claro, uma grande coleção de genótipos de *Eucalyptus*; e, em 1919, já possuía mais de 100 (entre 123 e 144) espécies desse gênero, plantadas no Brasil.

Os diferentes fins da madeira de eucalipto foram logo percebidos; e, além de seu uso como lenha, carvão vegetal, poste, dormente, viga e produção de óleos essenciais, ainda, destacavam-se sua aptidão para a produção de celulose. O eucalipto, também, apresenta razoável tolerância a períodos de seca (veranicos); e, um bom desenvolvimento, em solos de baixa fertilidade natural; o que contribuiu para impulsionar o interesse pela eucaliptocultura e pela seleção de diferentes materiais genéticos, para as condições edafoclimáticas brasileiras. Assim, o eucalipto foi disseminado, no estado de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro; e, mais recentemente, na Bahia, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Tocantins, Piauí e Pará.

Até a Segunda Guerra Mundial, o eucalipto, no Brasil, era utilizado, apenas, para lenha e carvão. Após esse período, o seu uso para celulose e papel foi sendo implementado. Durante as décadas de 40, 50 e 60, empresas como a Cia. Melhoramentos, Companhia Suzano de Papel e Celulose, pertencente a Leon Feffer; a Champion Papel e Celulose; CENIBRA (Celulose Nipo Brasileira) e FIBRIA (Votorantim + Aracruz Celulose), juntamente com Centros de Pesquisas, principalmente, aqueles vinculados à Universidade de Viçosa e à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ - USP), desenvolveram as técnicas para produção de eucalipto, voltado para a alta qualidade e ao desempenho da produção de celulose e papel. Outras Organizações como a Mannesmann, Cia. Agroflorestal Sta. Bárbara (Belgo Mineira), Cia. Vale do Rio Doce; principalmente, do estado de Minas Gerais, procuraram desenvolver tecnologias para a produção de carvão vegetal; necessário para a produção do ferro gusa e do aço.

A partir da década de 60, o Governo Federal, por meio do Programa de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento (PIFR) e do II Programa Nacional de Desenvolvimento (PND), estimulou as Organizações, de base florestal, (principalmente, celulose e siderúrgicas), a instalarem seus povoamentos próprios. Em 1974, foi lançado o Programa Nacional de Papel e Celulose (PNPC); que, por meio de recursos do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico (BNDE) a fim de amparar a instalação e o crescimento desse ramo

da indústria. Empresas importantes do setor, atualmente, também, surgiram nesse período, como as fábricas de celulose CENIBRA, ARACRUZ CELULOSE; e, aciarias modernas, como a USIMINAS, AÇOMINIAS e a ACESITA. Nessa época, também, surgiu a Florestas Rio Doce, o braço silvicultural da Vale do Rio Doce (hoje VALE), que expandiu pesquisas e reflorestamento para a região do MATOPIPA - estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Pará (FOELKEL, 2005).

A franca expansão do setor de base florestal, no país, e, a crescente necessidade de desenvolvimento para atender a esse setor, também, foram seguidas da criação dos primeiros Cursos de Engenharia Florestal, como os de Viçosa (1960, Escola Nacional de Florestas); e, Curitiba (1963, Curso de Engenharia Florestal). Em 1968, o IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais) é criado, na ESALQ, com o apoio de empresas privadas. Posteriormente, surgiram a Sociedade de Investigações Florestais (SIF - Viçosa, MG); a Fundação de Pesquisas Florestais, Paraná (FUPEF); e, o Centro Nacional de Pesquisa Florestal da EMBRAPA, em Colombo, no Paraná.

A EMBRAPA, por meio do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF), e, com a ampla participação de empresas e dos Institutos de Pesquisas Florestais das Universidades, ficou encarregada em desenvolver materiais genéticos superiores; resistentes ou tolerantes a doenças de domínio mundial, como o cancro do eucalipto, uma doença causada pelo fungo *Cryphonectria cubensis* (Bruner). Hodges, ou à ferrugem das mirtáceas (*Puccinia psidii* Winter) que limitavam a produção àquela época.

Com o fim dos incentivos fiscais, na década de 80, as empresas que dependiam de produção de madeira foram obrigadas a fazer investimentos para manter a produção própria. Essa situação aproximou as empresas das Universidades Públicas para o desenvolvimento tecnológico; como também, do pequeno e médio produtor, como uma forma de acesso a esse conhecimento. Como medida de apoio a essas empresas, por parte de alguns estados, foram criados programas, como, o Pró-Floresta, em Minas Gerais, que incentivava o financiamento da instalação de povoamentos, pelo Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG).

A década de 1990 se caracterizou pela atenção à conservação dos recursos naturais, ao uso múltiplo das florestas e à responsabilidade social. O resultado desses enfoques conduziu às ideias de “sustentabilidade” ao “desenvolvimento sustentável” da atividade; fundamentados nos aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Atualmente, existem cerca de 8 milhões de hectares, com povoamentos de eucalipto, no Brasil (Ibá, 2018); sendo o estado de Minas Gerais, o que tem maior área plantada do país; acompanhado, de perto, pelos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Bahia; que são os maiores produtores do país. Nesses estados, as Organizações produtoras de madeira dessa espécie conseguem produtividades médias, em torno de 40 a 45 m³ ha⁻¹ ano⁻¹; chegando a valores até mesmo superiores a 60 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. A qualidade da madeira do eucalipto, também, está sendo, constantemente, melhorada para seu uso final, seja carvão, lenha, celulose, madeira de serraria, laminados, compensados e MDF (laminados de *medium density fiber*).

3. Instalação dos Povoamentos de Eucalipto

O objetivo econômico de qualquer produtor de eucalipto deve ser produzir, com rentabilidade e no menor período possível; com o uso de técnicas mais adequadas, a um baixo custo e em conformidade com a Legislação.

3.1. Planejamento para Instalação dos Povoamentos

Se de um lado, parece haver um bom conhecimento brasileiro sobre a produção agropecuária, por outro, o cultivo de árvores (silvicultura), ainda, não é de domínio geral. Mas, de qualquer forma, a tecnologia brasileira de silvicultura é um orgulho nacional; que é exportada para o restante do mundo. No entanto, não se traduz em sucesso para todos que lidam no campo; e, um dos maiores entraves parece estar no planejamento adequado do cultivo e da destinação final da produção.

Esse planejamento deve passar por um estudo bem conduzido e qualificado, que, em geral, permitirá ao gestor direcionar a produção para o mercado mais atrativo, em termos de necessidade de madeira, preços e retorno econômico. Um exemplo prático desse comportamento foi, por exemplo, aquele que permitiu o uso das toras de madeira, com 18 a 25 cm de diâmetro, que passaram a ser utilizadas na produção de serrarias e compensados (ROGLIN, 2018).

Por muito tempo, a presença de árvores, nas propriedades agrícolas do Brasil, era considerada um empecilho à ocupação da terra. De fato, no passado, a presença de povoamentos florestais nativos e a abundância de madeira, sem valor de mercado, eram encaradas como dificuldades para a implantação de pastagens; ou, mesmo para o cultivo agrícola. Assim, foi de tal maneira que, enquanto, em muitos países do mundo, como Portugal, Alemanha, Rússia, Canadá e países da América Central, a silvicultura já era um braço forte da Ciência Agrônômica, no Brasil, os primeiros Engenheiros Florestais, somente, foram formados, em meados da década de 1960.

A silvicultura ou cultura da madeira, apenas, veio a alcançar grandes avanços, com a necessidade de produção de madeira para a produção de carvão vegetal para a siderurgia, em Minas Gerais. Assim, tradicionalmente, muitos produtores rurais, ainda, encaram a produção de madeira como uma novidade; ou, erroneamente, muitos profissionais pensam que a dominam; e, o resultado são povoamentos de eucalipto de baixa produtividade e de êxito financeiro duvidoso. E, isso acontece, mesmo quando inúmeras barreiras de comunicação já foram vencidas e a facilidade de difusão de tecnologias e conhecimentos parece não terem limites.

É, exatamente, na hora de iniciar o projeto de formação de povoamentos florestais que surgem as dúvidas e as dificuldades. Por isso, todo o cuidado é necessário para não se tomarem decisões precipitadas que comprometerão todo o êxito do empreendimento. O planejamento da instalação/produção de madeira, na propriedade agrícola, deve passar pelas seguintes definições, antes de qualquer ação:

3.2. Produzir para quem?

Produzir para Terceiros - Não se pode pensar em produzir madeira de eucalipto, sem pensar no futuro mercado consumidor. Pensar no mercado significa estar atento às necessidades do mercado consumidor regional, primeiramente. Lembre-se de que se trata de um produto a ser entregue a 3 (biomassa), 5; 7 (celulose, carvão, energia), ou, até mais de 11 anos (caixotaria, pallets, pellets, moirões, vigas, tábuas, etc.). Muitas empresas precisam de madeira para lenha (energia), mas os maiores valores dessas, sempre serão para tábuas, laminados, movelaria. Hoje em dia, existe, no mercado de Minas Gerais, uma madeira de cor avermelhada, muito usada na produção de móveis, com o falso nome de “cedrinho da Bahia”; que, na verdade é o *E. urophylla*, colhido com diâmetro acima de 0,45 m a altura do peito (DAP).

Outra opção é produzir madeira de eucalipto para indústrias de celulose, a produção de tijolos, laminados, chapas de fibras e MDF, serrarias e carvão vegetal. Muitas delas têm optado em não investir em aquisição de terras, depois ao grande capital imobilizado, além de fazer contratos de parcerias nas mais diversas modalidades. Um tipo de parceria interessante é aquele em que a empresa fornece toda a tecnologia e remunera o produtor, anualmente, até a colheita da madeira. Numa variação desse tipo de contrato, ela pode comprar toda a produção, ou parte dessa; deixando o restante para o produtor rural destinar a quem desejar.

Um alerta interessante é que os custos de colheita e transporte, dificilmente, devem ser assumidos pelos proprietários rurais. Em muitos casos, eles podem significar até 50% dos custos da madeira, colocada na porta da indústria. Essa etapa da produção, ou seja, a colheita e o transporte da madeira exigem muito conhecimento e domínio de tecnologias; que, dificilmente, estão ao alcance dos produtores rurais.

Antes de iniciar o plantio, uma pesquisa regional, seja nos Sindicatos Rurais, entre os possíveis consumidores, ou, entre aqueles que já estão no mercado de produção de madeira, ajudará na definição do tamanho do mercado; e, principalmente, no produto final que se

deseja comercializar. Lembre-se de que se trata de um produto, cuja distância até o consumidor, pode comprometer o lucro, pelos altos custos de transporte. Mesmo que se deseja produzir carvão vegetal, que é mais leve que a madeira, é bom conhecer, em detalhes, a distância até o futuro consumidor.

Consumo Próprio - Se o desejo for produzir para o consumo interno, na propriedade, outros pontos precisam ser conhecidos. Dentre eles, pode-se destacar sobre a demanda real de madeira, época dessa necessidade e qual a sua finalidade. Nas propriedades, existem demandas para cercas, telhados, divisórias, currais; e, até mesmo, assoalhos. Estimar a possível produtividade é de fundamental importância, pois ajudará na definição do tamanho da área a ser plantada, na espécie a ser escolhida e nos tratamentos silviculturais a serem dispendidos.

No sul de Minas, no Norte do Paraná e no Noroeste do Rio Grande do Sul, como também, no Oeste da Bahia, existem muitas propriedades que possuem um pequeno povoamento florestal, não mais do que 6-8 hectares, que processam madeira, durante todo ano. Seja para serraria, na produção de tábuas e cavacos; ou, para a produção de energia. Além do consumo próprio, houve uma cuidadosa atividade de extensão florestal, incentivando os vizinhos a plantar árvores de eucalipto e entregarem para esse proprietário.

3.3. Onde plantar?

Erroneamente, existe uma tradição, nas propriedades agrícolas, em instalar povoamentos de eucalipto nas terras de menor fertilidade natural; ou, naquelas, com evidentes problemas de cultivo, como a erosão excessiva. Alerta-se que essas partes da propriedade continuarão com baixa produtividade de madeira. Eucalipto não é uma espécie da família das leguminosas, ideais para a revegetação de áreas degradadas. Ele não fixa nitrogênio do ar como os indivíduos dessa família e apresenta demandas nutricionais, como qualquer outra cultura.

Como a maioria das espécies perenes, o eucalipto tem a vantagem de possuir um sistema radicular pivotante, que facilita a exploração do

solo, em maior profundidade, quando não existem impedimentos para isso. Assim, fica evidente que solos de maior fertilidade natural, ou, devidamente, corrigidos e manejados, produzirão maiores volumes de madeira.

Essa pergunta, também, pode responder a uma demanda crescente, nos últimos dias, que é a instalação de sistemas agroflorestais do tipo “*alley cropping*”, onde as árvores são plantadas nas proximidades das cercas dos piquetes; facilitando o sombreamento para o gado.

3.4. Quanto plantar?

A definição de quanto plantar já é, em complementação à resposta de outras pesquisas já realizadas pelo investidor; principalmente, em se pensando no volume de madeira desejado, no momento da colheita. Pode ser pensado, também, na realização de desbastes anuais ou não; assim, parte da produção vai sendo adiantada. Aliás, ressalta-se que, para o caso do eucalipto, as árvores indesejáveis, ou seja, aquelas tortas, atacadas por insetos ou dominadas devem ser retiradas, primeiramente. Contudo, é tradição retirar os indivíduos mais vigorosos, na expectativa de que os demais “se arranjarão”; mas, a realidade é que “se a árvore é torta, até as cinzas serão tortas”.

Nessa definição, também, deve ser pensado no uso múltiplo da árvore. Assim, na produção de moirões de determinada dimensão, haverá, também, a produção de lenha média e fina, em volumes variáveis. Se o destino final for óleo essencial, haverá sobra de madeira para outros usos.

Por outro lado, os sistemas agroflorestais (SAF's) (CANUTO, 2017), nos seus diversos tipos, como o agroflorestal (agricultura + silvicultura); ou, silvipastoril (agricultura + forragicultura, Figura 1) vêm sendo praticados; ainda que, timidamente, como estratégia de produção que gere maior renda ao agricultor; dando-lhe bons créditos para a preservação ambiental. Esses sistemas, também, têm contribuído para uma maior resiliência e facilidade à adaptação às mudanças climáticas; ou seja, de fato, o que se pode chamar de Agricultura, que possa aproximar do termo sustentável, seja do ponto de vista ecológico, econômico e ambiental (PERUCHI, 2016).



Figura 1. Exemplo de SAF do tipo silvipastoril, com 2 anos de idade.
Uberlândia, MG. Crédito: J.G. Mageste.

A cada dia, vem se solidificando o conceito de que toda propriedade agrícola deva praticar SAF's; mesmo que não use, economicamente, a madeira, como no tipo silvipastoril; o conforto térmico, proporcionado pelas árvores de eucalipto, contribui para a melhoria da qualidade das pastagens; seja pela melhoria de palatabilidade e digestibilidade, como também, para maior produtividade animal por área.

3.5. Produzir ou Adquirir Mudas?

Pensar de onde virão as mudas, sejam elas produzidas, por meio de sementes ou de estacas, é fundamental para o sucesso de implantação do povoamento.

Se não existirem plantios anuais, sob a responsabilidade de um mesmo investidor, o ideal é comprar as mudas no mercado;

devidamente, encomendadas; e, de material genético desejado. Produzir mudas exige domínio de tecnologias que, dificilmente, podem ser alcançadas pelo produtor rural. Além do mais, a instalação de viveiros implica em investimentos que não amortizam, apenas com a produção de um ano.

A muda é “domesticada” no viveiro para passar por um estresse hídrico, após plantio; conferindo-lhe rusticidade até o estabelecimento no campo. As mudas de eucalipto são produzidas entre 90 a 150 dias; assim, tomando-se o devido cuidado, podem ser encomendadas com tempo suficiente, para que logo que cheguem à propriedade, sejam plantadas; evitando-se gastos com estruturas de sombreamento, irrigação, etc.

Um dos segredos do sucesso de um florestamento de eucalipto é o plantio de mudas de elevada qualidade. O sistema de propagação de mudas de eucalipto pode ser assexuado ou clonal, realizada por meio de mini estacas enraizadas; micro propagação, ou, sexuada (via sementes). A produção de mudas, geralmente, ocorre em tubetes de polietileno, ou, sacos plásticos (ultrapassado); e, em substrato, contendo terra de horizonte B, que contenha cerca de 30% de argila, para a permeabilidade e boa drenagem; fração orgânica (esterco de curral curtido, húmus de minhoca, casca de eucalipto e/ou pinus decompostas, bagaço de cana decomposto); palha de arroz carbonizada e vermiculita. Já existem, no mercado, inúmeros outros tipos de substratos de fácil aquisição e de grande eficiência para uso em tubetes. Eles podem, inclusive, virem com adubos polimerizados ou em forma de cápsula, de liberação lenta.

Para a produção das mudas de eucalipto, seja sexuada ou assexuada, é necessário disponibilizar um substrato, com propriedades físicas e químicas, adequadas à manutenção das mudas e ao seu estabelecimento a campo. A recomendação geral para atender a essas propriedades indica que o substrato deve conter: 20% de terra de horizonte B, 50% de fração orgânica, 20% de palha de arroz carbonizada e 10% vermiculita.

As mudas são fertilizadas, conforme análise química do substrato, que será utilizado para seu cultivo; e, se possível devem

ser mantidas suspensas, sob sombrite; e, posteriormente, a pleno sol. Nessa última fase da muda, no viveiro, ocorre uma seleção criteriosa das mudas mais vigorosas para o campo. As mudas prontas para serem plantadas a campo devem apresentar altura entre 0,25 e 0,4 m, diâmetro de colo maior que 4 mm, raízes alinhadas (não enoveladas) e esbranquiçadas, 4 a 6 pares de folhas, sem cloroses, saudável (sem podridões ou manchas) e vigorosas. As mudas selecionadas são enviadas para plantio, tratadas com solução nutritiva e cupinizada.

No campo, o plantio pode ser feito com hidrogel, com a muda, posicionada, na vertical e ao nível do solo, sem sufocar o caule ou expor o substrato.

3.6. Qual Material Genético a ser Plantado?

Essa decisão deve estar associada a uma boa orientação técnica. É comum ouvir de investidores que desejam plantar um clone ou uma espécie de eucalipto que “sirva para tudo”. Nesse rol, está incluída a espécie *Corymbia citriodora* (que não é mais classificada como eucalipto e foi alocada em outro gênero); que, além da produção de citronela, que é um óleo essencial, usado em desinfetantes, sabonetes e saunas, também, possui uma madeira, com fibras retorcidas e com boa resistência à flexão.

Por mais intensas que sejam as indicações já divulgadas, a maior segurança está em consultar um profissional de bom conhecimento em melhoramento florestal com eucalipto. Existe bom desenvolvimento de melhoramento de espécies de eucalipto, visando aos mais diversos usos. Porém, não é somente o uso que definirá a espécie ou o clone a ser adotado. Consagradamente, existem clones de amplo espectro de adaptação às condições edafoclimáticas; mas, com limitações de muitos usos. Ultimamente, estão difundidos os clones GG 100 ou GG 50 e alguns híbridos de *E. grandis* com *E. urophylla* que já estão livres de pagamentos de *royalties*. Eles se adequam a muitas especificidades de uso.

Algumas tabelas indicam recomendações de espécies, em função de uso da madeira, clima e solo, como aquela indicada por

Macedo et al. (2010). Mas, nada pode substituir os registros regionais de clima; principalmente, influenciado pelas variações de altitude. Por exemplo, na região de Capelinha, em Minas Gerais, existe um clima, com temperatura média em torno de 22 °C, solos profundos que destoam das demais características do Vale do Jequitinhonha. Nessas condições edafoclimáticas regionais, a produtividade do eucalipto, principalmente daqueles clones de híbridos de *E. urophylla* com *E. grandis* ou clones de *C. citriodora* com *E. toleriana*, apresentam produtividade acima da média brasileira.

Por outro lado, *E. globulus* não deve ser plantado na região do cerrado; pois, não tolera as médias de temperaturas dessa região. Essa espécie não deve ser plantada, no Brasil, por possuir exigências climáticas específicas; não conseguindo, nesse território, IMA superior a 22 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. A indicação é o cruzamento dela com outras espécies do mesmo grupo, como o *E. grandis*. *E. robusta* deve ser plantado em solos hidromórficos.

E. camaldulensis não é adequado para as condições de solos rasos ou arenosos, como se propaga, na sabedoria popular. Essa é uma espécie que não deveria ser plantada no Brasil; ela possui exigências de condições edafoclimáticas próprias de algumas regiões da Austrália. Fora da região litorânea brasileira, fica com uma excelente aparência, nos primeiros 3 anos de cultivo; mas, depois, morre, precocemente.

3.7. Clones

Os aspectos relevantes a serem considerados e que condicionam a escolha apropriada do clone de eucalipto são:

- (I) O ambiente – principalmente, o clima predominante e as condições do solo (física e química).
- (II) A finalidade da produção (carvão, celulose, serraria, etc.).
- (III) As avaliações de espécie, registradas na literatura – principalmente, pesquisa sobre as aptidões da região e dos materiais genéticos testados.

Conforme vão se conhecendo esses aspectos, procede-se à escolha da espécie ou do(s) clone(s) ideal(is) para a região, em foco. O domínio da multiplicação de clones de eucalipto permitiu a replicação de materiais genéticos de elevada qualidade, que são capazes de produzir mais e uniformemente. Entre as características observadas, durante a seleção de um clone de eucalipto, estão:

- a- Elevado crescimento volumétrico, desejável que fique, pelo menos, dentro da média nacional que é de $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e acima (Figura 2).
- b- Resistência às principais pragas e doenças mais comuns que ocorrem no Brasil e para as quais já foram selecionadas algumas espécies e procedências.
- c- Qualidades da madeira (densidade, poder calorífico, resistência à flexão, compressão, torção, etc).

Os principais clones, plantados no Brasil, são híbridos, das espécies *E. urophylla* e *E. grandis*, que apresentam boa resistência e/ou tolerância à seca. Eles são comumente conhecidos, erroneamente, pelo nome de “*urograndis*”. Ressalta-se que não existe essa espécie arbórea, daí a improbabilidade do uso desse nome.

Entre as espécies que apresentam alta densidade está o *E. cloeziana*, que, juntamente, à *C. citriodora*, é ideal para produção de postes de energia elétrica, esticadores e estacas de cerca; pois são espécies que respondem muito bem aos tratamentos químicos, exigidos para aumentar a durabilidade. Para a extração de óleo essencial, destacam-se os clones de *C. citriodora*.

Resumindo, então, de acordo com a finalidade da produção, existem as indicações mais apropriadas de espécies e clones para o cultivo, por exemplo:

- a- Produção de celulose e chapas de fibras: *E. grandis* e *E. urophylla*.
- b- Geração de energia (lenha): *C. citriodora*, *E. cloeziana*, *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e seus híbridos.

- c- Produção de móveis: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. dunni* e *E. urophylla*.
- d- Construção civil: *E. cloeziana*, *E. paniculata*, *E. urophylla* e *E. pilularis*.
- e- Postes, dormentes e moirões: *E. cloeziana*, *E. urophylla*, *E. paniculata* e *E. camaldulensis*.
- f- Para a produção de óleos essenciais: *E. staigeriana* e *C. citriodora*.



Figura 2. Área de eucalipto, com $43 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no segundo ano; clone *E. urophylla* x *E. grandis*. Prata-MG. Crédito: J.G.Mageste

3.8. Qual Espaçamento de Plantio?

O espaçamento ou a densidade de plantio adotado influencia o crescimento do povoamento, a qualidade da madeira, a idade do corte, os desbastes, as práticas de manejo; e, conseqüentemente, os custos de produção; por isso mesmo, deve ser definido, em função dos objetivos do plantio (EMBRAPA Floresta ou CNPF, 2003).

A definição desse espaçamento terá influência no futuro povoamento, que devem ser baseados em alguns parâmetros, dentre eles, o de maior peso, logicamente, será a exigência do material genético usado e o fenótipo desejado. Outros fatores, como tratos silviculturais necessários e o método de colheita, também, influenciam na decisão do espaçamento de plantio do eucalipto.

O material genético selecionado influencia no número de tratos silviculturais, na taxa de mortalidade dos indivíduos, nos primeiros anos de concorrência e dominância dos indivíduos adultos, que alterará o volume final de madeira (produtividade); influenciará na idade de redução do crescimento anual; e, assim, no estabelecimento na idade final de corte. Além disso, influenciará a resistência mecânica da madeira produzida, nos diversos compartimentos da árvore; como também, os custos finais do produto e da produção.

Além de todos esses fatores citados, deve ser levado em consideração o tamanho do talhão; e, principalmente, a tecnologia que será usada, na colheita da madeira. Dependendo do equipamento a ser empregado (*harvester*, *feller bunch*, *forward*), deve ser usado um espaçamento diferenciado, entre plantas ou entre linhas. Uma distância de arraste da madeira, em torno de 250 metros, tem-se mostrado econômico e tecnicamente viáveis. Na distância entre as filas, considerar a possibilidade de instalação de SAF's, nas duas diversas modalidades.

Os espaçamentos, geralmente, variam de 2x2 m a 4x4 m (entre linhas de plantio x entre árvores na linha). O plantio do eucalipto, em espaçamentos menores, indica que haverá uma produção inicial de biomassa maior; e, rápido fechamento do dossel; porém, com árvores de menores dimensões que precisarão ser desbastadas ou colhidas mais

cedo. Nesses espaçamentos, haverá, também, maior impacto sobre os aspectos nutricionais e hídricos do solo; e, conseqüentemente, maiores mortalidades de árvores, com o desenvolvimento do povoamento.

Nos plantios, com espaçamentos maiores, menores serão os custos de implantação e de produção inicial de biomassa; porém serão necessários desbastes mais tardios, que produzirão árvores de maiores dimensões; cônicas e menos sujeitas à mortalidade por auto competição; pois, irão sofrer menores impactos sobre os aspectos nutricionais e hídricos do solo. Nesses espaçamentos maiores, também, serão necessárias menos intervenções de desbastes e a colheita ocorrerá em idades avançadas.

Espaçamento de 3 x 1,5 m e 3 x 2 m propiciam um estande inicial de 2.222 e 1.667 plantas por hectare, respectivamente; que, normalmente, são realizados com a finalidade principal de produzir lenhas, carvão, mourões e celulose; enquanto que, no espaçamento de 3 x 2,5 m e 3 x 3 m, o número de plantas por hectare são menores (1.333 e 1.111) e a madeira pode ser utilizada para as mesmas finalidades e serraria.

Com relação à forma dos espaçamentos, os quadrados ou retangulares são os mais indicados e praticados; podendo ser bastante apertados para produção de madeira, para fins energéticos; ou, mais amplos, quando se deseja matéria-prima para fins de fabricação de papel e celulose ou madeira serrada e lâminas de madeira (EMBRAPA Floresta, 2003).

3.9. O Que Pensar Para o Plantio?

Nenhuma exigência é tão importante na hora de plantar como o combate às formigas cortadeiras. Diz-se, no meio silvicultural: “é necessário ter formiga zero, por ocasião do plantio”. De fato, o eucalipto não tolera duas ou três desfolhas consecutivas, por ocasião do plantio. Elas levam as mudas à morte, facilmente. Isso é agravado pela grande avidez que as formigas cortadeiras possuem por folhas de eucalipto, sejam tenras ou não.

Definido o espaçamento, as mudas podem ser plantadas em

covas de pelo menos 0,35 m de profundidade; ou, em sulcos, com até 0,45 m de profundidade; tomando-se o cuidado de não deixar espaços vazios, próximos às raízes, que têm sido fator de causa de grandes falhas no plantio.

Os cupins, também, atacam, principalmente, as mudas recém-plantadas, até os primeiros seis meses após o plantio; causando a destruição do sistema radicular e o secamento das mudas. Nesse caso, o controle deve ser preventivo, com a imersão das mudas em calda cupinizada, antes do plantio.

Quando se deseja realizar o plantio, em menor tempo possível, usa-se um subsolador que possui um distribuidor de fertilizante; permitindo que o adubo fosfatado seja distribuído a 45 cm de profundidade. Embora seja chamado de subsolador florestal, o melhor nome é um riscador ou *riper*, conforme o chamam os engenheiros civis; já que este não possui um êmbolo e não destrutura o solo em profundidade; sendo, facilmente, puxado por um trator de pneu. Ele auxilia na penetração da água, em profundidade, na linha de plantio; quebra camadas de adensamento, na superfície; e, facilita a sobrevivência das mudas (BARROS & NOVAIS, 1990). Hoje em dia, é um equipamento, facilmente, encontrado no mercado para arrendamento ou aluguel.

4. Preparo da Área para Plantio do Eucalipto

As atividades de preparo do solo para o plantio do eucalipto variam, de acordo com as condições do relevo (plano ou inclinado), do tipo de solo (arenoso ou argiloso), da vegetação predominante no terreno (área limpa ou suja), a existência de impedimentos físicos e resíduos vegetais; finalidade e espécie de eucalipto a ser plantada.

O preparo do solo é um conjunto de operações utilizadas que visa à manutenção ou à elevação da produtividade da cultura de interesse comercial. De forma geral, a qualidade estrutural do solo é alterada à medida que os cultivos vão se sucedendo; principalmente, naqueles locais onde o tráfego de máquinas e implementos de maior massa é constante; com isso, ocorre a formação de camadas

adensadas e/ou compactadas superficial ou sub superficialmente, que reduzem o crescimento e a distribuição de raízes; diminuem a capacidade de absorção de água e nutrientes; consequentemente, prejudicam o desenvolvimento das plantas (DEDECEK & GAVA, 2005, REICHERT et al., 2009).

Até a década de 80, o preparo do solo, em plantios florestais, era feito com arados e grades, que realizavam um preparo intensivo; deixando o solo mais susceptível ao processo de degradação. Ao final daquela década, esse preparo intensivo foi substituído pelo cultivo mínimo, que passou a ser efetuado, somente, na linha ou em covas para o plantio; com equipamentos desenvolvidos para esse fim. Com isso, a manutenção dos resíduos, deixada sobre a superfície do solo, tem proporcionado maior proteção contra os processos erosivos e a ciclagem de nutrientes; que favorece a melhoria da qualidade do solo e a sustentabilidade da produção florestal; estas, estão diretamente relacionadas às boas práticas de manejo e conservação do solo, nas áreas de produção (CHAIER & TÓTOLA, 2007, PREVEDELLO et al., 2013).

Quando há a necessidade de descompactar do solo nessas áreas, alguns produtores optam pela mobilização do solo, por meio de escarificadores e subsoladores; visando a corrigir essa limitação, pois esses implementos não promovem uma inversão de camadas; obtendo-se com isso, menor alteração da estrutura do solo (GAMERO, 2008). MACHADO (2005) destaca que a escarificação é recomendada para mobilizar o solo até a profundidade de 0,3 m; enquanto que a subsolagem é utilizada para camadas mais profundas, acima de 0,3 m; por isso mesmo, a subsolagem é uma prática, cujos gastos são maiores, pois exige mais força do trator; o que aumenta o consumo de combustível.

Entretanto, Sasaki e Gonçalves (2005) destacam que, no meio florestal, o uso do subsolador está consolidado, devido às suas vantagens operacionais e econômicas; pois é um método que atinge camadas mais profundas; e, favorece a sobrevivência e o crescimento das mudas; já que as raízes desenvolvem melhor e alcançam maiores profundidades, com menor exposição do solo; reduzindo, assim, as perdas por erosão.

Alguns estudos demonstram que a intensidade de preparo do solo influencia, positivamente, o crescimento inicial das plantas; principalmente, nos dois primeiros anos de plantio de eucalipto; podendo se estender até o final do ciclo (BENTIVENHA et al., 2003). Contudo, nos métodos de preparo com escarificador e subsolador (cultivo mínimo), a sustentabilidade da produção tem sido maior; pois, além de proporcionar bom desenvolvimento das plantas, permite alto rendimento e menores custos com máquinas e implementos (GONÇALVES et al., 2002).

Para a instalação da área onde haverá o povoamento de eucalipto, faz-se necessário ter atenção a uma sequência de práticas com o terreno, para o bom desenvolvimento das árvores durante seu ciclo:

A- Limpeza da Área - Prática feita com o objetivo de facilitar as atividades que virão a ser realizadas, posteriormente; que pode ser feita de forma manual com foices, enxadas e machados; de forma semimecanizada ou mecanizada com motosserras, roçadeiras, rolo faca, trator de esteira com correntão ou lamina.

B- Gradagem da Área - Prática feita para descompactar o solo, nivelar o terreno, picar raízes e incorporar resíduos vegetais e auxiliar no controle da infestação de plantas invasoras. Deve-se ressaltar que o controle das plantas invasoras deve ser em área total, antes do plantio; depois de instalado o povoamento; com o controle feito nas entrelinhas, com herbicidas seletivos ao eucalipto.

C- Escarificação - Quando o solo encontra-se com uma camada adensada sub superficialmente (até 0,3 m). Essa prática pode ser utilizada como o cultivo mínimo; com isso, não é feito o revolvimento do solo e os resíduos vegetais podem ser mantidos na sua superfície; protegendo-o contra os processos erosivos e favorecendo a ciclagem de nutrientes; que ocorrerá de forma gradativa e lenta.

D- Subsolação em Profundidade (0,4 até 0,8 m) para favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e instalação das mudas; e, em curva de nível, para desfavorecer processos erosivos.

E- Coveador Mecânico - São implementos utilizados para o coveamento, em áreas muito declivosas, com forte ondulação ou montanhosas.

F- Terraceamento - Prática realizada com o objetivo de controlar o escoamento superficial de água, para evitar que ocorram processos erosivos nas áreas. Normalmente, são práticas realizadas em nível, onde a água da chuva é retida para depois infiltrar no solo.

5. Adubações - Calagem

A correção da acidez do solo é uma prática obrigatória para a eucaliptocultura, apesar de ser uma planta tolerante à acidez e ao alumínio. A calagem é uma prática realizada com o objetivo de corrigir o pH do solo, elevar os teores de cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) e neutralizar o alumínio tóxico, que deve ser feita com antecedência mínima de dois meses antes do plantio, antes da operação do preparo do solo, para que o calcário possa ser incorporado durante operações de preparo inicial da área.

É recomendado o uso do calcário dolomítico, em quantidades que devem ser baseadas nos resultados da análise química do solo (Silveira et al., 2000). Além dos aspectos químicos do solo melhorados pela aplicação de calcário, ocorre uma melhoria nos atributos físicos e um estímulo à microbiota do solo, fazendo com que nutrientes dos resíduos orgânicos sejam reciclados e posteriormente disponibilizados para a cultura.

A correção da acidez do solo e a adubação de um povoamento de eucalipto devem seguir as recomendações para a espécie e/ou clone selecionado e ser sempre amparada por uma análise de solo representativa. Apesar de ser comum a instalação de povoamentos florestais em solos marginais em termos de fertilidade natural da propriedade, a correção e adubação do solo trazem resultados positivos e economicamente compensadores para o produtor.

6. Indicações sobre nutrição do eucalipto

As adubações de povoamentos florestais, regularmente, incluem apenas os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K); além do Ca e Mg, quando da aplicação de calcário e os

micronutrientes boro (B), cobre (Cu) e zinco (Zn). Normalmente, um povoamento de eucalipto recebe adubação em duas etapas: adubação fundamental ou de base; que inclui a aplicação dos macronutrientes N, P e K; e, adubação de manutenção, que geralmente ocorre após os 30 meses da data de plantio. Nessa segunda etapa, são aplicados os nutrientes que apresentam sintomas de deficiência para que o povoamento possa completar seu ciclo, dentro do período estimado e com a qualidade prevista.

Os fertilizantes podem ser aplicados das seguintes maneiras:

A- A lançar em área total e uniformemente (com ou sem incorporação).

B- No fundo do sulco de plantio, aberto por sulcador.

C- Na cova de plantio, sendo que, nesse caso, a adubação deve ocorrer antes do plantio, com o adubado sendo misturado na terra de fundo da cova para minimizar danos por salinidade ao sistema radicular das mudas.

D- Em faixa ao lado das linhas de plantio, a pelo menos 0,1 m das mudas, para evitar danos ao desenvolvimento dessas.

E- Em cobertura, cerca de 3 meses após o plantio; e, aplicado em faixa ou coroadando cada muda.

A adubação visa a suprir as demandas nutricionais das plantas, na busca da maior produtividade; no caso do eucalipto, entre 70 - 80% da exigência nutricional das árvores ocorrem na fase inicial de desenvolvimento da cultura; isto é, até o 3º ano de idade (Santana et al., 1999). Segundo Gonçalves et al. (2003), na implantação de povoamentos florestais, os primeiros 24 meses são fundamentais para a formação destes; por isso mesmo, a adubação, nesse período, deve ser dividida em três ou quatro aplicações, pois, após o fechamento das copas, começa o processo de deposição da serapilheira; com isso, inicia-se a ciclagem de nutrientes.

Inicialmente, a regra básica é colocar o adubo o mais próximo possível da muda, bem misturado com a terra, para evitar danos à

raiz, tanto na cova quanto no sulco de plantio. A maioria dos solos, cultivados com eucaliptos, é deficiente em fósforo e tem alta capacidade de fixação desse nutriente. São solos pobres e ácidos; por isso, a aplicação de fosfatos naturais ou de fosfato reativo é recomendada, quando o pH (CaCl_2) for menor que 5 (WILCKEN et al., 2008).

A recomendação da dose adequada de cada nutriente a ser aplicado, deve ser baseado no teor de nutrientes disponíveis do solo; que é, facilmente, identificada pela análise química do solo, feita em amostras colhidas, de forma criteriosa; e, que seja representativa da área (SILVEIRA et al., 2001).

A adubação de manutenção deve ser realizada nas plantas jovens, quando estas, visivelmente, aumentarem suas demandas nutricionais. Isso pode ser observado pela aparência das folhas e pelo crescimento inicial. Como os povoamentos de eucalipto podem ser implantados, durante todo ano, não se pode esperar que aqueles, instalados na época chuvosa, tivessem o mesmo desenvolvimento inicial daqueles da época seca. Então, diz-se que é necessária a “adubação de arranque”, que não pode ser determinada pela idade das plantas. Uma boa referência é adubar, quando o crescimento do sistema radicular puder “aproveitar” o adubo de cobertura, colocado até 60 cm de distância do coleto da muda. Isso pode acontecer dos 18 até os 36 meses, após o plantio. A eficiência dessa adubação, que deve ser realizada, preferencialmente, em épocas chuvosas para facilitar a absorção dos nutrientes, pode ser baseada no monitoramento nutricional da planta; onde são identificados os nutrientes limitantes. Lembre-se de que ela pode variar entre espécies e entre clones. Essa reposição de nutrientes é realizada para que o povoamento possa completar seu ciclo, dentro do período estimado e com a qualidade prevista.

Outro aspecto importante no manejo de nutrientes em um povoamento florestal é o uso de gesso agrícola. A sua principal função é permitir o desenvolvimento do sistema radicular, em profundidade, no solo, por meio da disponibilização de Ca e enxofre (S) em subsuperfície; e, a redução da saturação de Al presente. Sua recomendação deve ser com base na análise de solo de 0,2 a 0,4 m de profundidade.

1-Potássio (K)

Segundo Barros & Novais (1990), a deficiência de K é comum nos povoamentos de eucalipto e se apresenta como uma necrose marginal, nas folhas mais velhas. A maioria dos solos brasileiros sofre a deficiência desse nutriente (inferior a 1 mmolc dm^{-3}); o que tem demonstrado excelentes respostas, quando o K é aplicado. As doses recomendadas de K para a cultura do eucalipto tem variado entre 120 a 180 kg ha^{-1} de K_2O ; entretanto, deve estar sempre baseada na análise do solo.

Contudo, Silveira e Malavolta (2000), ainda, destacam que a adubação potássica para eucalipto necessita de diversos estudos para, por exemplo, a seleção de materiais eficientes na absorção de K; precisão da dose econômica adequada; entendimento da influência do K, na qualidade do produto final, para correções precisas de deficiências; e, interação do K com outros cátions como Ca e Mg.

2-Fósforo (P)

Segundo Malavolta (2002), é recomendado que até 25% da dose de P, indicada para plantios de eucalipto seja de fosfatos naturais; pois a disponibilização gradual do fósforo (PO_4), presente nos fosfatos naturais, permite um melhor aproveitamento do nutriente; acompanhando o desenvolvimento das raízes da planta, que, inicialmente, são inexpressivas em relação ao volume de solo. Devido a essa situação que as mudas devem estar bem nutridas; e, a campo, serem fertilizadas com fontes de P de pequena solubilidade.

Em solos de textura muito arenosa, a aplicação do fertilizante fosfatado poderá ser na superfície e em área total; visto que a fixação do P vai ser menor e que grande parte das raízes ativas do eucalipto se encontram superficialmente. Em solos argilosos, a aplicação deve ser em sulcos superficiais (0,1-0,15 m) e em entrelinhas alternadas.

7. Considerações Finais

O eucalipto é a espécie florestal mais estudada no Brasil,

apesar de originário de outro continente. Atualmente, em finais dessa década de 2020, o setor florestal brasileiro é copiado, pelo restante do mundo, pelo domínio da tecnologia com essa espécie. Já existe uma indicação de espécies e clones de eucalipto dentro de um zoneamento ecológico satisfatório; e, que visa a atender, principalmente, a usos múltiplos, para várias regiões do país. A silvicultura brasileira domina, satisfatoriamente, as tecnologias de produção de sementes, a reprodução vegetativa, os métodos de melhoramento florestal, a produção de clones, as variações de tecnologias de plantio ou implantação de povoamentos produtivos, técnicas silviculturais de condução de povoamentos, sistemas de colheitas adaptados às mais variadas condições brasileiras; e, tecnologias de processamento de produtos florestais que vão desde a citronela à produção de MDF, com algumas referências ao domínio da tecnologia (importando da Rússia) de produção de etanol da madeira (1 tonelada de madeira pode produzir até 600 litros de álcool e vários outros produtos). Referência especial se faz para a adaptação de toda essa tecnologia, para viabilização de sistemas agroflorestais (SAF's), nas suas mais diversas modalidades.

Com tudo isso, descrito anteriormente, o próximo passo é fazer essa tecnologia chegar ao alcance de mais investidores, na produção de madeira. Apesar de não ser fácil, principalmente, pela necessidade de quebra de tabus, como: “árvore não se cultiva, se deixa crescer”; “plantar árvores é retorno em muito longo prazo”; “eucalipto seca o solo”; “madeira de eucalipto racha com facilidade”; entre outros. Tudo isso são crenças, sem o menor fundamento científico; mas, que nos ensina sobre a necessidade de exercitar o profissionalismo. Países como a Finlândia nos dão exemplos fabulosos. Neste país, mais de 90% da economia pertence à silvicultura e eles possuem uma excelente qualidade de vida.

Conforme dito, no início desse Artigo, muito há que se falar e difundir sobre o eucalipto no Brasil; contudo, esperamos, assim, ter acendido essa luz para o engrandecimento da silvicultura nacional; alertando, principalmente, para a necessidade de se seguirem rigorosos passos de planejamento.

8. Referências bibliográficas

ANDRADE, E. N. 1961. O eucalipto. 2 ed. Jundiaí, SP: Companhia Paulista de Estradas de Ferro. 667 p.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. 1990. Relação Solo - eucalipto. Editora Folha de Viçosa. Viçosa, MG. ID 820 698. 330 pg.

BENTIVENHA, S. R. P.; Gonçalves, J. L. M.; Sasaki, C. M.; Mobilização do solo e crescimento inicial do eucalipto em função do tipo de haste subsoladora, profundidade de trabalho e características do solo. Engenharia Agrícola, v.23, n.3, p.588605, set./dez. 2003.

CANUTO, J. C. 2017. Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões. Embrapa, Brasília, DF. 216 p. ISBN 978-85-7035-709-0

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. 2007. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 1381-1396.

DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. 2005. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. R. Árvore, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p.383-390.

EMBRAPA FLORESTAS. 2003. Cultivo do Eucalipto. Sistemas de Produção, 4. Versão Eletrônica. Ago./2003. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fontes/Eucalipto/Cultivo do Eucalipto/indicadores.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fontes/Eucalipto/Cultivo%20do%20Eucalipto/indicadores.htm) Acesso em: 11 Setembro 2018.

FOELKEL, C. E. B. 2005. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. Visão Agrícola, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 66-69.

FOELKEL, C. E. B. 2005. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. Visão Agrícola, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 66-69.

GAMERO, A. C. 2008. Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curvatura lateral (paraplow), em função de diferentes

velocidades de deslocamento e profundidades de trabalho. 2008. Dissertação (Mestrado em energia na Agricultura) - UNESP-Botucatu-SP.

GONÇALVES, A. C. A; AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A. 2003. Uso de Hidrogel na Agricultura. Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.1, n.1, p.23-31.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. 2002. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: Gonçalves, J. L. M.; Stape, J. L.; Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF. 498 p.

IBÁ. 2018. Indústria Brasileira de Árvores em números. Consultado em 10/09/2018. <http://iba.org/pt/dados-e-estatisticas>

MACEDO, R. L. G; Vale, A. B.; Venturim, N. 2010. Eucalipto em Sistemas Agroflorestais. UFLA 2010. Editora da Ufla. 331 pg. Páginas 66 a 69.

MACHADO, A. L. T., Reis, A. V.; Moraes, M. L. B.; Alonso, A. S. 2005. Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais. 2 ed. Pelotas, RS: Ed. Univ. UFPEL. 253 p.

MALAVOLTA, E. 2002. Tópicos de nutrição e adubação do eucalipto. RR Agroflorestal, Piracicaba, 25 p.

MOURA, A. L.; Garcia, C. H. 2000. A cultura do eucalipto no Brasil. SBS. São Paulo, SP. 113 p.

PERUCHI, F; CANTELLI, J. R.; SÁ, L. A. D. DE; BAGNOLLI, J. C.; BONATTI, J. L.; LIMA, I. C.; AMARAL, A. C.; MACHADO, R. R.; MORAES, A. V. DE; REFUNDINI, M. 2016. Os sistemas agroflorestais na promoção da biodiversidade: o caso do Assentamento Vergel - Mogi Mirim - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 10, 2016, Cuiabá. Anais... Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso.

PREVEDELLO, J.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; VOGELMANN, E. S.; FONTANELA, E.; REICHERT, J. M. 2013. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* hill ex Maiden em Argissolo. *Ciência Florestal*, v. 23, n. 1, p. 129-138.

REICHERT, J. M.; SUZUKIA, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. 2009. Reference bulk density and critical degree-of compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil & Tillage Research*, v. 102, n. 2, p. 242-254.

ROGLIN, A. 2018. Importância do planejamento e análise de investimento na silvicultura. *Revista Campo & Negócios*, julho/Agosto. 2018. Ano VII, nº 37. Pg 30 - 33.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. 1999. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, v. 56, n.1, 55-69.

SASAKI, C. M.; GONÇALVES, J. L. M. 2005. Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos. *Scientia Forestalis* n. 69, p. 115-124.

SILVEIRA, R. L. V. A.; Malavolta, E. 2000. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. *Informações Agronômicas*. Piracicaba, SP, n. 91, 12 p.

SILVEIRA, R. L. V. A.; Higashi, E. N.; Sgarbi, F.; Miniz, M. R. A. 2001. Seja o doutor do seu eucalipto. POTAFÔS. *Arquivo do Agrônomo*, nº 12, *Informações Agronômicas* nº 93. 32 p.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FERREIRA FILHO, P. J.; DAL POGETTO, M. H. F. A. 2008. Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto. Botucatu: FEPAF, 25 p.

DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DA SOJA: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MELHORAMENTO GENÉTICO



Leonardo Humberto Silva e Castro

Engenheiro Agrônomo, MBA, Me., Doutorando em Genética e Melhoramento
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Josimar Aleixo da Silva

Engenheiro Agrônomo, Me., Dr., Pós doutorando em Genética e Melhoramento
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Lindomar de Souza Machado

Engenheiro Agrônomo, Me., Doutorando em Genética e Melhoramento
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Paulo Cezar Cavatte

Engenheiro Agrônomo, Me., Dr., Professor Adjunto III
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

1. Considerações Preliminares

A soja representa grande influência no cenário do agronegócio mundial. Para que a cultura exprima ao máximo o seu potencial produtivo, faz-se importante conhecer os diversos fatores limitantes para a sua alta *performance* produtiva. No cenário das mudanças climáticas globais, a seca é um dos principais entraves para o sucesso produtivo da cultura da soja; causando perdas drásticas de produtividade, em que é de suma importância o desenvolvimento de tecnologias para suplantar os impactos deste estresse abiótico.

As condições ambientais adversas impostas pelo *déficit* hídrico ocasionam uma série de alterações fisiológicas. Tais respostas ocorrem por meio do ajuste das plantas a tais condições. As respostas fisiológicas, induzidas pelo *déficit* hídrico, observadas em plantas de soja se iniciam desde a diminuição do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático, as diminuições nas taxas fotossintéticas, a

diminuição da partição de biomassa para incrementos na parte aérea, a precocidade no processo de senescência, o aumento da abscisão das folhas, flores e frutos, dentre outras; os quais impactam no desempenho produtivo da cultura.

O melhoramento genético da soja já possibilitou elevados incrementos de produtividade. Porém, tal efeito se concretiza sob condições ótimas de manejo da cultura. Por isso, nos últimos anos, o desenvolvimento de cultivares de soja, com níveis de tolerância à seca, é um fator essencial para a sustentabilidade da produção de soja; principalmente, nas regiões marginais. No entanto, existe uma grande lacuna no melhoramento genético de soja, visando à obtenção de cultivares tolerantes à seca, que é o desenvolvimento de um protocolo, com metodologias que exprimem maior eficiência e praticidade para a seleção de genótipos superiores para essa característica.

2. A Cultura da Soja

Dentre as espécies vegetais, economicamente, exploradas em todo o mundo, as leguminosas têm papel importante para a manutenção e o avanço da sustentabilidade agrícola, como a soja cultivada (*Glycine max* [L.] Merrill), a qual tem sua origem no Continente Asiático. A soja apresenta grande importância comercial em todo o mundo, devido às suas características nutritivas e propriedades funcionais, diversificação de formas de uso; e, por ser capaz de se adaptar a diferentes condições edafoclimáticas (MORCELI et al., 2008). Seus grãos apresentam elevado teor de óleo, proteínas, isoflavonas, dentre outros compostos bioativos (HASANAH et al., 2015). Então, é bastante utilizada na indústria alimentar animal e humana, além de ser base para a produção de biocombustível (KINNEY e CLEMENTE, 2005; BARBOSA et al., 2011). Trata-se de uma das cinco maiores culturas produzidas, mundialmente, e, a leguminosa de maior rendimento (FOYER et al., 2016).

A expansão do cultivo da soja, no Brasil, teve papel fundamental no melhoramento genético, principalmente, devido às variações edafoclimáticas entre as regiões brasileiras. A partir do estabelecimento e do avanço produtivo na região do Cerrado

brasileiro foi que o país se tornou o segundo maior produtor de soja do mundo. E, tal avanço, ainda, passa por elevado crescimento, com a expansão de novas fronteiras agrícolas, como na região denominada por MATOPIBA, que é a junção dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, além do estado do Pará (BEZERRA et al., 2015). Então, a solidez do mercado internacional dos produtos do complexo agroindustrial da soja, principalmente, os destinados à alimentação animal e a expansão da exploração da cultura são subsidiados pela geração e oferta de tecnologias (SEDIYAMA, 2009).

Atualmente, os Estados Unidos, Brasil e Argentina são os maiores produtores de soja; sendo responsáveis por 82% da produção mundial (CONAB, 2017). No Brasil, é incontestável o aumento da importância da produção de soja, internamente; em especial, devido ao fato de que os Estados Unidos e a Argentina não terão ampla possibilidade para o incremento de áreas produtoras como em solos brasileiros (BEZERRA et al., 2015).

3. Respostas Fisiológicas ao Déficit Hídrico

Com o fenômeno das mudanças climáticas globais, está previsto para as próximas décadas que a temperatura da superfície da Terra aqueça; além de alterações da temperatura, são previstos efeitos sobre a precipitação e uma maior frequência de eventos extremos (ROSE et al., 2016). Esses fatores são os principais causadores de estresses abióticos em plantas, associados a limitações significativas na produtividade agrícola mundial. Estresse é tido como todo fator que afeta, de forma negativa, o desempenho das plantas, diminuindo a sua eficiência biológica e o seu potencial produtivo (BORÉM e RAMALHO, 2011); prejudicando a expressão plena do seu potencial genético de crescimento, desenvolvimento e reprodução (SHAFI-UR-REHMAN, HARRIS e ASHRAF, 2005). Destaca-se que o *déficit* hídrico é a condição mais limitante para a agricultura; responsável por ocasionar quedas significativas na produtividade das principais culturas agrícolas (FRACASSO, TRINDADE e AMADUCCI, 2016).

Os danos ocasionados pela limitação hídrica ocorrem, durante todo o ciclo da cultura da soja, sendo responsável pela perda em

produtividade de grãos (RAPER e KRAMER, 1987). Entretanto, existe maior sensibilidade, durante o estabelecimento das plântulas e no período reprodutivo (LICHT, WRIGHT e LENSSEN, 2013); especificamente, durante estádios V3-V4 e V6-R2 (PRINCE et al., 2016). O *déficit* hídrico ocasiona diversas alterações fisiológicas na cultura da soja, tanto ao nível metabólico, quanto morfológico; o que requer um ajuste da planta ao ambiente adverso. Inicialmente, é observada a diminuição do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático, as diminuições nas taxas fotossintéticas, a diminuição da partição de biomassa para a parte aérea, a promoção do processo de senescência, o aumento da abscisão de folhas, flores e frutos, dentre outras alterações (FERRARI, PAZ e SILVA, 2015). Especificamente, o *déficit* hídrico afeta a síntese e o acúmulo de isoflavonas em sementes de soja. Períodos longos de limitação hídrica, principalmente, durante o desenvolvimento dos grãos, promove a diminuição no teor de isoflavonas, o qual é proporcional à intensidade do estresse e dependente do genótipo (GUTIERREZ-GONZALEZ et al., 2010).

A limitação do processo fotossintético, quando as plantas estão sob restrição hídrica, tem relação direta com a limitação da atividade da enzima RUBISCO (PARRY et al., 2002). A perda da turgescência do tecido foliar limita a abertura do poro estomático; aumentando a resistência a difusão de gases, restringindo a disponibilidade de CO₂ e o consumo de poder redutor, na etapa bioquímica da fotossíntese (LAUTERI et al., 2014). Tal limitação, também, pode se relacionar à restrição da síntese do acceptor primário de CO₂ no ciclo de Calvin (RUBP), pela diminuição na taxa de transporte de elétrons na fotossíntese; influenciando a capacidade de regeneração da RUBP; que é dependente do ATP, produzido durante o processo fotoquímico (LAWLOR, 2002).

O ácido abscísico (ABA) é o hormônio vegetal, ligado à percepção pela planta às adversidades, em que, sob limitação hídrica, é intensificado a sua atuação; desencadeando uma rápida redistribuição e acumulação de ABA, nos tecidos vegetais. O ABA é capaz de promover a comunicação entre as raízes e a parte aérea da planta, por meio de sinais químicos, sob deficiência hídrica no solo (TUBEROSA et al., 1994). Ao ser transportado das raízes para a parte aérea, o ABA

induz ao rápido fechamento estomático das folhas; evitando a perda excessiva de água pela transpiração foliar; possibilitando a manutenção os tecidos hidratados; e, conseqüentemente, diminui a ocorrência de danos celulares (LIM et al., 2015).

A limitação hídrica severa, associada à elevada irradiância, promove o recebimento do excesso energético de excitação sobre os fotossistemas das plantas; o que pode ocasionar um estado de “super redução” dos componentes da cadeia de transporte de elétrons, nos cloroplastos; e, promove a geração de espécies reativas de oxigênio (ROS); potencialmente, capazes de danificar o funcionamento normal de uma célula vegetal (DINAKAR, DJILIANOV e BARTELSA, 2012; DAHAL, MARTYN e VANLERBERGHE, 2015; ZHANG et al., 2016). Dentre as ROS, o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o ânion superóxido (O_2^-) são, constantemente, produzidas pelo metabolismo vegetal; principalmente, sob condições limitantes. Estes são responsáveis por desencadear danos oxidativos aos componentes da maquinaria fotossintética; especialmente, promovendo a fotoinibição do fotossistema II (NISHIYAMA e MURATA, 2014; GURURANI, VENKATESH e TRAN, 2015).

O *déficit* hídrico ocasiona alterações no metabolismo do carbono (C) e nitrogênio (N) (PALTA et al., 1994). Com a alteração do metabolismo do C, o *déficit* hídrico altera a eficiência na conversão de fotoassimilados para o desenvolvimento vegetal; ocasionando modificações na translocação de carboidratos (JORDAN, 1983); além de produzir modificações, no padrão de partição de massa seca (KRAMER e BOYER, 1995). A fase de senescência é menos sensível à limitação hídrica; mas, nessas condições, ocorre a translocação de N das folhas mais velhas para regiões de crescimento (ARAÚJO FILHO et al., 2013).

O N é de suma importância para o desenvolvimento da cultura da soja, sendo importante componente de processos fisiológicos; bem como ser parte estrutural de proteínas e seu balanço afeta o desempenho fotossintético, produção e translocação de assimilados, taxa de crescimento foliar e radicular; e, por fim, a produtividade de grãos (KING et al., 2014). Em torno de 94% do N requerido pelas cultivares de soja mais produtivas, é fornecido pela fixação biológica de nitrogênio (FBN); sendo possibilitado rendimentos acima de

4.000 kg ha⁻¹ (HUNGRIA et al., 2006). A FBN é fundamental para a viabilidade econômica da cultura no Brasil; mas, a limitação hídrica, além de acarretar danos ao metabolismo do carbono, é capaz de afetar atributos ligados à FBN (CEREZINI et al., 2017).

No cenário produtivo da soja, a grande diversidade climática de cada região produtora, somada ao lançamento de um grande número de cultivares que apresentam diferentes níveis de sensibilidade aos fatores climáticos, estão dificultando o estabelecimento de uma época ideal para todas as cultivares e regiões (URBEN FILHO e SOUZA, 1993). Portanto, é de suma importância o zoneamento climático da cultura da soja, o qual tem o intuito de indicar quais são as regiões que apresentam as condições mais favoráveis para seu cultivo. Então, é realizada a classificação das regiões, como aptas, marginais e inaptas.

4. Melhoramento Genético, visando à Tolerância ao Déficit Hídrico

O incremento na produtividade de grãos é um dos principais e mais importantes objetivos, buscados pelos programas de melhoramento genético de soja. Para uma cultivar ser, altamente, produtiva, deve haver uma combinação balanceada de genes, em que, uma vez atingido esse equilíbrio, ganhos adicionais são mais difíceis de serem obtidos (ALMEIDA e KIIHL, 1998). Porém, a produtividade esperada de grãos é influenciada por diversos fatores; tais como a disponibilidade hídrica (RAIJ et al., 1997), requerendo um amplo estudo das diversas características que atuam, direta ou indiretamente, para tal *performance*.

A água é considerada como o principal fator ambiental da regulação do crescimento e desenvolvimento de uma planta; assim, a habilidade para resistir à falta de água é de fundamental importância para a continuidade do seu ciclo de vida (HONG-BO et al., 2008). Em relação aos mecanismos, desenvolvidos pelas plantas, para a resistência à limitação hídrica, existem três categorias de classificação: *i*) plantas que escapam do *déficit*, que tem um rápido desenvolvimento fenológico; *ii*) plantas tolerantes ao período de *déficit*, que elevam o seu potencial hídrico, adiando a desidratação; e *iii*) tolerantes ao *déficit*, que

não alteram o potencial hídrico, tolerando à desidratação (TURNER, 1986; 1997). A tolerância à limitação hídrica varia, dependendo da cultivar, em que, quanto mais baixo o vigor da semente, maior será a intolerância (SANTOS et al., 1992); além da adoção de práticas agrônômicas que possibilitam melhor *performance* frente ao estresse.

Diversas variações fenotípicas são observadas sob limitação hídrica em soja, principalmente, entre os estádios V3-V4 e V6-R2, como no conteúdo de clorofila, redução nos valores no F_v/F_m , biomassa, características radiculares e relacionadas à produtividade (PRINCE et al., 2016); bem como nos teores de proteína e óleo (FOROUD et al., 1993). Ocorre também a diminuição drástica do alongamento radicular (VITAL et al., 2017). Então, a avaliação da profundidade, distribuição e ramificação do sistema radicular são características que devem ser consideradas na avaliação do nível de tolerância à seca (KRAMER e BOYER, 1995). Quedas na g_s e A foram observadas, a partir do oitavo e nono dia de limitação hídrica (LIU et al., 2005); e, a redução da área foliar específica (NAGASUGA et al., 2014). Em relação ao metabolismo do nitrogênio, a seca ocasiona quedas na fixação e assimilação de nitrogênio, em relação a condições hídricas normais (BELLALOUI et al., 2013). Então, a determinação do teor de N nas plantas se comporta como um indicador de tolerância e produtividade de grãos, sob limitação hídrica; baseando-se no fato de que a fixação biológica desse nutriente é, altamente, susceptível por esse estresse abiótico (SINCLAIR, 2011).

Para a seleção de genótipos com superioridade agrônômica sob deficiência hídrica é comum o uso de caracteres secundários, por tornar mais preciso o processo de seleção. Por meio desses caracteres, é possível quantificar a influência que a limitação hídrica tem sob a cultura; além de serem observados, antes do período de maturação; sendo possibilitado o uso como critério de seleção precoce (BÄNZINGER et al., 2000). Nesse caso, dentre os caracteres secundários mais utilizados são os agrônômicos; tais como, o intervalo de florescimento, peso de 1000 grãos (RIBAUT et al., 1997) e altura da inserção da primeira vagem (GAVA et al., 2015); e, fisiológicos, como peso seco radicular, área foliar específica, teor relativo de clorofila (SONGSRI et al., 2009), condutância estomática (g_s) e taxa fotossintética (A) (GILBERT, ZWIENIECKI e

HOLBROOK, 2011); rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) (MAXWELL e JOHNSON, 2000); e, o acúmulo de solutos, tais como a prolina, que, sob limitação hídrica, media o ajuste osmótico; a integridade e proteção da membrana plasmática, como fonte de carbono e nitrogênio; e, para a remoção de ROS (VALLIYODAN e NGUYEN, 2006).

Então, para fornecer análises precoces, no processo de identificação das plantas com características de interesse, devem ser adotadas técnicas de fenotipagem não invasivas, não destrutivas, que maximizem o tempo de análise, possibilitem a avaliação de um grande número de indivíduos e alta precisão (CHEN et al., 2011). Isso se concretiza no futuro do melhoramento genético; dando ênfase para a fenotipagem de características fisiológicas específicas e bem definidas (GHANEM, MARROU e SINCLAIR, 2015).

A fenotipagem visa a determinar, de forma qualitativa ou quantitativa, as características pertencentes ao estudo, que se relaciona ao desempenho do genótipo, em um determinado ambiente (DHONDT, WUYTS e INZÉ, 2013). As metodologias mais usuais para a avaliação de características fotossintéticas empregam métodos destrutivos que requerem muito tempo, recursos e mão de obra (FURBANK e TESTER, 2011). Então, para melhorar a *performance* do processo de avaliação de genótipos frente à condição estressante, é necessária uma ferramenta acurada, que possibilite a identificação do desempenho produtivo e a capacidade de resiliência das plantas (THIRY et al., 2016). A fenotipagem de alto rendimento busca a caracterização e a mensuração de indivíduos (ARAUS et al., 2015), em que os caracteres mais promissores ao nível de campo devem agregar, no tempo e espaço, o desempenho da cultura, em relação aos recursos capturados e à eficiência no seu uso pelas plantas (ARAUS et al., 2002; 2008).

5. Considerações finais

Devido à importância da cultura da soja em todo mundo, é de suma importância o conhecimento dos fatores que influenciam o seu desenvolvimento e produção; visando a elevar o seu desempenho produtivo. É certo que, nos próximos anos, aumentará, ainda mais,

a importância da produção de soja no Brasil; visto que os Estados Unidos e a Argentina, junto com o Brasil, são os maiores produtores mundiais, não tem mais disponibilidade de grandes extensões de áreas para a expansão da produção, como no Brasil.

A limitação hídrica é um dos fatores de origem abiótica que implica em perdas produtivas; sendo necessário verificar tecnologias que visam a driblar seus impactos. Dentre as tecnologias mais importantes, o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao *déficit* hídrico exprime maior segurança ao nível de campo. Para tal, um grande gargalo do melhoramento genético de soja para tolerância à seca é o desenvolvimento de um protocolo, com metodologias eficientes, para a seleção de genótipos mais produtivos e tolerantes à seca.

6. Referências bibliográficas

ALMEIDA, L.A.; KIHL, R.A.S.; Melhoramento de soja no Brasil-Desafios e Perspectivas. In: CAMARA, G.M.S. (Org). **Soja Tecnologia da produção**. Piracicaba: Publique, 1998. p.40-54.

ARAÚJO FILHO, J.T. et al. Características morfológicas e produtivas da maniçoba cultivada sob lâminas hídricas e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.14, n.4, p.609-623, 2013.

ARAUS, J.L. et al. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. **Critical Reviews in Plant Science**, v.27, p.1-36, 2008.

ARAUS, J.L. et al. Novas tecnologias para fenotipagem. In: FRITSCHENETO, R.; BORÉM, A. (Eds.) **Fenômica** – como a fenotipagem de próxima geração está revolucionando o melhoramento de plantas. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. p.11-29.

ARAUS, J.L. et al. Plant breeding and water stress in C3 cereals: what to breed for? **Annals of Botany**, v.89, p.952-940, 2002.

BÄNZINGER, M. et al. **Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize**. CIMMYT Special Publication. Mexico, D.F.: CIMMYT., 2000. 68p.

BARBOSA, E.G.G. Overexpression of the ABA-Dependent AREB1 Transcription Factor from *Arabidopsis thaliana* Improves Soybean Tolerance to Water Deficit. **Plant Molecular Biology Reporter**, v.31, p.719–730, 2013.

BELLALLOUI, N. et al. Responses of nitrogen metabolism and seed nutrition to drought stress in soybean genotypes differing in slow-wilting phenotype. **Frontiers in Plant Science**, v.4, p.1-13, 2013.

BEZERRA, A.R.G. et al. Importância econômica. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Eds.) **Soja – do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, p.9-26. 2015.

BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P. Estresses abióticos: desafios do melhoramento de plantas nas próximas décadas. In: FRITSCHNETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. p.9-28.

CEREZINI, P. et al. Water restriction and physiological traits in soybean genotypes contrasting for nitrogen fixation drought tolerance. *Scientia Agrícola*, v.74, n.2, p.110-117, 2017.

CHEN, U.L. et al. Development of a novel semi-hydroponic phenotyping system for studying root architecture. **Functional Plant Biology**, v.38, p.355-363, 2011.

CONAB. Companhia Brasileira de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 4 Safra 2016/17 - Décimo levantamento, Brasília, 170p., 2017. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_11_09_00_42_boletim_graos_julho_2017.pdf > Acessado em: 11 Jul 2017.

DAHAL, K.; MARTYN, G.D.; VANLERBERGHE, G.C. Improved photosynthetic performance during severe drought in *Nicotiana tabacum* overexpressing a nonenergy conserving respiratory electron sink. **New Phytologist**, v.208, p.382-395, 2015.

DHONDT, S.; WUYTS, N.; INZÉ, D. Cell to whole-plant phenotyping: the best is yet to come. **Trends in Plant Science**, v.18, p.428-439. 2013.

DINAKAR, C.; DJILIANOV, D.; BARTELSA, D. Photosynthesis in desiccation tolerant plants: Energy metabolism and antioxidative stress defense. **Plant Science**, v.182, p.29-41, 2012.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A.C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, v.3, n. 1, p.67-77, 2015.

FOROUD, N. et al. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield, protein, and oil responses. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.31, p.195-209, 1993.

FOYER, C.H. et al. Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. **Nature Plants**, v.2, artigo 16112, 10p., 2017.

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

FURBANK, R.T.; TESTER, M. Phenomics – Technologies to relieve the phenotyping bottleneck. **Trends in Plant Science**, v.16, p.635-644, 2011.

GAVA, R. et al. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.6, p.349-359, 2015.

GHANEM, M.E.; MARROU, H.; SINCLAIR, T.R. Physiological phenotyping of plants for crop improvement. **Trends in Plant Science**, v.20, n.3, p.139-144, 2015.

GILBERT, M.E.; ZWIENIECKI, M.A.; HOLBROOK, N.M. Independent variation in photosynthetic capacity and stomatal conductance leads to differences in intrinsic water use efficiency in 11 soybeans genotypes before and during mild drought. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.1-13, 2011.

GURURANI, M.A.; VENKATESH, J.; TRAN, L.S.P. Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. **Molecular Plant**, v.8, p.1304-1320, 2015.

GUTIERREZ-GONZALEZ, J.J. et al. Differential expression. Of isoflavone biosynthetic genes in soybean during water déficits. **Plant Cell Physiology**, v.51, p.936-948, 2010.

HASANAH, Y. Isoflavone contente of soybean [*Glycine max* (L.) Merr] cultivars with diferente nitrogen sources and growing season under dry land conditions. **Journal of Agriculture and Environment for International Development**, v.109, p.5-17, 2015.

HONG-BO, S. et al. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, n.3, p.215-225, 2008.

HUNGRIA, M. et al. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in South America. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K. (Ed.). **Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity**. Houston: Studium Press, LLC, 2006. p.43-93.

JORDAN, W. R. Whole plant response to water deficits: An overview. In: TAYLOR, H. M. et al. (Eds.) **Limitations to efficient water use in crop production**. Madison: ASA, CSSA, and SSA. 1983. p.289-317.

KING, C.A. et al. A possible relationship between shoot N concentration and the sensitivity of N₂ fixation to drought in soybean. **Crop Science**, v.54, p.746-756, 2014.

KINNEY, A.J.; CLEMENTE, T.E. Modifying soybean oil for enhanced performance in biodiesel blends. **Fuel Processing Technology**, v.86, n.10, p.1137–1147, 2005.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, New York. 1995.

LAUTERI, M. Photosynthetic diffusional constraints affect yield in drought stressed rice cultivars during flowering. **Plos One**, v.10, n.2, e109054, 2014.

LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.773-787, 2002.

LICHT, M.A.; WRIGHT, D.; LENNSEN, A.W. **Soybean response to drought**. 2013. Iowa State University: Agriculture and Environment Extension Publications. 190. Disponível em: <http://lib.dr.iastate.edu/extension_ag_pubs/190> Acessado em: 18 Jun 2017.

LIM, C.W. et al. Function of ABA in stomatal defense against biotic and drought stresses. **International Journal of Molecular Science**, v.16, p.15251-15270, 2015.

LIU, F. et al. Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max* L. Mett.) during progressive soil drying. **Environmental and Experimental Botany**, v.54, p.33-40, 2005.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence; a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.659-668, 2000.

MORCELI, T.G.S. et al. Identificação e validação de marcadores microsatélites ligados ao gene *Rpp5* de resistência à ferrugem asiática da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.11, p.1525-1531, 2008.

NAGASUGA, K. et al. Effects of Water Condition on Soybean (*Glycine max* L.) Plant Growth After Flowering. **Environmental Control Biology**, v.52, n.4, p.221-225, 2014.

NISHIYAMA, Y.; MURATA, N. Revised scheme for the mechanism of photoinhibition and its application to enhance the abiotic stress tolerance of the photosynthetic machinery. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.98, p.8777-8796, 2014.

PALTA, J.A. et al. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat asinfluenced by postanthesis water deficits. **Crop Science**, v.34, n.1, p.118-124, 1994.

PARRY, M.A.J. et al. Rubisco activity: effects of drought stress. **Annals of Botany**, v.89, p.833-839, 2002.

PRINCE, S.J. Evaluation of high yielding soybean germplasm under water limitation. **Journal of Integrative Plant Biology**, v.58, n.5, p.475-491, 2016.

RAIJ, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas, n.100, 1997. 285p.

RAPER, C.D.; KRAMER, P.J. Stress physiology. In: WILCOX, J.R. (Ed.) **Soybeans: improvement, production, and uses**. Madison, WI: American Society of Agronomy, 1987. p.589-641.

RIBAUT, J.M. et al. Changes in allelic frequencies in a tropical maize population under selection for drought tolerance. In: EDMÉADES, F.O. et al. (Eds.) **Developing drought and low n-tolerance maize. Proceedings of a Symposium**, March 25-29, 1996, CIMMYT, El Batán, Mexico, Mexico, D.F.: CIMMYT, 1997. p.392-395.

ROSE, G. et al. Impacto f progressive global warming on the global-scale yield of maize and soybean. **Climate Change**, v.134, p.417-428, 2016.

SANTOS, F.L. et al. Relações Solo-Água-Planta. In: SHAKIB SHAHIDIAN, R.; RODRIGUES, C.M. (eds). **Hidrologia Agrícola**. Évora: ICAAM, 2012. p.153-203.

SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias. 309p. 2009.

SHAFI-UR-REHMAN; HARRIS, P.J.C.; ASHRAF, M. Stress environments and their impacto n crop production. In: ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. (Eds.) **Abiotic Stress – plant resistance through breeding and molecular approaches**. New York: Food Products Press. 715p. 2005.

SINCLAIR, T.R. Challenges in breeding for yield increase for drought. **Trends in Plant Science**, v.16, n.6, p.289-293, 2011.

SONGSRI, P. et al. Associationof root, specific leaf area and SPD chlorophyll meter Reading to water use efficiency of peanut under

diferente available soil water. **Agricultural Water Management**, v.96, p.790-798, 2009.

THIRY, A.A. et al. How can we improve crop genotypes to increase stress resilience and productivity in a future climate? A new crop screening method based on productivity and resistance to abiotic stress. **Journal of Experimental Botany**, v.67, n.19, p.5593-5603, 2016.

TUBEROSA, R. et al. Absciscic acid concentration in leaf and xylem sap, leaf water potential, and stomatal conductance in maize. **Crop Science**, v.34, n.4, p.1537-1563, 1994.

TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, n.1, p.175-190, 1986.

TURNER, N.C. Further progress in crop water relations. *Advances in Agronomy*, v.58, p.293-338, 1997.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P.I. de M. Manejo da cultura da soja sob cerrado. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.267-298.

VALLIYODAN, B.; NFUYEN, H.T. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v.9, p.1-7, 2006.

VITAL, R.G. et al. Alterações morfológicas em cultivares de soja submetidas ao déficit hídrico. **Abstract... IV INOVAGRI International Meeting**, 2017. Fortaleza, 2 a 6 out. 2017.

ZHANG, J. et al. Photosynthetic performance of soybean plants to water deficit under high and low light intensity. **South African Journal of Botany**, v.105, p.279-287, 2016.

DIFICULDADES EM PRODUZIR SEMENTES E MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS NO BRASIL



Brunna Luyze Tristão de Melo

Aluna do Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Bambuí*. brunnaltmelo@gmail.com

Renata Aparecida Pereira

Aluna dos Cursos de Graduação em Engenharia de Produção e Agronomia, respectivamente, do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Bambuí*. p.renataa@yahoo.com.br

Elvis Eduardo de Lima

Aluno dos Cursos de Graduação em Engenharia de Produção e Agronomia, respectivamente, do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Bambuí*. elviseduardo.agro@gmail.com

Tatiana Arantes Afonso Vaz

Professora Visitante de Biologia Vegetal do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Bambuí*. tatiana.arantes@gmail.com; tatiana.arantes@ifmg.edu.br

1. Introdução

1.1. A Situação Atual da Produção de Mudas, no Brasil

A produção de mudas de espécies nativas envolve a disponibilidade de área para cultivo, a seleção e a certificação de plantas matrizes, a coleta das sementes, o beneficiamento, o armazenamento e o controle de qualidade, para que o viveiro possa atender ao padrão normativo, estabelecido por Lei. Sobre esse assunto, a Legislação Brasileira teve um significativo avanço, em 2003, com a Lei Federal nº 10.711; que versa sobre as atividades relativas à produção e comercialização de sementes e mudas, no país. Essa Legislação instituiu o RENASEM – Registro Nacional de Sementes e Mudanças; o RENAM – Registro Nacional de Matrizes; e, o RNC – Registro Nacional de Cultivares (BRASIL, 2003). Todos os produtores de mudas que quiserem produzir mudas ou sementes devem se inscrever no RENASEM, com o objetivo de habilitarem-se, na prática das atividades, relacionadas à produção.

Em 2011, o MAPA emitiu a Instrução Normativa nº 56, que regulamenta a produção, comercialização e utilização de sementes e mudas de espécies florestais nativas e exóticas, com intuito de garantir a procedência, a qualidade e a identidade desse material (BRASIL, 2011). Como a Lei é feita para todos os produtores, independentemente, da sua escala de produção, o pequeno produtor tem dificuldades em atender a todas as exigências, que lhe são impostas. Na pesquisa realizada por Silva et al. (2015), os autores apresentam os gargalos existentes na produção e comercialização de sementes e mudas nativas: a Normativa não distingue espécies exóticas de nativas; não exigindo tanto controle para a segunda; o *site* do RENASEM possui um caráter muito burocrático; e, tem restrição a certos profissionais para exercer a função de responsável técnico; além de custos elevados para a regularização; ou seja, muita burocracia em relação ao coletor de sementes; à quantidade de notas fiscais, desde a coleta; à demora dos testes de germinação de sementes; e, à lista limitada de sementes florestais nativas, com padrões de análises definidos. Assim, após entrevista, com diferentes atores, ligados ao processo de produção, que incluem viveiristas, pesquisadores, membros de ONGs e da Comissão do RENASEM, entre outros, chegou-se à conclusão que a Lei deixa a desejar no que diz respeito ao pequeno produtor. Estes não têm condições de atender a certas exigências, apesar da Legislação de sementes e mudas florestais ter tido um avanço, na tentativa de organizar a cadeia de produção das espécies nativas.

Já, no relatório, apresentado pelo IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2015), outros gargalos de produção são apresentados; segundo os viveiristas e coletores do estado do Rio de Janeiro, os principais obstáculos para a coleta de sementes, para a produção e comercialização de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica são a falta de mão de obra capacitada, a divulgação, a estrutura para produção; e, as sementes de qualidade, disponíveis no mercado.

2. Principais Dificuldades para a Produção de Mudanças de Espécies nativas

2.1. Coleta de Sementes

Essa etapa é primordial para a manutenção dos viveiros, pois, a partir dela, obtêm-se sementes com características específicas de certas regiões; possibilitando a manutenção da diversidade florística e genética local. Porém, há dificuldade de se obter variabilidade genética ideal, devido, frequentemente, à coleta de sementes ocorrer em matrizes muito próximas e em número insuficiente, para garantir a diversidade esperada (REIS, TRES, SCARIOT, 2007; SAUTU et al., 2006; SILVA; SILVA; MARTINS, 2014 apud SOUZA, 2017).

De acordo com Vieira et al. (2001), a coleta pode ser feita de três maneiras:

1. **Direto da Árvore:** Quando os frutos são muito pequenos ou muito leves; frutos deiscentes de sementes pequenas; e, ou, leves que se abrem, quando, ainda, na árvore; pois se perderiam no chão ou seriam levadas pelo vento.
2. **Coleta do Chão:** No caso de frutos grandes e pesados, que caem sem se abrirem; ou, no caso de sementes grandes que são, facilmente, catadas; e, que não apresentam riscos de serem disseminadas pelo vento. Entretanto, expõe a semente à predação; reduzindo a disponibilidade de sementes e afetando a sua qualidade.
3. **Secagem:** É empregada para a extração da semente, do interior do fruto; e, posteriormente, para a redução do conteúdo de umidade das sementes, a um teor adequado ao acondicionamento.

O método mais eficiente é aquele que consegue coletar maior quantidade de sementes, com menor custo; sem se arriscar na qualidade da semente; na segurança da equipe; e, sem prejudicar a futura produção de sementes da matriz e a sucessão natural da área.

Um cuidado a ser tomado é a não retirada total das sementes da matriz, para que não haja comprometimento em sua regeneração natu-

ral. Esse cuidado deve ser redobrado quando se tratar de fragmentos florestais, pois o equilíbrio entre os agentes dispersores e predadores é frágil (Figliolia e Aguiar, 1993; Nogueira e Medeiros, 2007).

3. Transporte e Armazenamento de Sementes

Depois da coleta, o transporte deve ser feito o mais breve possível para o local onde as sementes serão beneficiadas e armazenadas. É importante que seja feita a identificação das embalagens, por meio de etiquetação; contendo o nome da espécie, o número da matriz ou a população; a data; o nome do coletor; a data e o local de coleta. Essas informações são importantes para manter a identidade da matriz ou a população e formação do lote de sementes.

Depois de transportadas, as sementes precisam ser beneficiadas, secas (quando adequado); e, em seguida, armazenadas; evitando-se a sua deterioração. O armazenamento é realizado em câmaras frias e em câmaras secas, de acordo com a temperatura e a umidade adequadas, a cada espécie (para mais detalhes ver Rodrigues Junior & Vaz, 2016; e Vaz et al., 2017).

As espécies vegetais que produzem sementes podem ser agrupadas em uma das três categorias, de acordo com o seu comportamento de armazenamento: recalcitrante (intolerante à dessecação e ao armazenamento em baixas temperaturas); intermediária (parcialmente, intolerante à dessecação e sensível a baixas temperaturas); ou, ortodoxa (tolerante à dessecação e ao armazenamento em baixas temperaturas). Há dois aspectos práticos de comportamento de armazenamento de sementes: primeiro, o efeito da dessecação, na viabilidade das sementes; e, segundo, a resposta da longevidade das sementes, no ambiente de armazenagem (Hong e Ellis, 1996).

Devido à alta diversidade florística e genética dos ecossistemas brasileiros, esses aspectos, acima citados, precisam ser estudados, individualmente, para cada espécie; o que pode fazer com que pequenos produtores, ou produtores sem acesso ao conhecimento científico, percam grande investimento de tempo e dinheiro nos procedimentos pós-coleta; inviabilizando a propagação de determinadas espécies, com especificidades de armazenagem.

4. A Dormência em Sementes

Algumas espécies retardam a germinação de suas sementes até que as condições do ambiente estejam adequadas para o estabelecimento e a sobrevivência das plântulas; mecanismo denominado Dormência. Este constitui-se numa estratégia benéfica às espécies, pela distribuição da germinação, ao longo do tempo; aumentando, assim, a probabilidade de sobrevivência das espécies. Segundo Baskin e Baskin (2014), as sementes que possuem essa incapacidade de germinar podem possuir a Dormência, conferida ao embrião ou às estruturas externas a ele. Sendo, assim, classificadas, como: 1) Fisiológica: Quando o embrião não tem potencial de crescimento para germinar; 2) Morfológica: Relacionada ao tamanho e ao desenvolvimento do embrião; 3) Morfofisiológica: Combinação dos dois tipos 1 e 2; 4) Física: Quando o fruto ou a semente são impermeáveis à água; e, 5) Combinada: Combinação entre a física e a fisiológica.

Em um grande número de espécies nativas, a Dormência de sementes é um fato comum; sendo esta, em condições naturais, de grande valor por ser um mecanismo de sobrevivência da espécie. No entanto, passa a ser um transtorno, quando as sementes são utilizadas para a produção de mudas, em razão do longo tempo necessário para que ocorra a germinação; expondo-as a condições adversas e a grandes possibilidades de predação, ataques de fungos e outros patógenos; atrapalhando ou impedindo o estabelecimento das plântulas (BRUNO et al, 2001). Os principais métodos de superação de Dormência de sementes são: imersão em água quente, escarificação mecânica e química, estratificação térmica, imersão em soluções de giberelina, etc. Para mais detalhes, ver Rodrigues-Junior & Vaz (2017).

5. O que é uma Muda de Qualidade?

Além dos processos de coleta, transporte, beneficiamento e armazenamento das sementes, citados acima, outros fatores, também, podem influenciar na qualidade de mudas nativas. Segundo Carneiro (1995), mudas de qualidade são aquelas que, após o plantio,

apresentem resistência a condições adversas, que passarão no campo. Tanto o potencial genético, como a nutrição, o controle fitossanitário, o manejo de produção (substrato, recipiente, aclimatização, irrigação, temperatura, densidade) são fatores que interferem na qualidade final das mudas produzidas (Hoppe & Brun, 2004).

O processo de controle de qualidade utiliza Parâmetros Morfológicos e Fisiológicos, em uma análise conjunta. Os Parâmetros Morfológicos são os mais práticos e fáceis de serem aferidos; e, por isso, são os mais utilizados, na determinação da qualidade. Estes são avaliados em viveiro; fase importante do desenvolvimento da planta, onde as mudas estão sujeitas a sofrerem interferências abióticas e bióticas, no seu desenvolvimento. Os Parâmetros Morfológicos, mais utilizados para classificar a qualidade de mudas, são altura de parte aérea, diâmetro do coleto, peso de matéria fresca e seca da parte aérea e raízes, a relação entre o diâmetro do coleto e a matéria seca de raiz, dentre outros (CARNEIRO, 1995). Apesar desses Parâmetros serem, amplamente, utilizados, não existe, hoje, uma convenção de Parâmetros para se considerar uma muda de espécie nativa como ideal. Então, os viveiristas costumam utilizar índices designados para espécies de interesse econômico, como eucaliptos, pinus, etc.

Apesar dos benefícios da utilização de Parâmetros Morfológicos para inferir a qualidade de uma muda, os Parâmetros Fisiológicos podem apresentar respostas, mais assertivas, quanto a essa questão. Carneiro (1995), cita os Parâmetros Fisiológicos, o potencial hídrico das folhas, a ecofisiologia das raízes e o estado nutricional da muda. Contudo, tal avaliação demanda tempo, para a realização dos testes que, geralmente, são destrutivos (as plantas utilizadas são separadas em partes para a realização das análises), exige acesso a equipamentos especializados; além de treinamento para utilizá-los e se fazer a leitura dos resultados. Tudo isso restringe o acesso dos viveiristas a essas informações; especialmente, àqueles que possuem pequenos viveiros.

6. Considerações finais

A produção de mudas nativas no Brasil é regida por Lei e dentro dessa perspectiva o pequeno produtor é o mais afetado, pois não

consegue atender todas as exigências e, assim, deixa-se de produzir mudas nativas e passa-se a comercializar somente mudas ornamentais e agricultáveis.

Pensando em uma outra perspectiva fora da Lei vigente, as pesquisas citadas anteriormente ditam que o gargalo encontra-se também na mão-de-obra. Para todas as etapas, desde a coleta até a fase de armazenamento, precisa-se ter profissionais habilitados e com conhecimento para cada espécie, pois diferentemente das espécies agrícolas, as espécies nativas não estão catalogadas e não tem um comportamento comum nem mesmo dentro de uma mesma espécie. Dentro da etapa de germinação, ainda pode ocorrer, em determinadas espécies, a dormência, o que volta a ser um gargalo de produção devido ao tempo demandado na sua quebra e, voltando ao pequeno produtor e a mão-de-obra especializada, demanda-se pessoas capazes de conhecer qual o tipo de dormência e qual o tratamento mais eficaz à sua quebra.

Desta forma, os viveiros de mudas nativas passam por diversas dificuldades para produzir e comercializar as mudas e muitas vezes deixem de produzir muitas espécies diante de tantos obstáculos. É extremamente importante a busca por métodos que evitem que os viveiristas deixem de produzir espécies, especialmente, as em extinção.

7. Referências bibliográficas

AZANIA, C. A. M., MARQUES, R. P., AZANIA, A. A. P. M. e ROLIM, J. C. Superação da dormência de sementes de corda-de-violão (*Ipomoea quamoclit* e *I. Hederifolia*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 23-27, 2009.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J.M. **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. Second Edition. Lexington: Elsevier, 2014.

BRASIL, **Lei nº 10711 de 5 de agosto de 2003**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.711.htm> acesso em 19 de julho de 2018.

BRASIL, **Instrução Normativa nº 56, de 8 de dezembro de 2011**. Disponível em:< <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/insumosagricolas/sememtees-emudas/publicacoes-sementes-e-mudas/INN56de8dedezembrode2011.pdf>> Acesso em 19 de julho de 2018.

BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; PAULA, R. C. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 23, nº 2, p.136-143, 2001.

CALEGARI, L., MARTINS, S.V., CAMPOS, L.C., SILVA, E., GLERIANI, J.M. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.871-880, 2013.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR, 1995.

COLE, R.J. et al. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**. v. 261, p. 1590-1597, 2011.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. 1ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2008.

FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. Colheita de Sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: Abrates, 1993, cap.7.

FLOWER, A. J. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 27p. 2000.

GONÇALVES, E.O. et al. Crescimento de mudas de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) sob diferentes doses de macronutrientes. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 599-609, dez, 2010.

HAY, F. R.; PROBERT, R. J. Advances in seed conservation of wild

plant species: a review of recente research. **Conservation Physiology**, vol.1, 11p. 2013.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H.. **A protocol to determine seed storage behaviour**. In: Engels, J. M. M.; Tool, J. Plant Genetic Resources Institute, 62p, 1996.

HOPPE, J.M.; BRUN, E. J. **Produção de sementes e mudas florestais**. Santa Maria: UFSM, 2004.

HUNT, G. A. Effect of stryrblock design and Cooper treatment on morphologhogy of conifer seedlings. In: **Target seedlings symposium meeting of the western forest nursery associations, general technical report rm-200**, 1990, Rosenberg. Proceedings... p. 218-222. Fort Collins: USDA, 1990.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico da produção de mudas florestais nativas no Brasil**. Brasília, 2015. Disponível em:<http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/150507_relatorio_diagnostico_producao.pdf> Acessado em: 22/07/2-18.

MATTSSON, A. Predicting field performance using, seedling quality assessment. **New Forest**, Dordrecht, v. 13, n. 1/3, p. 227-252, 1996.

NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A. C. S. **Coleta de sementes florestais nativas**. Embrapa – circular técnica. Colombo, Paraná, 2007.

RODRIGUES JUNIOR, A. G.; VAZ, T. A. A. Fisiologia de sementes aplicada à tecnologia e produção. In: SILVA, J. C.; ASSIS, R. T.; FRAVET, P. R. F. **Bases sustentáveis do agronegócio**. Compose: Uberlândia. 2016.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de *Cryptomeria jáponica* (L.F) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v, 10, n. 2, p.1-15, 2000.

SANTOS, Laércio Wanderley Dos. Propagação e produção de mudas de mulungu, *Erythrina velutina* WILLD. (FABACEAE) e Jucá, *Caesalpiniaferrea*MART. EX TUL. (CAESALPINIACEAE) em Mossoró-RN. 2011. Tese (**Doutorado em Agronomia**) -

Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte.

SILVA, A. P. M.; MARQUES, H. R.; LUCIANO, M. As. F.; SANTOS, T. V. M. N.; TEIXEIRA, A. M. C.; SAMBUICHI, R. H. R. Gargalos da regulamentação da produção e comercialização de sementes e mudas florestais nativas no Brasil: Contribuições para revisão da normativa. In: **Boletim regional, urbano e ambiental**, vol.12, jul.-dez, 2015.

SOUZA, C. M. Diagnóstico da produção de mudas de espécies florestais nativas em minas gerais. 2017. Dissertação (**Mestre em Engenharia Florestal**) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

VAZ, T. A. A. et al.. Tecnologias para conservação de sementes nativas. In: Silva, J. C.; Assis, R. T.; Fravet, P. R. F. **Agronegócio brasileiro: Técnicas de Manejo e Produção**. Uberlândia: Comoser, 2017.

VIEIRA, Abadio Hermes; MARTINS, Eugenio Pacelli; PEQUENO, Petrus Luis de Luna; LOCATELLI, Marília; SOUZA, Maria Geralda de. **Técnicas de produção de sementes florestais**. EMBRAPA-CPAF Rondônia, ago./2001, p.1-4.

MELHORAMENTO GENÉTICO DO CAFEIEIRO CONILON, VISANDO À TOLERÂNCIA À SECA



Lindomar de Souza Machado

Engenheiro Agrônomo, Me., Doutorando em Genética e Melhoramento pela
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Leonardo Humberto Silva e Castro

Engenheiro Agrônomo, MBA, Me., Doutorando em Genética e Melhoramento pela
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Cyntia Meiry da Silva Machado

Engenheira Agrônoma, Me., Doutoranda em Genética e Melhoramento pela
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Josimar Aleixo da Silva

Engenheiro Agrônomo, Me., Dr., Pós-doutorando em Genética e Melhoramento pela
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Paulo Cezar Cavatte

Engenheiro Agrônomo, M.e., Dr., Professor Adjunto III
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

1. Considerações Preliminares

Nos últimos anos, inegavelmente, tem-se percebido alterações no regime de chuvas, como consequências dos efeitos de mudanças climáticas globais; havendo diminuição do volume anual ou o aumento à sazonalidade. Ademais, as alterações nos índices de precipitação estão associadas com o aumento da temperatura; e, portanto, aumento da evapotranspiração do solo, expondo as culturas às condições de seca. A seca é o principal fator limitante da produção agrícola mundial, e, está diante de um cenário de demanda crescente de produção de alimentos para suprir as necessidades nutricionais de uma população mundial que cresce, acentuadamente.

Dessa forma, é necessário direcionar esforços nas diferentes áreas do conhecimento, na busca de alternativas para minimizar as consequências da seca. O melhoramento genético de plantas, associado às boas práticas agrícolas, surgem como as principais alternativas para mitigação daqueles efeitos. Entretanto, para o desenvolvimento de variedades que apresentem desempenho superior, sob condições de seca, é fundamental explorar a variabilidade genética natural das espécies, a caracterizar os Bancos Ativos de Germoplasma; e, aliar as estratégias de melhoramento genético convencional, associados ao uso de técnicas biotecnológicas. Serão descritos, abaixo, alguns aspectos da cultura e os principais mecanismos de tolerância à seca do café Conilon, com a finalidade de oferecer ao leitor subsídios necessários para o entendimento sobre as principais estratégias de melhoramento genético da espécie; visando à tolerância à seca.

2. Alguns Aspectos da Cultura do Café Conilon (*Coffea canephora*)

A espécie é natural de florestas tropicais e equatoriais africanas, com altitudes chegando a 800 m do nível do mar, são regiões de chuvas abundantes, chegando a 2000 mm, ao longo de 9 a 10 meses; e, temperaturas médias entre 24 a 26°C (DAMATTA, 2004). A espécie apresenta diversidade genética, sendo, esta, verificada, em alguns estudos de populações; e, dividida em dois grupos, Congolês e Guineano, situados em distinta região geográfica (MONTAGNON; CUBRY; LEROY, 2012).

Os Guineano apresentam genótipo de folhas menores, menor vigor, menor porte, tolerantes à seca e suscetíveis à ferrugem. Esse grupo ficou restrito à sua área de origem. O Congolês, dividido em vários subgrupos, sendo que, apenas, dois existem, com maior importância, os ‘Robustas’ e os ‘Kuliouou’ (FAZUOLI, 2007). Os ‘Robustas’ são de região de clima tropical, com índices pluviométricos elevados e bem distribuídos, ao longo do ano; são genótipos mais altos, vigorosos, de folhas maiores, resistentes à ferrugem e sensíveis à seca. Os ‘Kuliouou’ são, comumente, conhecidos no Brasil de ‘Conilons’; são de região de clima árido, localizado em área litorânea do

Continente; são genótipos de características adaptativas semelhantes, em parte, àquelas do grupo Guineano; apresentam eficiente resposta à tolerância à seca, devido um maior controle de transpiração; e, tem tolerância ao fungo *Hemileia vastatrix* (FERRÃO et al., 2017).

Dessa maneira, os genótipos de Conilon tem sido alvo central das pesquisas de melhoramento genético, no Brasil, para regiões de baixas altitudes e que possuem temperaturas médias anuais elevadas (de 22°C a 26°C); em especial, para regiões com períodos secos mais amplos (FAZUOLI et al., 2007). Entretanto, já há estudos buscando cultivar o Conilon, em altitude; objetivando buscar temperaturas mais próximas do ideal; visto que, em muitas regiões baixas, as temperaturas médias estão se elevando, ao longo do tempo.

Os primeiros trabalhos de melhoramento genético de *C. canephora* foram realizados por europeus, por volta de 1900; com o ingresso de genótipos do grupo Congolês, na Ilha de Java, sudeste asiático. Durante 30 anos, foram identificados e selecionados genótipos para que pudessem ser reintroduzidos nos países centro-africanos; e, alguns destes foram destinados ao Brasil. A partir dos anos 1960, foram constatados avanços no melhoramento, na Costa do Marfim. No Brasil, os principais programas de melhoramento genético da espécie são realizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), com germoplasma de ‘Robusta’; e, pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), com germoplasma de ‘Conilon’ (FAZUOLI et al., 2007; FERRÃO et al., 2017).

3. Principais Mecanismos de Tolerância à Seca

A tolerância à seca no cafeeiro é resultante da reunião de várias características; entre elas, anatômicas, morfológicas, fisiológicas e moleculares, que, algumas vezes, expressam-se, de forma separada; e, em algumas, concomitantemente; podendo ser influenciado por diversas situações, como a severidade do *déficit* hídrico, idade, estado nutricional da planta, tipo e profundidade de solo, carga de frutos, *déficit* de pressão de vapor das folhas, entre outros (DAMATTA, 2004). Desse modo, deve-se buscar maior número de estratégias no combate à seca, em especial, o uso de genótipos adaptados.

Na medida em que o potencial hídrico (Ψ_w) do solo decresce, a manutenção da turgescência é um mecanismo efetivo de tolerância à seca. Essa manutenção tem sido atrelada pelo eficiente controle de fechamento estomático; assim como, o aumento de extração de água no solo. Entretanto, maior capacidade de absorção de água pode não ser suficiente para que se mantenha uma turgescência foliar, se a abertura estomática não for, substancialmente, diminuída (DAMATTA, 2004; DAMATTA; RAMALHO, 2006). Plantas adaptadas à seca são, frequentemente, caracterizadas por um profundo e vigoroso sistema radicular, de maneira que a profundidade, o comprimento e o fluxo de água, dentro da raiz, podem ser atributos da baixa disponibilidade hídrica (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

É sabido que há variabilidade genética no gênero **Coffea**, já que o grupo Conilon (atualmente, definidos como o grupo SG1) parece ser mais tolerante à seca do que os Robustas (atualmente, definidos como o grupo SG2). Entre as estratégias apresentadas pelas plantas de café para lidar com a seca, o enrolamento de folhas e a inclinação para baixo diminuem a exposição da folha à irradiação; levando a menor perda de água pela transpiração; o que foi, comumente, observado para os genótipos guineenses e SG1. A abscisão da folha é, então, diminuída; favorecendo uma rápida recuperação da copa, com o retorno das chuvas. Essa característica pode ser considerada como uma vantagem seletiva, em comparação a abscisões drásticas de folhas, que caracterizam os genótipos SG2 (MONTAGNON; CUBRY; LEROY, 2012).

Em pesquisa desenvolvida por Menezes-Silva et al. (2015), os autores chamam a atenção para traços morfo anatômicos que governam a eficiência/segurança do sistema de transporte de água; e, como esses traços estruturais respondem ao abastecimento de água permanecem desconhecidos. Dessa forma, esses traços estabeleceram a hipótese de que as diferenças clonais, na densidade da madeira (D_w), refletiriam nas diferenças anatômicas do xilema; e, como consequência, estariam associadas à condutância hidráulica; assim, levando ou não a tolerância à seca.

Em um trabalho desenvolvido por Silva et al. (2013), verificou-se que, em condições de irrigação ampla, os clones com capacidade

superior de uso da água apresentaram maiores ganhos de carbono. Em contraste, sob as condições de *déficit* hídrico, os clones que adiaram a desidratação, por meio de taxas de uso de água mais conservadoras, mostraram poucas diminuições relativas, em condutância estomática (g_s), taxa fotossintética líquida (A) e biomassa total. Os resultados, também, sugerem que a combinação de características morfológicas (por exemplo, D_w e, características alométricas) e fisiológicas (por exemplo, A , g_s , taxa diária de transpiração por unidade de área foliar, isótopo de ^{13}C e potencial de água na folha) podem facilitar a avaliação bem-sucedida do desempenho do café, em resposta ao *déficit* hídrico, na fase de mudas. Essa estratégia pode ser valiosa, quando se explora um grande número de genótipos, em programas de melhoramento de café, maximizando tempo e recursos.

Em outro estudo, Lima **et al.** (2002) sugeriram que uma maior atividade de enzimas antioxidantes, também, poderia estar envolvida no mecanismo de tolerância à seca. Foi postulado um papel-chave da peroxidase do ascorbato (APX) para permitir que o clone 14 atinja os potenciais aumentos de H_2O_2 em condições de seca; uma vez que foi encontrada uma atividade aumentada (38%) dessa enzima, para esse clone, após o estresse por seca (PINHEIRO **et al.**, 2004). A seca, também, resultou em aumentos no superóxido dismutase (clones 109A e 120), ascorbato peroxidase (clones 14, 46 e 109A), catalase e peroxidase de guaiacol (clones 46 e 109A); e, ainda, na glutathione redutase (clone 46) e desidroascorbate redutase (clone 109A). Contudo, não foi observada uma ligação geral entre a proteção contra o estresse oxidativo e as diferenças na tolerância clonal à seca.

Um outro trabalho, avaliando diferentes mecanismos moleculares relativos à tolerância seca, em *C. canephora* var. Conilon (VIERA **et al.**, 2013), utilizando os clones 14, 73 e 120, verificou-se que, sob irrigação, o clone 73 apresentou valores baixos de condutância estomática (g_s) e taxa fotossintética líquida (A); sugerindo eficiência no controle do fechamento e na transpiração estomática. Sob a seca, a supressão de A foi acompanhada por manutenção de *quenching* fotoquímicos (qP) e concentração interna de CO_2 ambiental (C_i / C_a); bem como, por uma diminuição de *quenching* não fotoquímicos (qN). Isso é confirmado pela taxa de transporte/taxa de assimilação de CO_2

(ETR / A), que sugeriu a participação de um dissipador de elétrons alternativo, que protege o aparelho fotossintético contra fotoinibição. No nível transcriptômico, a alta regulação dos genes que codificam uma desidrina (CcDH3), peroxidase de ascorbato (CcAPX1), prefenato-desidrogenase como proteína (CcPDH1) e uma hemoglobina não simbiótica (CcNSH1), também, foi observado, após a seca; sugerindo uma forte indução de sistemas antioxidantes e de osmoproteção nesse clone. Níveis de expressão elevados de receptores ABA que codificam genes (CcPYL3 e CcPYL7), sob limitação de água, também, foram observados; sugerindo o envolvimento da via de sinalização ABA, em resposta à seca. Todos esses resultados, em comparação com aqueles, previamente, obtidos para clones tolerantes à seca 14 e 120. Os resultados, portanto, demonstraram a existência de diferentes mecanismos entre os clones de café tolerantes à seca.

Em um outro estudo, desenvolvido por Simkin *et al.* (2008), demonstrou que a seca afetou a expressão foliar de várias enzimas codificadoras de genes da via de biossíntese de carotenoides; sugerindo que as alterações no conteúdo de carotenoides e a ativação do ciclo de xantofilas podem desempenhar algum papel na tolerância à seca; como também, enfatizou-se, em estudos anteriores. Foi, ainda, observada a regulação ascendente de genes (**CaGols**) que codificam a galactinol sintase, após a seca (DOS SANTOS *et al.*, 2011). Nesse caso, não foi observada uma acumulação concomitante de galactinol, provavelmente, porque esse açúcar foi usado, como substrato para a biossíntese de polissacarídeos de alto peso molecular.

Os recentes avanços na genômica do café, incluindo projetos de sequenciação de marcadores de sequência expressa (EST) (MONDEGO *et al.*, 2011), a construção de bibliotecas de cromossomas artificiais bacterianos (BAC) e mapas genéticos (LEROY *et al.*, 2011), bem como a melhoria das técnicas de transformação genética do café, agora, abrem o caminho para se estudar o determinismo molecular e genético da tolerância à seca; e, outros traços agronômicos importantes; levando para a identificação de marcadores moleculares que poderiam ser utilizados para acelerar programas de melhoramento de café.

Algumas pesquisas, buscando identificar genes candidatos

(CGs) para a tolerância à seca no café, já foram desenvolvidas por uma análise **in silico** da base de dados do Genoma do Café (MONDEGO **et al.**, 2011; VIEIRA **et al.**, 2013). Duas bibliotecas EST de folhas de **C. arabica** var. Catuaí (considerado como sensível à seca) e do clone 14 um **C. canephora** (tolerante à seca); ambos foram submetidos à seca, em ensaios de campo; e, em vasos, respectivamente. Essas análises integradas resultaram na identificação de 40 genes candidatos que respondem à seca.

No intuito de melhor identificar e classificar os genes candidatos, relatados anteriormente (MONDEGO **et al.**, 2011; VIEIRA **et al.**, 2013), Marraccini **et al.** (2012) realizou um estudo investigando os mecanismos moleculares subjacentes à aclimação da seca nos clones 14, 22 e 120 de *C. canephora* pela identificação de genes candidatos (CGs); usando diferentes abordagens. Foram identificados 40 genes que apresentaram expressão gênica diferencial, durante a aclimação da seca; alguns deles apresentando diferentes perfis de expressão, entre os clones tolerantes à seca e susceptíveis. Os dados publicados sugerem que a seca induz a geração óxido nítrico que ativa processos celulares e proporcionam alguma proteção contra o estresse oxidativo, associado a essas condições. Assim, os dados sugerem um modelo emergente de respostas ao estresse em que o ABA possui várias funções; incluindo a indução rápida do fechamento estomático para reduzir a perda de água de transpiração e a ativação de defesas antioxidantes para combater o estresse oxidativo; processos envolvendo óxido nítrico, como intermediário na chave de sinalização (NEILL **et al.**, 2008).

Alguns dos CGs identificados foram mapeados (LEROY **et al.**, 2011); e, segundo Marraccini **et al.** (2012), alguns desses genes estão sendo analisados para identificar as regiões genômicas e regiões promotoras, para verificar se polimorfismos de nucleotídeos (SNPs) e/ou a inserção/deleção (INDELs) podem estar relacionadas aos perfis de expressão diferencial, observados para esses genes em clones tolerantes à seca e sensíveis de *C. canephora*. O sequenciamento completo do genoma de *C. canephora* foi realizado por um grupo de pesquisadores, participantes de um consórcio internacional, composto por 11 países (DENOEU **et al.**, 2014). A utilização desses inéditos resultados permitirá acelerar o melhoramento genético do cafeeiro de

características relacionadas à produtividade, precocidade, tolerância a estresses climáticos e resistência a doenças, dentre outras.

A tolerância à seca e a eficiência do uso da água são características complexas; controladas por múltiplos genes; e, há forte interação entre a expressão deles com a disponibilidade hídrica (FRISTICHE-NETO; BORÉM, 2012). Em um estudo recente, e, com proposta inovadora, Menezes-Silva et al. (2017) estudando a aclimação fotossintética e metabólica para repetidos eventos de *déficit* hídrico, na busca da tolerância à seca no café, constatou que plantas expostas a múltiplos ciclos de seca podem desenvolver uma aclimação diferencial; que potencializa seus mecanismos de defesa. A aclimação a repetidos episódios de seca pareceu depender de uma reprogramação orquestrada do metabolismo das plantas; envolvendo processos-chave, como fotossíntese, respiração, fotorespiração e sistema antioxidante. Além disso, a exposição a eventos de estresse recorrente, também, resultou em ajustes moleculares diferenciais; como observado nos dados do qPCR; sugerindo a existência dos chamados genes treináveis no café. A aclimação diferencial observada no tratamento sugere que as plantas que passaram por maior número de ciclos de *déficit* hídrico, resultaram nas plantas a geração de uma “memória a seca”.

O estudo forneceu, portanto, novas perspectivas para entender os mecanismos subjacentes à tolerância à seca no café. Por exemplo, em condições de campo, onde as plantas são, frequentemente, expostas a episódios de seca, uma memória de seca que envolve diferentes níveis de complexidade deve desempenhar um papel fundamental, a fim de ajudar as plantas a se manterem em estado de alerta, para enfrentar, com sucesso, os episódios recorrentes de *déficit* hídrico (MENEZES-SILVA et al., 2017).

No entanto, muitas questões permanecem sem resposta e estudos adicionais que empregam a análise combinada mais sofisticada do transcriptoma, do epigenoma, proteoma e metaboloma, provavelmente, serão de fundamental importância para fornecer uma compreensão holística dos mecanismos subjacentes que afetam a criação e a manutenção de uma memória à seca. Isso poderia contribuir para melhorar o crescimento e a produtividade das culturas, em um cenário de provável aumento de escassez de água no futuro.

4. Estratégias de Melhoramento, visando à tolerância à seca

A seca é o estresse ambiental mais importante na agricultura; sendo responsável pela diminuição significativa da produtividade das principais culturas. Na busca pela melhoria desse panorama, programas de melhoramento genético de plantas estão criando linhas de pesquisas, voltadas para as condições de estresse abióticos. Diante dessa nova perspectiva, tem-se buscado estratégias de identificação de plantas tolerantes à baixa disponibilidade dos recursos naturais e de plantas com maior eficiência, no uso desses recursos (FRISTCHENET; BORÉM, 2012).

Para a seleção eficiente de genótipos de *C. canephora*, tolerantes à seca, que contenham características agronômicas de interesse, seja produtivo e mantenha estabilidade e qualidade na produção, é necessário explorar diversas estratégias. Deve-se verificar, inicialmente, a existência de variabilidade genética, dentro do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), que será trabalhado; e, atentar-se para a existência de particularidade genética da autoincompatibilidade, do tipo gametofítica, presente na espécie.

A seleção pode ser feita de forma indireta (genótipos de *C. canephora* sem o estresse hídrico); identificando genótipos já melhorados, com aptidão à tolerância à seca, por meio de variáveis integradoras e herdáveis; que sejam, comumente, presentes em plantas tolerantes à seca; ou, de forma direta, com a imposição do estresse; e, ainda, de forma combinada. No entanto, para ser útil à seleção, as variáveis precisam ter alta herdabilidade e controle genético; principalmente, do tipo aditivo; facilidade de mensuração e alta correlação, com a resposta da planta ao estresse hídrico.

Para a seleção, podem ser utilizadas características fisiológicas (condutância estomática, capacidade fotossintética, taxa diária de transpiração por unidade de área foliar, datação de ^{13}C e potencial de água na folha); morfológicos (área foliar e densidade estomática); ou, morfoagronômicas (desenvolvimento de raiz, densidade de ramos). Alguns estudos apresentaram resultados promissores para as características citadas acima; entretanto, requer maior investigação, em condições de campo, com maior número de genótipos que já tenham

atravessado períodos de seca, para ratificar a sua real eficiência, na seleção de genótipos tolerantes à seca; bem como, ter disponível os parâmetros genéticos que os regem. É fundamental associar, de forma paralela, métodos de melhoramento, via reprodução assexuada e sexuada, considerando as particularidades, encontradas no mundo científico, quanto aos mecanismos morfológicos, fisiológicos e moleculares que tangem a tolerância à seca.

As estratégias de melhoramento, para obtenção de cultivares de Conilon superiores e tolerantes à seca, poderão ser via introdução de germoplasma, que consiste na introdução e validação de materiais genéticos, oriundos de outras regiões; ou, coleções de programas nacionais e internacionais, com o objetivo de recomendá-los para o local de interesse; seleção e avaliação clonal de genótipos, aproveitando a variabilidade genética, em plantações propagadas por sementes, pois permite explorar o valor genotípico total das plantas de desempenho superior; e, é uma das formas mais rápidas para se capitalizarem ganhos genéticos; explorando alelos desejados por causa da existência de interação genótipos por ambientes; hibridações podem ser empregadas para a melhoria da produtividade, rusticidade, qualidade de bebida, tolerância à seca e outros caracteres de interesse; seleção recorrente intrapopulacional, quando se objetiva capitalizar os efeitos genéticos aditivos. Portanto, é uma ferramenta poderosa para o melhoramento populacional, por ser de fácil condução. Pode-se trabalhar com populações maiores; e, dependendo das características a serem melhoradas, proporcionar ganhos genéticos consideráveis, com menor tempo e custo, em relação a outros métodos de melhoramento mais sofisticados. Seleção recorrente interpopulacional (recíproca), para a seleção de características de herança quantitativa; ou seja, caracteres de herança poligênica, como é o caso de tolerância à seca e rendimento de grãos em café. Esse método possibilita explorar tanto a Capacidade Geral de Combinação (CGC), associada à variância genética aditiva, como a Capacidade Específica de Combinação (CEC), relacionada à variância genética não aditiva; e, manutenção e caracterização da variabilidade genética em BAG.

Os experimentos, envolvendo essas estratégias, devem ser realizados em condições de sequeiro ou de suplementação de

água, em momentos de extrema deficiência hídrica. Para, apenas, haver manutenção dos genótipos vivos, deve-se buscar ambientes representativos do cultivo do café Conilon. É fundamental o uso de ferramentas genéticas, estatísticas e de biologia molecular; integrando as abordagens tradicionais e moleculares, de forma a acelerar os ciclos de seleção; maximizar o ganho genético; e, conseqüentemente, diminuir o tempo de lançamento de novas cultivares. Visando à identificação de fontes de tolerância à seca, devem ser contínuos os trabalhos de caracterização morfológica, agronômica, química e molecular.

5. Considerações Finais

Dentre os desafios para os próximos anos está o de suprir as crescentes necessidades da população mundial; elevando a produção de alimentos, em regiões onde há escassez; e, melhorar a utilização de recursos não renováveis; podendo isso ser realizado, por meio do desenvolvimento de uma agricultura, altamente, produtiva e sustentável. A identificação de genótipos superiores tolerantes, ou, de forma contrária, mais eficientes no uso de recursos, é crucial para a sustentabilidade da cafeicultura; apresentando-se como uma das premissas básicas, dentro do programa de melhoramento genético do café; mitigando problemas já existentes, como a seca; e, visando ao possível agravamento desse cenário de mudanças climáticas.

6. Referências bibliográficas

DAMATTA, F. M. Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. **Advances in Plant Physiology**, v. 5, p. 227-265, 2004.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

DAVISON, P. A.; HUNTER, C. N.; HORTON, P. Overexpression of beta-carotene hydroxylase enhances stress tolerance in Arabidopsis. **Nature**, v. 418, n. 6894, p. 203, 2002.

DENOEUDE, F. et al. The coffee genome provides insight into the convergent evolution of caffeine biosynthesis. **Science**, v. 345, n. 6201, p. 1181-1184, 2014.

DOS SANTOS, T. B. et al. Expression of three galactinol synthase isoforms in *Coffea arabica* L. and accumulation of raffinose and stachyose in response to abiotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 4, p. 441-448, 2011.

FAZUOLI, L. C. Cultivares de café arábica do IAC: um patrimônio da cafeicultura brasileira. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 12-15, 2007.

FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2 eds. 2017. 784 p.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Ed.). **Plant breeding for abiotic stress tolerance**. Springer Science & Business Media, 2012. 184p.

LEROY, T. et al. Improving the quality of African robustas: QTLs for yield-and quality-related traits in *Coffea canephora*. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, n. 4, p. 781-798, 2011.

LIMA, A. S. et al. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 47, n. 3, p. 239-247, 2002.

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

MENEZES-SILVA, P. E. et al. Wood density, but not leaf hydraulic architecture, is associated with drought tolerance in clones of *Coffea canephora*. **Trees**, v. 29, n. 6, p. 1687-1697, 2015.

MENEZES-SILVA, P. E. et al. Photosynthetic and metabolic acclimation to repeated drought events play key roles in drought tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 15, p. 4309-4322, 2017.

MONDEGO, J. M. C. et al. An EST-based analysis identifies new genes and reveals distinctive gene expression features of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. **BMC plant biology**, v. 11, n. 1, p. 30, 2011.

MONTAGNON, C.; CUBRY, P.; LEROY, T. Amélioration génétique du caféier *Coffea canephora* Pierre: connaissances acquises, stratégies et perspectives. **Cahiers Agricultures**, v. 21, n. 2-3, p. 143-153 (1), 2012.

NEILL, S. et al. Nitric oxide, stomatal closure, and abiotic stress. **Journal of experimental botany**, v. 59, n. 2, p. 165-176, 2008.

PINHEIRO, H. A. et al. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. **Plant science**, v. 167, n. 6, p. 1307-1314, 2004.

PINHEIRO, H. A. et al. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of botany**, v. 96, n. 1, p. 101-108, 2005.

SILVA, P. E. M. et al. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and experimental botany**, v. 87, p. 49-57, 2013.

SIMKIN, A. J. et al. An investigation of carotenoid biosynthesis in *Coffea canephora* and *Coffea arabica*. **Journal of plant physiology**, v. 165, n. 10, p. 1087-1106, 2008.

USDA – United States Department of Agriculture (2018). **Coffee: World Markets and Trade. Coffee**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: 10 set. 2018.

VIEIRA, N. G. et al. Different molecular mechanisms account for drought tolerance in *Coffea canephora* var. Conilon. **Tropical Plant Biology**, New York, v. 6, n. 4, p. 181-190, Dec. 2013.



Fernando Simoni Bacilieri

Doutorando em Agronomia - Área de Fitotecnia, na Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

Roberta Camargos de Oliveira

Doutora em Agronomia - Área de Fitotecnia, na Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

José Magno Queiroz Luz

Professor Titular na Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

1. Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma planta, nativa da América do Sul; e, foi introduzida na Europa, no final do século XVI; disseminada, rapidamente, para outros países. Cultivada, atualmente, em mais de 125 países; tem importância como base na alimentação de vários povos (Beukema; Zaag, 1990). No Brasil, é a primeira olerícola em importância econômica e a mais cultivada; com uma área aproximada de 140,3 mil hectares, produção 4,2 milhões de toneladas e rendimento médio de 30050,4 quilos, por hectare, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018).

A produtividade da batateira, em geral, é dependente de três fatores básicos: genética, clima e manejo. No aspecto genético, existem alternativas aos produtores de cultivares, com alto potencial de produção (até 100 t ha⁻¹); compatível com uma agricultura moderna e econômica. Entretanto, para que esse potencial se manifeste, as condições, durante o ciclo (de 90 a 110 dias), determinadas pelo clima, tais como: temperatura adequada, disponibilidade de água, qualidade e intensidade de luz, nas diferentes fases de desenvolvimento, deverão ser favoráveis. Dessa forma, práticas de manejo para

adequação e satisfação de tais necessidades são fundamentais; como, o manejo fitossanitário, o manejo da irrigação, o manejo de solo; e, principalmente, o manejo nutricional, realizado pelas adubações.

O entendimento das diferentes fases de desenvolvimento e das necessidades específicas, em cada fase, é fundamental para a adoção de um manejo nutricional que possibilite a cultura expressar seu potencial produtivo. As quatro principais fases fenológicas da batateira são: a Fase I inicia-se com o plantio da batata semente e vai até a emergência; a Fase II compreende o intervalo entre a emergência e o início da tuberização; a Fase III abrange o início da tuberização até o enchimento dos tubérculos; e, a última Fase, a IV abarca o período de maturação ou senescência da planta.

Manejar, adequadamente, a adubação consiste em efetuar um conjunto de decisões que envolvem a definição das doses e das fontes de nutrientes a serem utilizadas; bem como, as épocas e as formas de aplicação de corretivos e adubos ao solo e à planta; visando à máxima eficiência técnica e econômica, em relação às condições de solo e de cultivo.

Quantidades inadequadas de nutrientes ou o desbalanço entre eles, no solo, podem promover deficiências na planta; comprometendo a exploração do máximo potencial produtivo das cultivares de batata.

Sabe-se que os nutrientes desempenham funções específicas e são essenciais ao pleno desenvolvimento vegetal. Plantas bem nutridas são capazes de suportar melhor as condições de estresse; tanto biótico quanto abiótico; proporcionando melhores retornos ao nível de quantidade e qualidade. Os macros e micronutrientes são fornecidos, via adubação de plantio, cobertura, foliar e fertirrigação a depender do manejo local do produtor; **nível tecnológico, acesso e abertura as novas alternativas.**

A seguir, serão tratadas as características e os sintomas de deficiências dos macros e micronutrientes, na cultura. É bom lembrar que a expressão visível de uma deficiência nutricional, pela planta, determina a queda na produtividade; sendo tanto maior, quanto maior a extensão, em tempo e espaço de tal deficiência.

2. Macronutrientes

Nitrogênio: A absorção do nitrogênio é realizada, nas formas de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). O elemento apresenta elevada mobilidade na planta; deslocando-se, facilmente, para regiões de maior necessidade e atividade metabólica (partes jovens). Com isso, sintomas de deficiência são visualizados, nas folhas mais velhas, que manifestam, inicialmente, clorose das folhas inferiores; estendendo-se pela planta, de acordo com o grau de deficiência. Aplicações foliares de adubos nitrogenados, como ureia, sulfato de amônio e nitratos de cálcio, potássio e amônio minimizam a queda intensa na produtividade, que a falta desse nutriente pode causar.

Fósforo: A absorção do fósforo é realizada, na forma de ortofosfato (H_2PO_4^-). O elemento, também, é muito móvel na planta; logo, os sintomas são detectados em folhas mais velhas, por meio de bordas, com áreas amareladas; folíolos pouco expandidos, com aspectos enrugados; coloração verde escura, sem brilho e curvados para cima. A coloração arroxeada relaciona-se a deficiências severas. Raízes e estolões apresentam crescimento comprometido; e, pode ocorrer redução do ciclo vegetativo. A correção pode ser feita com aplicação de superfosfato simples, super triplo e de mono-amônio fosfato (MAP).

Potássio: A absorção do potássio é realizada, na forma iônica (K^+). O potássio, também, é muito móvel na planta, com sintomas de deficiência, detectados pelo amarelecimento das folhas mais velhas; iniciando-se, nos bordos, que ficam enegrecidos e necrosados, em estádios mais avançados de deficiência. A fonte mais utilizada, disponível e barata desse elemento é o cloreto de potássio; sendo necessário cautela, na dosagem em cultivares, destinadas à industrialização, pela relação entre o cloreto e a formação de açúcares redutores; fator negativo a qualidade de batata processada.

Cálcio: A absorção do cálcio é realizada, na forma iônica (Ca^{2+}). O elemento é componente da parede celular; dessa forma, indispensável à manutenção estrutural das plantas; o que confere baixa mobilidade na planta e os sintomas de deficiência, observados em folhas jovens e em formação. O desenvolvimento de novas folhas

fica inviabilizado, pela ausência do componente estrutural; as margens das folhas podem ser reconhecidas pelo curvamento para cima, com clorose e necrose marginal e coloração verde-pálida. Em severos casos, pode ocorrer a morte da gema apical. O fornecimento desse elemento é via calagem, gessagem ou nitrato de cálcio.

Magnésio: A absorção do magnésio é realizada, na forma iônica (Mg^{2+}). Os sintomas são visíveis em folhas velhas, pelo amarelecimento de áreas internervais; e, clorose, seguida de necrose. O calcário dolomítico e o sulfato de magnésio são as fontes de suprimento desse elemento.

Enxofre: A absorção do enxofre é realizada, na forma de sulfato (SO_4^{2-}). Por ser pouco móvel na planta; folhas mais novas apresentam deficiência, marcada por clorose, na forma de manchas que se dissipam e atingem toda a extensão do limbo foliar. Sulfato de potássio e gesso são boas fontes para esse elemento.

3. Micronutrientes

Boro: A absorção do boro é realizada, na forma de ácido bórico $[B(OH)_3]$. O boro é imóvel, na planta e observa-se os sinais de deficiência no ápice da planta pela paralização do crescimento; e, conseqüente, morte apical. Ocorre alteração no metabolismo das plantas, com acúmulo de amidos nos folíolos que se apresentam enrolados para cima. As fontes principais são ulexita, ácido bórico, bórax ou borato de sódio.

Zinco: A absorção do zinco é realizada, na forma iônica (Zn^{+2}). A deficiência de zinco pode ser detectada pela compactação da planta, devido ao encurtamento dos internódios e a formação de folhagem atípica- folhas estreitas e voltadas para cima. A aplicação foliar de sulfato de zinco é a fonte mais viável para sanar eventuais deficiências.

Manganês: A absorção do manganês é realizada, na forma iônica (Mn^{+2}). A deficiência ocorre no terço superior das plantas; com clorose internerval; áreas necróticas, nas margens das folhas novas; e, curvamento dos folíolos para baixo. O sulfato de manganês pode prevenir eventuais deficiências.

Cobre: A absorção do cobre é realizada, na forma iônica (Cu^{+2}). A deficiência ocorre no terço superior das plantas; com as folhas novas murchas e enroladas para cima. Não há clorose nas folhas. Antigamente, o uso dos fungicidas à base de cobre já supriam as necessidades da cultura.

Ferro: A absorção do ferro é realizada, nas formas iônicas (Fe^{+2} e Fe^{+3}). Apresenta baixa mobilidade na planta. Logo, folhas novas apresentam a deficiência; reconhecida pela presença de clorose internerval, que se agrava para a necrose das bordas e pontas das folhas (FONTES et al.; 1999; NOVAIS et al., 2007; MESQUITA et al., 2012).

Cloro: A absorção pelas plantas, tanto pela raiz como folhas, é, na forma aniônica (Cl^-); e, um efeito competitivo, com NO_3^- e SO_4^{2-} tem sido relatado. Os sintomas de deficiência não são fáceis de serem identificados; e, raríssimas vezes desenvolvem-se em condições de campo. O cloreto de potássio, apesar de ser utilizado, principalmente, como fonte de K, é a fonte mais utilizada desse elemento.

Molibdênio: A absorção de molibdênio ocorre, na forma de molibdato (MoO_4^{2-}). Plantas adubadas com nitrogênio, na forma de SO_4^{2-} **não apresentam sintomas de deficiência. Aplicações foliares ou no sulco de semeadura suprem as necessidades da cultura.**

Níquel: A absorção do níquel é realizada, na forma iônica (Ni^{+2}). As respostas agronômicas mais claras para Ni são observados, quando N é fornecido como ureia. Plantas sem suprimento de Ni têm baixa uréase; atividade nas folhas e aplicação foliar de ureia leva a um acúmulo de ureia e necrose grave das folhas. Pela baixa exigência de Ni, pela batata, aplicações foliares suprem as necessidades da cultura.

4. Necessidades da Cultura

As necessidades nutricionais da batateira são determinadas pela quantidade de nutrientes que ela extrai, durante o seu ciclo. Essa extração total dependerá do rendimento obtido e da concentração de nutrientes, nos tubérculos e nas partes que compõem a planta; ou seja,

raiz, caule, folhas, etc. A batata é uma cultura, altamente, exigente e eficiente, na absorção e translocação de nutrientes.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999), a demanda relativa de fertilizantes da batata é a maior entre as culturas, produzidas no Brasil. Isso se deve devido à alta resposta e à exigência da cultura; e, em parte, ao fato de a adubação, utilizada pelos produtores brasileiros, nem sempre ser realizada de maneira adequada às características agronômicas; ou seja, não seguindo os critérios técnico-científicos, quanto à correção do solo e à necessidade da cultura.

As cultivares de batata possuem particularidades que refletem em diferenças no manejo e na produtividade. Fernandes (2013), em estudo com as cultivares mais plantadas no Brasil (Ágata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial), observou que as cultivares de batata diferem entre si, com relação à absorção de P; devido a diferenças nas características morfológicas e fisiológicas dos sistemas radiculares. Assim, observa-se que há comportamento distinto, quanto à absorção e à eficiência, na utilização dos nutrientes; o que determina exigências diferentes por cada cultivar.

Fernandes e Soratto (2013) relataram que a falta de recomendações específicas para as cultivares mais utilizadas no Brasil estão relacionadas, principalmente, à falta de informações quanto à eficiência de uso dos nutrientes. Furlani e Purqueiro (2010) afirmaram que são necessários mais estudos nutricionais, envolvendo a dinâmica dos nutrientes nas culturas. O monitoramento da resposta das plantas à adubação fornece aos produtores respostas precisas, para orientar as recomendações de adubação existentes; sendo necessários estudos para cada material genético, dentro da mesma espécie.

A dinâmica que ocorre no solo é influenciada pelas condições climáticas; em especial, porque a temperatura x precipitação/irrigação dos locais interferem na atividade da vida microbiana dos solos; os quais agem nos nutrientes por mineralização-imobilização (Chen *et al.*, 2013). Portanto, a eficiência de utilização dos nutrientes varia em função da região de cultivo; o que destaca a importância de se levar em consideração todos esses fatores de cultivar- região para a recomendação de adubação (OLIVEIRA, 2017).

Com base em observações de intervalo de recomendação em trabalhos e livros, conduzidos em várias regiões do Brasil, obtêm-se a Tabela 1 e 2, para doses e épocas de aplicação de macro e micronutrientes.

Tabela 1. Intervalo de Recomendação e Época de Aplicação de Macronutrientes para a Cultura da Batata.

Nutriente	Quantidade (kg ha ⁻¹)	Época de Aplicação
Nitrogênio	Até 190	42 a 70 DAP é a faixa de maior absorção para todos os macronutrientes.
Fósforo	50-600	
Potássio	Até 300	

Tabela 2. Intervalo de Recomendação e Época de Aplicação de Micronutrientes para a Cultura da Batata.

Nutriente	Quantidade (kg ha ⁻¹)	Época de Aplicação
Boro	2	Máx absorção aos 34 DAP
Zinco	2-3	A partir dos 64 DAP a absorção é mais intensa.
Cobre	1-3	
Ferro	2-4	42 a 63 DAP é o período de maior absorção.
Manganês	2-5	
Molibdênio	0.05 -0.5	

As faixas de nutrientes, obtidas de análise foliar, consideradas adequadas para a cultura da batata são: N 40-50; P 2,5-5; K 40-65; Ca 10-20; Mg 3,5-5; S 2,5-5 g kg⁻¹ e B 25-50; Cu 7-20; Fe 50-100; Mn 30-250 e Zn 45-250 mg kg⁻¹ (Lorenzi et al., 1997).

O conhecimento acerca de quanto a planta absorve determinado nutriente, em cada fase de desenvolvimento, é importante para determinar em qual período ela mais necessita que o elemento esteja presente, na solução do solo. Com base em quanto foi aplicado e quanto foi absorvido, é possível mensurar quanto é necessário aplicar, a fim de manter a fertilidade do solo, em níveis exigidos pela cultura, para conversão em altos índices produtivos. Assim, é possível otimizar a aplicação de fertilizantes. As quantidades extraídas, pela cultura, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Quantidades de Nutrientes Extraídas do Solo pela Cultura da Batata para a Produção de uma Tonelada de Tubérculos. FONTE: FERNANDES & SORATTO (2012).

Macronutrientes (kg)		Micronutrientes (g)	
Nitrogênio	2,4- 8,2	Boro	1,4- 9,0
Fosforo	0,3- 1,2	Cobre	0,6- 3,9
Potássio	3,7- 13,3	Ferro	32,9- 136,6
Cálcio	0,4- 3,0	Manganês	5,4- 24,1
Magnésio	0,2- 0,9	Zinco	3,4- 12
Enxofre	0,2- 1,5		

Aproximadamente, 78% do fósforo (P), 68% do potássio (K), 65% do nitrogênio (N), 65% do enxofre (S), 33% do magnésio (Mg) e 9% do cálcio (Ca), absorvidos pela batateira, são acumulados nos tubérculos. Quanto aos micronutrientes, cerca de 49% do cobre (Cu), 45% do boro (B) e 41% do zinco (Zn), absorvidos pela cultura, ao longo do ciclo, são acumulados nos tubérculos; enquanto a absorção de ferro (Fe) e manganês (Mn) representa 20% e 11%, respectivamente, do total absorvido pela planta de batata (FERNANDES et al., 2011; SORATTO et al., 2011).

A análise de tecidos vegetais, realizada em laboratório, é um meio eficiente de monitorar o estado nutricional das plantas; e, também, ajuda a calibrar as necessidades de fertilizantes na cultura da batata. Por meio dela, deficiências potenciais podem ser detectadas cedo o suficiente para o tratamento dos distúrbios nutricionais, durante a estação de crescimento.

Em São Paulo, para o monitoramento do estado nutricional da batata, recomenda-se amostrar a terceira folha, a partir do tufo apical de 30 plantas, aos 30 dias, após a emergência (DAE). Já, em Minas Gerais, tem-se utilizado a quarta folha, a partir do ápice; coletada próxima à época de realização da amontoa.

Ao utilizar-se de análises, como as foliares, é possível observar os teores de nutrientes nas plantas; e, caso esteja abaixo ou muito próximo do intervalo, considerado próprio para a cultura, recomenda-se fazer aplicações foliares, com auxílio efetivo no manejo nutricional e geral da cultura. Os níveis críticos, determinados aos 21 dias após a emergência, são adequados para fazer avaliações, relativamente, precisas de suficiência de N, em um estágio precoce de avaliação (COELHO et al., 2013).

5. Manejo dos Solos

Antes de tudo, deve-se verificar, por meio da análise de solo, as características físicas e químicas e os fatores que influenciam, na disponibilidade dos nutrientes às plantas; como textura, teor de matéria orgânica, saturação de bases (V%), capacidade de troca catiônica (CTC), teor de alumínio e pH.

A batata deve ser cultivada em solos de textura que ofereçam condições para o adequado crescimento do sistema radicular e dos tubérculos. Um experimento de campo, em Ohio (EUA), mostrou que a batata se desenvolve bem, em solos, excepcionalmente, porosos (BUSHNELL, 1956); sugerindo que esse possui um fornecimento adequado de O₂ para o desenvolvimento da planta. Labanauska (1966) verificou que o baixo fornecimento de oxigênio para as raízes diminuía a quantidade total de N, P, K, Ca, Mg, Cl, Zn, Cu, Mn, B

e Fe nos tecidos da planta; uma vez que, a absorção é um processo ativo, dependente da respiração e dos níveis de O_2 . Solos com aeração ineficiente ou compactados devem ser mecanizados ou evitados, para o plantio de batatas.

Alguns pesquisadores não consideram o teor de matéria orgânica um parâmetro direto para predizer a disponibilidade de nutrientes; entretanto, essa característica pode ser útil para dar ideia da textura do solo; com valores até de 15 g/dm^3 para solos arenosos; entre 16 e 30 g/dm^3 , para solos de textura média; e, de 31 a 60 g/dm^3 , para solos argilosos. Valores muito acima de 60 g/dm^3 indicam acúmulo de matéria orgânica no solo, por má drenagem ou acidez elevada. Já, Pereira et al. (2005) utilizam o nível de matéria orgânica no solo, juntamente, com a produção, esperada para recomendação de doses do fertilizante nitrogenado; sendo considerados baixos os teores menores de $2,5\%$; médios, os teores de $2,6$ a $5,0\%$; e, altos, os teores acima de $5,0\%$.

Em relação à saturação de bases, no caso da batateira, a recomendação é aplicar calcário para elevar a saturação, por bases a 60% , sempre que o valor for inferior a 50% ; e, procurar elevar o teor de Mg, no solo ao mínimo de 8 mmolc/dm^{-3} . A quantidade de calcário a ser aplicada vai depender da capacidade da CTC do solo e do poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário, conforme fórmula a seguir:

$$NC \text{ (t.ha)} = CTC \times (60 - V1)/10 \times PRNT$$

Em que:

NC = necessidade de calagem em t/ha a 20 cm de profundidade.

CTC = capacidade de troca catiônica em mmolc/dm^{-3} .

V1 = saturação por bases inicial do solo em $\%.$

PRNT = poder relativo de neutralização total.

A grande maioria dos solos brasileiros, onde se cultiva a batata, são ácidos; ou seja, com pH abaixo da faixa ideal de cultivo, entre

5,5 e 6,0. A calagem promove importante modificação no ambiente radicular, pois diminui a acidez do solo, fornece Ca e Mg e aumenta a disponibilidade e a eficiência, na utilização de vários nutrientes. Apesar de ser considerada, relativamente, tolerante à acidez do solo, a cultura da batata responde, positivamente, à aplicação de corretivos da acidez. Por outro lado, altas dosagens de calcário, acima do recomendado, irão influenciar na disponibilidade de micronutrientes; e, Canteiro (1995) destaca que o aumento do pH do solo favorece o aparecimento da sarna de batata (*Streptomyces scabides*).

O alumínio, elemento que ocorre de forma generalizada em solos ácidos, é o principal fator de acidez do solo a prejudicar as culturas. Sua ação se faz sentir, nas raízes das plantas, que se alongam mais lentamente (RAIJ, 2007). Para a correção do alumínio, o gesso é um insumo que tem apresentado efeito favorável. As condições em que o gesso pode ter efeito positivo, na produção da cultura, depende da acidez ou da deficiência de cálcio do subsolo; além do grau de tolerância de cultivares, a toxidez de alumínio; e, a deficiência de cálcio. De maneira geral, em solos, com teores de Ca^{2+} inferiores a 4 mmol/dm³; e/ou, com saturação de alumínio, acima de 40%, pode-se esperar efeito, desde que os teores de alumínio não sejam muito elevados. As quantidades a aplicar dependem da textura e podem ser estimadas por:

NG= 6 x teor de argila;

Em que:

NG= necessidade de gesso em kg.ha⁻¹.

Teor de argila é dado em g/kg.

6. Adubação Orgânica

O principal benefício da adubação orgânica é a melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo; auxiliando na ciclagem e na disponibilização de nutrientes e no controle de doenças de solo. Além disso, a adição de compostos orgânicos ou o plantio de

espécies de plantas, em pré-cultivo de batata, sejam elas comerciais ou apenas como adubo verde, é recomendado; podendo, com isso, diminuir a quantidade de adubo mineral aplicado. Assim, sempre que disponível, o uso de adubação orgânica, em substituição à mineral; total ou parcialmente, é desejável, desde que, economicamente, viável.

Como fontes tradicionais de matéria orgânica, existem vários produtos ou subprodutos que podem ser utilizados. As quantidades a serem aplicadas devem ser recomendadas; considerando-se os teores de nutrientes e os respectivos índices de conversão; ou seja, a disponibilização de nutrientes, em função do tempo (decomposição e mineralização). Todo o K aplicado comporta-se como mineral, pois não participa de compostos orgânicos estáveis. Com relação ao P, 60% fica disponível, no primeiro cultivo; e, 20% para o segundo. Para o N, essa relação é de 50% e 20%, para os dois primeiros cultivos, respectivamente. No terceiro cultivo, a totalidade do N, P e K já se encontra mineralizada. No caso do composto e esterco, deve-se ter cuidado para que estes estejam bem curtidos; e, sejam incorporados, uniformemente, no solo; evitando-se contato direto com os tubérculos-semente e para se obter maior aproveitamento do P e redução nas perdas de N, por volatilização.

7. Adubação Mineral

Os maiores incrementos em produtividade relacionam-se à aplicação de fósforo, nitrogênio e potássio, nessa ordem. O fósforo (P) aumenta o rendimento e encurta o período vegetativo (Boock; Castro, 1950); o nitrogênio (N) aumenta o crescimento vegetativo das plantas, intensifica a cor verde da folhagem e retarda a maturidade. Porém, em doses excessivas, aumenta a suscetibilidade a doenças fúngicas. Já, o potássio (K) é importante para os fatores, relacionados à qualidade; aumentando a conservação pós-colheita (FILGUEIRA, 2008).

Com relação aos métodos de aplicação, os nutrientes podem ser aplicados no solo (antes do plantio, no momento do plantio ou em cobertura). Para a adubação, via solo, as quantidades de nutrientes fornecidas serão definidas, considerando os níveis de nutrientes,

observados na análise química de solo e a produtividade desejada. Nessa modalidade de aplicação, tem-se uma atenção especial aos nutrientes, como o nitrogênio, o fósforo e o potássio.

A resposta à aplicação de fertilizantes varia, de acordo com vários fatores; os quais se destacam: cultivar, cultura antecessora, quantidade de nutrientes no solo, condições edafoclimáticas, tratos culturais e densidade de plantio (FONTES, 1987). Assim, a recomendação de doses depende de vários fatores; destacam-se o nível de produtividade, cultivar, população, nível do elemento no solo, tipo de solo, clima, irrigação e eficiência do fertilizante (IUNG, 2006). As doses de fertilizantes, utilizadas pelos produtores, segundo Fontes (1999), variam entre: 60 a 250 kg ha⁻¹ de N, de 100 a 850 kg ha⁻¹ P₂O₅, e de 50 a 400 kg ha⁻¹ de K₂O. Já, Filgueira (2008) indica 120 a 200 kg ha⁻¹ de N, de 300 a 500 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 80 a 200 kg ha⁻¹ de K₂O, para áreas, onde não existem dados experimentais ou observações efetuadas, regionalmente.

Significativa parte dos trabalhos com adubação apresenta resultados contrastantes (ora positivo, ora sem significância). Isso porque, o solo, do local do cultivo, reflete na resposta da batateira à absorção dos fertilizantes. Nesse sentido, os solos, com altos níveis de nutrientes, tendem a não responderem à variação na adubação (PANIQUE; KELLING; SCHULTE, 1997); ao passo que, em solos onde a reserva foi esgotada (redução do teor, devido à extração pelas plantas ou lixiviação), a resposta a fertilizantes potássicos é evidenciada (FILGUEIRA, 1982).

A aplicação de doses excessivas configura um “consumo de luxo” pelas plantas; pois, não reflete em acréscimo na produção ou no desenvolvimento das plantas (REIS JÚNIOR, 1995). Além do excesso remanescente, também, ficam no solo os restos de cultura; que, após sua decomposição, irão disponibilizar elementos (FURLANI et al., 1977), os quais beneficiarão a cultura que será cultivada, em seguida.

Muitas vezes, é o receio em reduzir as produções que induzem às aplicações excessivas. Tal ação, afeta, além do custo da produção, a sustentabilidade; uma vez que os nutrientes, não absorvidos pelas plantas, podem causar contaminação ambiental (ANDRIOLO et

al., 2006). Logo, aplicações racionais e adequadas a cada caso são fundamentais para o cultivo; pois, permitem alcançar a eficiência dos fertilizantes, o aumento na produtividade e na qualidade de tubérculos de batata; e, na redução dos custos de produção e os riscos ambientais.

O momento adequado da aplicação, bem como a época e a dose de cada nutriente, também, é importante para o equilíbrio nutricional da planta, para a obtenção de elevada produtividade. Considerando um ciclo de 90 a 110 dias, a absorção máxima de N, P, Ca, Mg e S ocorre na fase inicial de enchimento dos tubérculos (45 a 70 dias após o plantio - DAP). Já, o K tem sua absorção mais concentrada entre 40 e 60 DAP. A fase de maior demanda por B ocorre, logo após o início da formação de tubérculos; entre 35 e 50 DAP; enquanto a maior exigência por Fe e Mn inicia-se, a partir dos 45 DAP e vai até 65 DAP. O Cu e o Zn são absorvidos, em maiores proporções, na segunda metade do ciclo da cultura (FERNANDES et al., 2011; SORATTO et al., 2011).

No planejamento da recomendação da dose, é necessário incluir os impactos de doses elevadas, aplicadas ao solo; em especial, a lixiviação, a contaminação dos rios e a economia dos recursos naturais. Para os casos em que o produtor tenha receio ao reduzir a dose, ele tem recursos que o auxiliam a evitar perdas, oriundas de baixa produtividade, por meio do monitoramento da lavoura (OLIVEIRA, 2017).

É importante destacar que as doses acima das necessidades da planta, bem como de sua capacidade de absorção e assimilação geram gastos desnecessários e podem promover desequilíbrio entre os nutrientes no sistema. A queda da produtividade, em função de dose elevada de N, por exemplo, pode ser atribuída ao papel fisiológico do N, na fotossíntese. As plantas o absorvem e formam exuberante crescimento vegetativo; mas, isso não, necessariamente, está relacionado à alta produtividade (LIU et al., 2017).

8. Tendências e Perspectivas

Nas últimas décadas, observa-se um estímulo para a redução de insumos químicos; principalmente, devido à contaminação química

de águas subterrâneas e rios e a salinização de solos (RUZZI; AROC, 2015). O avanço tecnológico e o acesso às informações das inter-relações entre os ramos da Ciência, direcionam a tomada de decisão; em consequência à adoção de ferramentas alternativas, que somam ao manejo e permitem um ajuste fino, com retornos econômicos e ambientais.

Com o desenvolvimento da Biotecnologia, Bioquímica e da Fisiologia Vegetal, novos compostos têm sido identificados, sintetizados e aplicados às plantas; com objetivos de torná-las mais eficientes e produtivas. Algumas das tecnologias mais recentes empregadas incluem os fertilizantes organominerais, os biofertilizantes, os bioestimulantes e os reguladores vegetais que consistem em produtos, formados pelo enriquecimento de adubos orgânicos com fertilizantes minerais; ou, a presença de moléculas, compostos ou microorganismos, que, por meio de algum mecanismo ou atividade, são capazes de ativar/estimular o metabolismo dos vegetais; gerando maiores rendimentos e uso eficiente dos recursos naturais renováveis.

Vieira (2001) considera bioestimulantes a mistura de dois ou mais reguladores vegetais; ou, de reguladores vegetais com outros compostos. Dentre esses produtos que estimulam o desenvolvimento das plantas, estão os ácidos húmicos, as algas marinhas, as vitaminas, os aminoácidos e o ácido ascórbico (RUSSO & BERLYN, 1992). De acordo com Ferrini e Nicesse (2002), a utilização dos bioestimulantes serve como alternativa potencial à aplicação de fertilizantes, para estimular a produção de raízes; especialmente, em solos com baixa fertilidade e baixa disponibilidade de água.

Uma categoria de produtos que tem ganhado destaque, como fonte de fertilização orgânica e bioestimulação das plantas, são as substâncias húmicas que possuem, em sua fórmula estrutural, carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre; e, existem, naturalmente, em solos, turfas, oceanos e águas doces; e, não apresentam características químicas e físicas bem definidas; e, se dividem em: ácido húmico, ácido fúlvico, ácido himatomelanico e humina, com base nas suas características de solubilidade.

Os ácidos húmicos são a fração das substâncias húmicas que são solúveis em ácidos e solventes orgânicos; possuem elevado peso molecular e capacidade de troca de cátions, em torno de 350 a 500 mmol.dm³.

Os ácidos fulvicos são a fração das substâncias húmicas que são solúveis tanto em água, como em soluções de pH ácidos ou alcalinos. Possuem similaridade aos ácidos húmicos, quanto às unidades estruturais; porém, possuem menor peso molecular, maior quantidade de compostos fenólicos e grupos carboxílicos; e, por essas características, são mais solúveis em água e possuem maior CTC, que pode variar entre 700 a 1000 mmol.dm³.

As substâncias húmicas foram citadas por aumentar alguns aspectos do crescimento, em diversas espécies de plantas de interesse agrícola. No caso da batata, a aplicação, no momento de plantio, no sulco de semeadura ou na operação da amontoa pode estimular o crescimento das raízes, nas primeiras fases de desenvolvimento das plantas; favorecer a absorção de água e nutrientes; promovendo a produção de citocininas, que são hormônios de resistência a estresses; e, dessa forma, incrementar o rendimento e/ou qualidade da cultura.

Filho et al. (2011), em trabalho sobre o efeito do aumento das doses de fertilizantes e de ácidos húmicos e fulvicos na produção da batata, constatou a possibilidade de aumento de produtividade, quando, com o emprego de doses baixas de fertilizantes; tendo, também, claro efeito benéfico na qualidade do material produzido.

Atualmente existe, no mercado, uma grande variedade de produtos, formulados com substâncias húmicas. Os efeitos fisiológicos específicos desses produtos, em plantas, vão depender da fonte, a concentração e o peso molecular das frações húmicas aplicadas (NARDI et al., 2002).

Já, os fertilizantes organominerais são produtos originados da mistura física de fontes orgânicas com nutrientes minerais. De uma forma simplificada, podemos dizer que o fertilizante organomineral é a mistura ou combinação de fertilizante orgânico com fertilizante mineral (N P K); ou, mesmo dizer que são adubos orgânicos, enriquecidos com nutrientes minerais. Sua produção é realizada,

partindo-se de uma ou mais matérias primas orgânicas; e, a elas, acrescentando-se macronutrientes primários e secundários, bem como micronutrientes, segundo as fórmulas e especificações desejadas.

O uso do fertilizante organomineral (OM) melhora o desenvolvimento radicular e a retenção de água no solo; ajuda na recuperação da flora microbiana; diminui a acidificação do solo; e, reduz o uso de calcário (LEVRERO, 2009). De acordo com Ferreira (2014), a junção do fertilizante mineral com o orgânico garante ao fertilizante OM maior uniformidade, nas concentrações; e, disponibilidade de nutrientes, no produto final.

A matéria orgânica no fertilizante favorece o aproveitamento dos fertilizantes minerais e diminui as perdas dos nutrientes, por apresentar capacidade de troca catiônica e efeito quelatizante. Contudo, os fertilizantes organominerais promovem uma liberação lenta de nutrientes; suprimindo as necessidades da planta, durante todo seu ciclo (RODRIGUES et al., 2015). Os ácidos húmicos e fúlvicos presentes na fração orgânica alteram o metabolismo primário e secundário das plantas; com o aumento do crescimento das raízes, a absorção de nutrientes e a tolerância da cultura a estresses abióticos (CANELLAS et al., 2015).

O segmento de fertilizantes OM se expande, na Agricultura, por questões ambientais (REDDING et al. 2016), por ser uma forma sustentável de aproveitamento de resíduos vegetais, animais e de indústrias diversas. Tais fontes orgânicas, tradicionalmente subutilizadas, tornam-se interessantes, com reflexos positivos na produção (CASSITY-DUFFEY et al., 2015; MAFRA et al., 2015; CORREA et al.; 2016).

A aplicação de biofertilizantes pode ajudar a reduzir a aplicação de fertilizantes P, no sistema de cultivo de soja-batata; sem qualquer redução considerável no rendimento e no retorno econômico (MUNDA et al., 2018).

Sharma et al. (2017) enfatizaram, em seus trabalhos, que o uso de bioestimulantes, como os extratos de algas, pode gerar, inequivocamente, imensa possibilidade de efetuar mudanças, no manejo agroeconômico em escala global; com o uso de produtos acessíveis e susten-

táveis. Na literatura, encontram-se relatos positivos da inoculação de rizobactérias, com atividade antagônica contra *Rhizoctonia solani*; favorecendo o cultivo de batata (VELIVELLI et al., 2014).

A aplicação de fosfito (bioestimulador), também, é prática vantajosa para a batata. Tambascio et al. (2014) observaram que a aplicação de fosfito de potássio reduziu o período entre o plantio e a emergência; aumentou a área foliar e a matéria seca. No entanto, não se deve confundir com o fosfato, pois o fosfito não possui efeito direto sobre a nutrição; não sendo considerado fertilizante (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015).

Em espécies, altamente, exigentes como a batateira, a utilização de fertilizantes revestidos pode somar vantagens. Os polímeros, utilizados no revestimento, são constituídos por materiais versáteis e inteligentes, capazes de suprir a enorme demanda por fertilizantes mais eficientes; especialmente, os nitrogenados (YAMAMOTO et al., 2016). Tais produtos podem agir como condicionadores do solo; e, isso implica na possibilidade de reduzir a frequência de irrigação; em consequência, permite a redução na erosão, no escoamento da água; e, eventualmente, melhora a qualidade do solo, pela redução da degradação do solo (Qiao et al., 2016); ao mesmo tempo em que mantém o crescimento normal e o rendimento; tornando o uso, extremamente, benéfico (LI et al., 2017).

Existem elementos que, apesar de essências, são benéficos e podem favorecer eventos fenológicos, tais como, germinação, enraizamento, crescimento vegetativo, estolinização, tuberização, crescimento de tubérculos e maturação. Esses elementos, também, podem promover resistência a estresse biótico ou abiótico; e, podem aumentar a absorção de macro e micronutrientes; tornando as plantas mais eficientes e produtivas. Bacilieri (2015) testou doses de titânio (Ti) como elemento benéfico, via foliar, e, observou que, com a aplicação de 5,74 g de Ti ha⁻¹ a produtividade aumentou 33,09%, em comparação à testemunha.

A adubação foliar é uma maneira de fornecer elementos essenciais às plantas, aproveitando a capacidade das folhas de absorverem os nutrientes, depositados numa solução em sua superfície. No caso da

batata, as inúmeras intervenções, realizadas durante o ciclo da cultura, visando a aplicar defensivos sobre a folhagem permitem que se incluam fertilizantes, nas pulverizações; fazendo com que a nutrição foliar possa ser utilizada como importante ferramenta de complementação à nutrição da cultura, sem custos adicionais na aplicação.

Bezerra et al. (2007), em trabalho com uso de fertilizante organomineral, com a seguinte composição: N 6,0%, P 8,0%, K 8,0%, Ca 1,0%, S 2,4%, Mg 0,5%, B 0,6%, Cu 0,2%, Mn 0,5%, Mo 0,2%, Zn 1,0%, carbono orgânico total (COT) 12,0% e densidade de 1,45g/L, verificou aumento da produtividade, na variedade *Atlantic* com ganho de 960 kg ha⁻¹.

Amaral e Mateus (2015), em trabalho para avaliar adubação foliar, na cultura da batata, destinada à indústria, observaram que, após oito aplicações de fertilizantes foliares, contendo N, K, S, Ca, Mg, ácidos fúlvicos e carbono orgânico total (COT), na variedade *Lady Roseta*, foi possível aumentar a produção, em cerca de 4734 kg ha⁻¹.

9. Considerações Finais

A recomendação da nutrição adequada da batateira, somente, será possível se forem observados os critérios técnicos, estabelecidos pela pesquisa científica. Tais critérios podem ser agrupados em princípios gerais universais; sendo que a definição das melhores práticas, para cada região específica, deverá ser realizada, segundo as condições e os estudos locais. O manejo de nutrientes deverá considerar a fonte certa de fertilizantes, na dose certa, no local certo e na época certa; visando a melhorar o desempenho das lavouras, em suas dimensões econômica, social e ambiental.

10. Referências bibliográficas

AMARAL, A.; MATEUS, F. O efeito da adubação foliar na batata de indústria (*solanum tuberosum*), Variedade “Lady Rosetta”. **Revista da UIIPS**, v. 3, n. 4, 2015.

ANDRIOLO, J. L. Sistema hidropônico fechado com subirrigação para produção de minitubérculos de batata. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E PREVISÃO DE EPIFITIAS EMBATATA, 2006. **Anais...** Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2006. p.26-40.

BACILIERI, F. S. Titânio via foliar no metabolismo, absorção de nutrientes e produtividade de batata. **2015. 76 f.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia UFU, Uberlândia. 2015.

BEZERRA, E.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, P. A. R.; GUIRELLI, J. E.; ARIMURA, N. T. Adubação com organomineral Vitan na produção de batata. **ENCONTRO NACIONAL DA PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE BATATA**, v. 13, 2007.

BEUKEMA, H. P.; ZAAG, D. E. van der. **Introduction to potato production**. Wageningen: PUDOC, 1990.

BOOCK, O. J.; CASTRO, J. B. Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio na adubação da batatinha - *Solanumtuberosum* L. **Bragantia**. vol.10 no.8 Campinas Aug. 1950. 221-233.

BUSHNELL, J. Exploratory study of the rate of oxygen consumption by potato roots. **American Potato Journal**. v.33, p. 203-210, 1956.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* Volume 196, 30 November 2015, Pages 15-27.

CAROLUS, R.L. Chemical estimations of the weekly nutrient level of a potato crop. **American Potato journal**, New Jersey, v.4, p.141-153, 1937.

CASSITYDUFFEY, K.; CABRERA, M.; REMA, J. Ammonia volatilization from broiler litter: effect of soil water content and humidity. *Soil Science Society of America Journal*, v.79, p.543550, 2015.

CHEN, Y.; HAN, W.; TANG, L.; TANG, Z.; FANG, J. Leaf nitrogen and phosphorus concentrations of woody plants differ in responses to climate, soil and plant growth form. **Ecography**, v.36, p. 178–184, 2013.

COELHO, F.S.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; BRAUN, H.; SILVA, I.R. Valor e predição do nível crítico de índices para avaliar o estado nitrogenado da batateira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 115-122, 2013.

CORRÊA, J.C.; GROHSCOPF, M.A.; NICOLOSO, R.S.; LOURENÇO, K.S.; MARTINIR. Organic, organomineral, and mineral fertilizers with uréase and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.8, p.916-924, 2016.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de análise química dos solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos, 1999. 370p.

FERNANDES, A.M. **Crescimento, produtividade, acúmulo e exportação de nutrientes em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP, Botucatu. 2010.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I – macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2039-2056, 2011.

FERNANDES, A. M. Adubação fosfatada em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). 2013.163 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP, Botucatu, 2013.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 91-100, 2013.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; MORENO, L.A.; EVANGELISTA, R.M. Qualidade de tubérculos frescos de cultivares

de batata em função da nutrição fosfatada. **Bragantia**, Campinas, v.74, n. 1, p.102-109, 2015.

FERNANDES, A.; SORATTO, R.P.; EVANGELISTA, R.M. Qualidade de tubérculos de batata da cultivar ‘Atlantic’ afetada pela adubação fosfatada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.8, p.1401-1407, ago, 2015.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P. Response of Potato Cultivars to Phosphate Fertilization in Tropical Soils with Different Phosphorus Availabilities. **Potato Research**, v.59, p.259–278, 2016.

FERNANDES, AM; SORATTO, RP; EVANGELISTA, RM; JOB, ALG. Influência do fósforo na qualidade e produtividade de tubérculos de cultivares de batata de duplo propósito. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 346-355, 2016.

FERREIRA, N.R. Eficiência agronômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos em relação à disponibilidade de fósforo. 2014, 67 p. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2014.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura**: Cultura e Comercialização de Hortaliças. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008, 421 p.

FONTES, P.C.R. Nutrição mineral e adubação. In: REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Coord.). **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica Editora, 1987, p. 40-56.

FONTES, P. C. Cultura da Batata. In: FONTES, P.C.R. (Ed.). **Olericultura**: teoria e prática. Viçosa-MG: UFV, 2005. p. 323-343.

FURLANI, A.M.C.; HIROCE, R.; TEIXEIRA, J.P.F.; GALLO, J.R.; MIRANDA FILHO; H. S. Efeitos da aplicação de doses crescentes

de cloreto e de sulfato de potássio na nutrição e produção da batatinha (*Solanum tuberosum* “Bintje”). **Ciência e Cultura**, [Campinas], v.29, n.2, p 193-199, 1977.

GÓMEZ-MERINO, F.C.; TREJO-TÉLLEZ, L.I. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. *Scientia Horticulturae* Volume 196, 30 November 2015, Pages 82-90.

IUNG, M.C. **Fontes e doses de potássio na produtividade e qualidade de quatro cultivares de batata e em teores extraíveis em Cambissolo da região de Curitiba, Paraná.** 2006. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)- Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILL, H.A. **Plant analysis handbook.** Georgia: Micro- Macro Publishing, 1991. 213p.

LABANAUSKAS, C. K.; LETEY, J.; STOLZY, L. H. ; VALORAS, N. Effects of soil-oxygen and irrigation on the accumulation of macro and micronutrientes in citrus seedlings (*Citrus sinensis* var. Osbeck). **Soil Science.** v. 101, p. 378-384. 1966.

LEVRERO, C.R. Fertilizante organomineral: a serviço do mundo. In: Forum abisolo, 2009.

LI, Y.; SUN, Y.; LIAO, S.; ZOU, G.; ZHAO, T.; CHEN, Y.; YANG, Y.; ZHANG, L. Effects of two slow-release nitrogen fertilizers and irrigation on yield, quality, and water-fertilizer productivity of greenhouse tomato. *Agricultural Water Management* 186 (2017) 139–146

LIU, H.; WANG, X.; ZHANG, X.; ZHANG, L.; LI, Y.; HUANG, G. Evaluation on the responses of maize (*Zea mays* L.) growth, yield and water use efficiency to drip irrigation water under mulch condition in the Hetao irrigation District of China. **Agricultural Water Management**, v. 179, p. 144–157, 2017.

LORENZI, J.O. et al. Raízes e tubérculos. In: VAN RAIJ, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** P.221-23, 1996. (Boletim Técnico, 100).

MAFRA, M.S.H.; CASSOL, P.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; GROHSKOPF, M.A.; ANDRADE, A.P.; RAUBER, L.P.; FRIEDERICH, A. Organic carbon contents and stocks in particle size fractions of a Typic Hapludox fertilized with pig slurry and soluble fertilizer. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, p.1161-1171, 2015.

MAGALHÃES, J.R. **Nutrição e adubação da batata**. São Paulo: Nobel, 1985, 51p.

MALAVOLTA, E.; DANTAS, J.P. **Nutrição e adubação do milho**. In: PATERNIANI,

E. *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1980. pp.429-479.

MALLMANN, N. **Efeito da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no Centro-Oeste paranaense**. 2001. 151f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2001.

MESQUITA, H. A.; PÁDUA, Joaquim Gonçalves; YURI, J. E. ; Araujo, T. H. . FERTILIZAÇÃO DA CULTURA DA BATATA. *Informe Agropecuário (Belo Horizonte)*, v. 33, p. 52-61, 2012.

MUNDA, S.; SHIVAKUMAR B.G. RANA D.S.; GANGAIAH, B.; MANJIAH, K.M.; DASS, A.; LAYEK, J.; LAKSHMAN, K. Inorganic phosphorus along with biofertilizers improves profitability and sustainability in soybean (*Glycine max*)–potato (*Solanum tuberosum*) cropping system. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* Volume 17, Issue 2, April 2018, Pages 107-113.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A. & VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 11, p. 1527-1536, 2002.

NEVES, E.M.et al. Aplicação de fertilizantes na bataticultura. *Comportamento de preços no Plano Real. Batata Show*, Itapetininga, v. 3, n.6, p.20-21, 2003.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

PANIQUE, E.; KELLING, K.A.; SCHULTE, E.E. Potassium rate and source effects on potato yield, quality, and disease interaction, American Potato Journal, New Jersey, v.74, p.379-398, 1997.

OLIVEIRA, R. C.. Adução mineral em cultivares de batata: produtividade, qualidade e sistema integrado de diagnose e recomendação DRIS. 2017. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia UFU, Uberlândia, 2017.

PEREIRA, A. S.; DANIELS, J.; FREIRE, C. J. S.; BERTONCINI, O.; NAZARENO, N. R. X.; BRISOLLA, A. D.; SALLES, L. A. B.; MADAIL, J. C. M. **Produção de batata no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 16 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 48).

QIAO, D.; LIU, H.; YU, L.; BAO, X.; SIMON, G.P.; PETINAKIS, E.; CHEN, L. Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by starch-based superabsorbent polymer. Carbohydrate Polymers 147 (2016) 146–154.

RAIJ, B. van Uso do gesso na agricultura. **SIMPÓSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO. Anais... Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007.**

REIS JUNIOR, R. A. **Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo da batateira em resposta à fertilizantes potássicos**. 1995. 108p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1995.

RUZZI, M.; AROC, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae. Volume 196, 30 November 2015, Pages 124-134.

SHARMA,L.;BANERJEE,M.;MALIK,G.C.;GOPALAKRISHNAN, V.A.K.;ZODAPE, S.T. Sustainable agro-technology for enhancement of rice production in the red and lateritic soils using seaweed based biostimulants. Journal of Cleaner Production Volume 149, 15 April 2017, Pages 968-975.

VIEIRA,E.L.**Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e o arroz (*Oriza sativa* L.).** 2001. 122p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VIEIRA, F.C.; SUGIMOTO, L.S Importância da adubação na cultura da batata. **Batata Show**, Itapetininga, n.5, 2002.

ZAAG, D. E. van der. **La patata y su cultivo en los Países Bajos.** Haya: Instituto Consultivo Holandés sobre la Patata, 1990. 76 p.

PISCICULTURA SUSTENTÁVEL EM TANQUES-REDE: Fundamentos para o Plano de Negócio



Augusto César Soares dos Santos

Engenheiro Agrônomo, CREA 11.363/D, (031)99976.2262, especializado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa-UFV, 1974. Especialização em Operação e Manutenção de Distritos de Irrigação e Drenagem, México, 1978. Mestrado em Engenharia de Irrigação, Center for Irrigation Engineering da Katholiek Universiteit Leuven-KUL, Leuven, Bélgica, 1985-1987. Pós-graduado em Gestão de Recursos Hídricos para o Desenvolvimento Sustentado de Projetos Hidroagrícolas, Associação Brasileira de Ensino Superior-ABEAS/Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa, 1997-1998.
augustocesar2010@hotmail.com / Celular: (31)99976.2262 (WhatsApp)

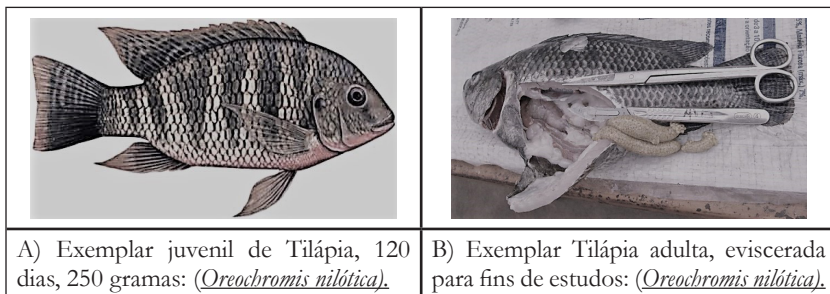
1. Introdução

Este capítulo sobre piscicultura está sendo dedicado ao AGRONEGÓCIO BRASILEIRO: produtivo e inovador, promovido para Curso de Agronomia do Centro Universitário do Planalto de Araxá – UNIARAXÁ, na XI SEMANA AGRONÔMICA, em outubro de 2018.

Produzir pescado gera emprego e renda; o que, certamente, contribuirá com segurança alimentar

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie originária do Rio Nilo.

A tilápia é uma espécie de peixe, de grande aceitação, no Brasil e no mercado internacional, porque não apresenta espinho em Y; sua carne possui pouca gordura e tem sabor excelente.



A tilápia é pouco exigente em oxigênio; adaptando-se ao cultivo em cativeiro, em grandes densidades.

Na atualidade, trabalha-se com reversão sexual; e, o melhoramento genético permitiu obter alta velocidade de crescimento.

A criação de tilápias, como qualquer outra atividade comercial, deve ser bem planejada, para que se possam obter resultados positivos.

Dessa forma, um bom empreendimento de porte pequeno, médio ou grande, somente, deverá ter início após criteriosa análise das condições de mercado; disponibilidade dos insumos básicos, tais como energia, ração, alevinos, mão-de-obra, dentre outros.

A coleta dos dados “*in loco*” possibilitará a elaboração de um **PLANO DE NEGÓCIO**, o qual daremos ênfase neste Artigo; e, sua respectiva análise econômica e financeira.

2. Plano de Negócio: Planejamento é Pré-requisito

O segredo do sucesso de cada empreendimento depende de um bom planejamento; do estudo de alternativas, em vários cenários; o que, certamente, irá desaguar em um Plano de Negócio, bem elaborado.

Com o objetivo de implantação de PROJETO DE PISCICULTURA EM TANQUES-REDE, é necessário empreender visita técnica aos possíveis locais, para a implantação da Piscigranja¹; objetivando selecionar a melhor alternativa e iniciar a coleta de dados preliminares. A seguir será indispensável realizar reuniões de planejamento com o empreendedor e/ou gerente geral da Empresa/investidores.

A elaboração do Projeto deverá adotar a metodologia da SWOT², ou seja, a matriz **FOFA**; por meio da qual se analisa e se

1 Piscigranja - Área destinada à produção intensiva de pescado.

2 SWOT: Ambiente Interno, Strengths - Vantagens internas da empresa, em relação às empresas concorrentes. Weaknesses - Desvantagens internas da empresa, em relação às empresas concorrentes. Ambiente Externo, Opportunities - Aspectos positivos da envolvente, com potencial de fazer crescer a vantagem competitiva da empresa, Threats - Aspectos negativos da envolvente, com potencial de comprometer a vantagem competitiva da empresa.

discute as **F**orças e **O**portunidades, **F**raquezas e **A**meaças do Projeto a ser considerado.

O inventário dos dados levantados em campo, “*in loco*”, e, em reuniões conjuntas servirão de base para a elaboração desse Plano de Negócio; objetivando atender aos seguintes pontos:

- Segurança, quanto ao retorno do investimento.
- Facilitar e agilizar a administração do negócio.
- Adoção de alternativa, com Taxa Interna de Retorno – TIR, atrativa para o capital investido.
- Incremento, na segurança alimentar regional e nacional.
- Criação de nova oportunidade de emprego nos municípios envolvidos.
- Benefícios para a sociedade

A seguir, selecionamos, de modo sucinto, devido à exiguidade de espaço, os principais ingredientes necessários à elaboração de Plano de Negócio; objetivando a implantação de um Projeto Sustentável de Piscicultura, para a criação de Tilápia, em tanques-rede.

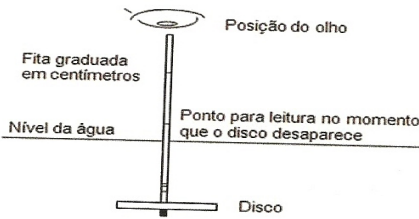
2.1. Escolha do Local

O Brasil detém a maior reserva de água doce do planeta. Minas Gerais é conhecida como a caixa d’água do país. As regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba apresentam-se como a Mesopotâmia Brasileira, cercado pelos Rios Grande, Paranaíba e Araguari. Inúmeros reservatórios de médio e grande portes se apresentam propícios ao desenvolvimento da piscicultura comercial; perfazendo uma lâmina d’água, com superfície superior a 234 mil hectares.

O local a ser escolhido deverá ser demarcado e licenciado, ambientalmente; junto aos Órgãos Estaduais e Federais, de modo a se obter a outorga; e, a consequente licença de instalação dos tanques-rede; trânsito de peixes vivos (alevinos e pescado); e, o funcionamento da Unidade de Processamento de Pescado – UPP; se for o caso.

Deve-se, também, avaliar os parâmetros de qualidade e quantidade da água; utilizando-se de aparelhos, tais como, o oxímetro (Fig 3 – A); destinado a medir o teor de oxigênio, dissolvido na água; o pHgâmetro (Fig 3 – B); destinado a medir a concentração hidrogeniônica da água; disco de Sechi (Fig 3 – C); destinado a avaliar a turbidez da água; termômetro, (Fig. 3 – D); destinado a medir a temperatura ambiente e a temperatura da água, em diversas profundidades.

Figura 3: Ilustração Kit de Equipamentos, indispensáveis para controlar as atividades de um Projeto de piscicultura.

	
A) Aparelho para medir o teor de oxigênio dissolvido: Oxímetro	B) Aparelho para medir o pH da água: pHgâmetro
	
C) Disco de Sechi: utilizado para avaliar a turbidez da água	D) Termômetro Digital

2.2. Licenciamento Ambiental

O Licenciamento será obtido, em nível estadual e federal; dependendo do âmbito de jurisdição do corpo d'água considerado. Em Minas Gerais, o Licenciamento Ambiental será obtido, junto à Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD; que possui superintendências regionais; as SUPRAM's³.

Em Minas Gerais, há reservatórios com licenciamentos pré-elaborados, nos chamados Parques Aquícolas. O Rio Araguari, com diversos reservatórios, possui o Parque Aquícola Nova Ponte I, já demarcado.

2.3. Escolha da Variedade de Alevinos

A escolha da variedade adequada de alevinos será fator decisivo no sucesso do empreendimento. Deve-se considerar a linhagem, a idoneidade do fornecedor e a distância até o local das instalações.

A variedades de tilápia mais utilizadas, no Brasil, são:

1. *Gift*, CESP, Pernambuco; Santa Catarina, *San Peter*, Tailandesa Revertida, etc.

2.4. Tipos de Ração

O consumo de ração representa de 60-70% do total das despesas de custeio do empreendimento. Portanto, a escolha do tipo de ração, a localização e a idoneidade do fornecedor será fundamental.

Para empreendimentos de maior porte, recomenda-se viabilizar a implantação de uma fábrica de ração, para suprir, pelo menos, 60% do consumo interno.

O tipo de ração, fornecida aos alevinos, varia, de acordo com a fase de crescimento. Cada fase exige um determinado teor de

3 *Link* para acessar SUPRAM's de Minas Gerias, em função da localização dos empreendimentos: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/sem-categoria/346-sistema-de-requerimento-de-licenciamento-ambiental>

proteínas e de carboidratos; bem como, um diferencial, no tamanho das partículas.

As rações para peixes a serem fornecidas deverão apresentar as características, especificadas na Tabela 1, nas quantidades. A durabilidade da ração é de cerca de 180 dias após a fabricação. Dessa forma, deverá ser elaborado um cronograma de entrega, de modo a evitar descontinuidade de fornecimento.

- FASE I (Ração para pós-larvas e alevinos).
- FASE II (Ração para pré-engorda).
- FASE III (Ração para engorda).
- FASE IV (Ração para engorda/manutenção).

Tabela 1: Especificações Técnicas (características, níveis de garantia) das rações, para as três fases de cultivo (alevinagem, pré-engorda e engorda):

Apresentação	FASE I	FASE II	FASE III	FASE IV
	triturada	extrusada	extrusada	extrusada
Tamanho do Pelete	< 1mm	2 mm	4 a 6 mm	6 a 8 mm
Flutuabilidade-30 minutos	NR	> 98%	> 98%	> 98%
Proteína Bruta Mínima (%)	40	36	32	32

2.5. Produção Programada

O mercado consumidor exige padrão de qualidade e de frequência, no fornecimento de rações. Assim, para que o pescado seja fornecido, ano todo, será necessário proceder à produção programada; isto é, promover o fornecimento do pescado, de modo ininterrupto, todos os meses do ano e todas as semanas. Isso será possível, programando o recebimento de alevinos e de ração, de modo cíclico; quinzenal ou mensal. Assim, a produção e o processamento de pescado será contínuo, de modo a abastecer o mercado, ininterruptamente.

Nesse sentido, será indispensável celebrar contratos com os fornecedores de insumos; produtores de alevinos e de ração; bem como, com os compradores de pescado.

2.5.1. Tanques-rede de Recria

Para garantir o sucesso de uma produção programada, esta, está condicionada ao fornecimento regular de alevinos juvenis para engorda.

Objetivando atender a essa demanda, serão destinados dois TR para a recria, propriamente dita. Esses TR de recria, igualmente, aos demais, dimensionados para o Projeto, possuem malha de 19mm; construídos com arame galvanizado, revestidos de PVC de alta aderência, equipados com flutuadores. A armação quadrada é confeccionada em alumínio e parafusada. A tela, fixada, por meio de costura, com arame cozido. Cada tanque-rede é dotado de comedouro; formado por rede, fixada, internamente, a fim de se evitar que a ração seja levada pela correnteza superficial. Estes TR, de dimensão 2, de largura de 2 metros de comprimento por 1,9 metros de profundidade, serão fixados, por poitas, com corda de náilon ou arame liso; dispostos em fileiras, distanciadas de 3m umas das outras. Dentro de cada TR, serão dispostos os berçários de malha diferenciada; dependendo do tamanho do alevino estocado; e, também, do tempo de permanência.

No exemplo comentado, serão ativados três tanques-rede a cada mês. Dessa forma, serão adquiridos três mil alevinos e a ração de alevinagem correspondente. A partir do sexto mês, poderá ser realizada a primeira despesca, com os peixes, estando no ponto de abate; tendo atingido o peso de cerca de 500-600g.

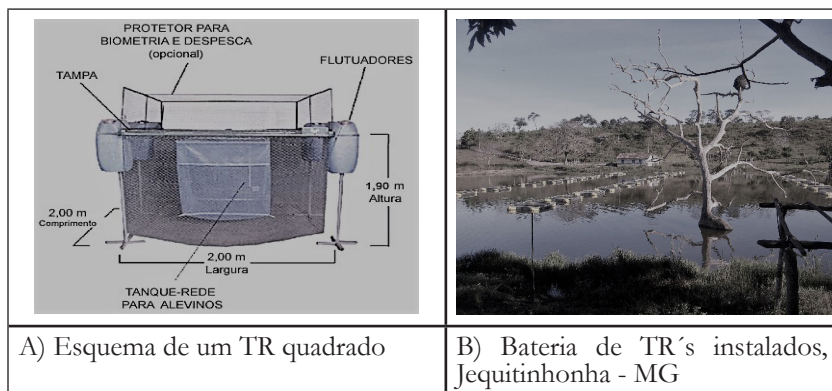


Figura 2: Esquema de um tanque-rede de pequeno volume 2x2x1,9m e vista parcial de empreendimento instalado.

2.5.2. Alimentação dos Alevinos de Recria

A fase de recria deverá ser o mais curta possível. Dessa forma, para acelerar o crescimento dos alevinos, será necessário fornecer uma ração farelada, balanceada; contendo, no mínimo, 50% proteína bruta, numa frequência de até 6 vezes ao dia. Essa ração poderá ser substituída pela ração extrusada, com 42% de proteína, quando os alevinos atingirem cerca de 8 cm; e, peso, da ordem de 30g, numa proporção de 10% do peso vivo até os alevinos atingirem o peso médio de 100g.

Dá-se o nome de Biometria a pesagem periódica e a separação dos peixes, em pequenos, médios e grandes. Essa diferenciação e reinstalação, em TR diferentes, possibilitará recalcular a ração, em quantitativos diferenciados; baseando-se em peso e tamanho da população; de modo a acelerar o crescimento. A Biometria deverá ocorrer a cada 30-45 dias, duração todo o ciclo.

2.5.3. Tanques-rede de Engorda

Os Tanques-Rede-TR's para engorda poderão ser de tamanho 2x2x1,9m, malha de 19mm.

Há diversos tamanhos e formatos de TR's, no mercado.

Nesses TR's, serão colocados os alevinos, oriundos da recria, com aproximadamente 25 a 30 g de peso vivo. Para possibilitar o planejamento, os TR's serão numerados, sequencialmente; e, divididos em blocos. Consequentemente, todos os meses, serão efetuados peixamentos TR's; e, a cada mês, poderá ser realizada despesca.

2.5.4. Alimentação dos Alevinos de Engorda

Os alevinos, com 10 a 12 cm, passam para a fase de engorda, quando deverão ser alimentados de 3 a 5 vezes por dia; dependendo da temperatura.

2.5.5. Manejo e Tecnologia de Produção

Os alevinos serão adquiridos, a partir de produtores certificados; e, transportados, em sacos plásticos, com água e oxigênio. O transporte será efetivado em horas mais frescas do dia; em caixas isotérmicas; ou, em caminhões tipo baú. Os sacos plásticos devem ser mergulhados, durante 20-30 minutos, dentro dos tanques-rede; logo após chegada, para que haja equilíbrio térmico entre o recipiente e a água do reservatório. A seguir, os sacos plásticos poderão ser abertos. Em seguida, colocar pequenas porções de água, dentro dos sacos, para completar o equilíbrio térmico e de pH. As diferenças de temperatura, dentro dos sacos plásticos, constatadas entre o local de fornecimentos dos alevinos e a sua chegada não deverá ser superior de 2° C. Diferenças maiores ocasionam choque térmico; e, conseqüente, aumento da mortalidade.

A alimentação com ração farelada, contendo 50% de PB, deverá ser iniciada 24 horas, após o peixamento. Considerando que os alevinos sofrem pequenos ferimentos, devido à perda de escamas; estresse devido ao transporte, em meio artificial; e, manuseio, durante a captura, aconselha-se adicionar até 5% de sal de cozinha, misturado à ração; o que funciona como efeito curativo.

A mortalidade média, na fase de recria, é de 20-25%; sendo necessário, de antemão, adquirir um total de reserva para garantir que, ao final, tenhamos a população estipulada para cada peixamento.

A densidade de estocagem para alevinos de 2-3 cm pode chegar a 400 filhotes/m² na fase de recria.

A qualidade da água deve monitorada, semanalmente; medindo-se o pH, a temperatura da água, na superfície; e, a concentração do oxigênio. Esses dados possibilitam a realização de ajustes, no trabalho a ser feito.

A transferência dos alevinos para os tanques de engorda deverá ser feita, em dia fresco; de preferência, na parte da manhã.

É recomendável fazer amostragens periódicas, nos tanques de engorda, numa frequência mensal, pela parte da manhã. A pesagem dos peixes deverá, sempre, ser feita em caixas, com água salgada à

razão 5% de sal de cozinha. Os dados serão registrados em fichas específicas.

2.5.6. Mercado consumidor

O Pontal do Triângulo Mineiro possui localização privilegiada, com relação a vários mercados consumidores. Com relativa facilidade, poderão ser atingidos mercados como: Belo Horizonte, São Paulo, Rio de Janeiro, Campinas, Ribeirão Preto, Goiânia, Brasília, Uberaba, Uberlândia, Patos de Minas e Araxá.

2.5.7. Cuidados na Captura para Venda

A venda de pescado poderá ser efetuada de diversas maneiras:

- ✓ Venda de peixe vivo para Pesque-pague.
- ✓ Venda de peixe vivo para consumidor final.
- ✓ Peixe eviscerado e sem escamas.
- ✓ Peixe em postas.
- ✓ Filé de peixe, etc.

A captura final de peixes confinados é facilitada, quando se tem à disposição uma plataforma de manejo, construída sobre tambores vazios. Basta rebocar os TR até a plataforma; e, fazer a transferência dos peixes para os recipientes coletores. A atividade de despesca, sempre, deverá ser planejada para acontecer na parte da manhã, quando a temperatura é mais amena; isso reduz a mortalidade e a deterioração do pescado.

Os peixes a serem comercializados, diretamente ao público, devem passar por tanques de depuração, por um período de 24-48 horas.

2.5.8. Estratégias de Mercado

Objetivando viabilizar a implantação do Projeto, apresentamos as seguintes estratégias:

- ❖ Realizar parceria com a Associação dos Pescadores; envolvendo EMATER, Sindicato Rural; e, outras Associações.
- ❖ Realização anual de “FESTA DA TILÁPIA”.
- ❖ Divulgação prévia do empreendimento, junto ao mercado consumidor.
- ❖ Divulgação antecipada do cronograma de ações.
- ❖ Promover reuniões, utilizando dinâmicas, para o desenvolvimento de relações interpessoais, de trabalho em equipe e de motivação.
- ❖ Promover Curso sobre Preservação Ambiental e Conscientização Ecológica.
- ❖ Treinamento de funcionários em *MS PROJECT*, *MS WORD*, *EXCELL*, *POWER POINT*, *OUTLOOK*, etc.; visando à inclusão digital.

Devem ser utilizadas ferramentas de *marketing* para a divulgação do novo produto, na região, nos estados e no Brasil.

Dentre as medidas para a divulgação dos novos produtos, destacamos:

- ✓ Introdução do filé de tilápia, na merenda escolar.
- ✓ Veiculação de notícias, na mídia local e regional.
- ✓ Confecção de *folders* de divulgação do empreendimento.
- ✓ Elaboração de *banner* do empreendimento para a cidade e região.

3. Planejamento das Atividades – Gráfico de Gantt.

O planejamento das atividades poderá ser executado utilizando-se do *MS PROJECT*⁴. A planilha disponibilizada pelo *MS Project* será preenchida, com a necessária alocação de mão-de-obra e de recursos; considerando-se os preços, colhidos na praça de Belo Horizonte, Patos de Minas, Araxá, Uberaba, Uberlândia e Ribeirão Preto, quando da implantação do empreendimento.

4 *Software* para Controle e a Gestão de Projetos.

4. Estimativa de Custos

A estimativa de custos (parcial) prevê os investimentos necessários à implantação do Projeto, de pequeno porte (20 TR's); e, o custeio para os primeiros seis meses; incluindo-se a mão-de-obra diária.

Quadro 1 – Planilha Ilustrativa dos Principais Itens.

ITEM	Unidade	R\$/UNIT.	Quant.	R\$ total
Ração: 01 ciclos de produção, custo médio	Kg	1,50	25.000,00	37.500,00
Arraçoadores e vigia ¹	Funcionário	2.000,00	18	36.000,00
Tanques-rede 3x3x1,5m, com 4 boias cada	Unid.	1.200,00	20	24.000,00
Elaboração do Projeto/aprovação	Unid.	10.000,00	01	10.000,00
Motor de popa de 15 HP	Unid.	8.000,00	01	8.000,00
Custeio de viagens-apoio técnico e licenciamento	Unid.	2.000,00	03	6.000,00
Barco de 8 m	Unid.	4.000,00	01	4.000,00
Barco a remo de 5m	Unid.	2.000,00	02	4.000,00
Alevinos: 3-5 cm, um ciclo	Unid.	0,20	20000,00	4.000,00
PHagâmetro	Unid.	3.000,00	01	3.000,00
Emolumentos SUPRAM	Unid.	3.000,00	01	3.000,00
Oxímetro	Unid.	2.500,00	01	2.500,00
Elaboração de 6 mil Folders	Serviço	0,20	01	1.200,00
Berçários de 13mm	Unid.	200,00	06	1.200,00
Coleta de dados de campo	Serviço	1.000,00	01	1.000,00
Corda para fixar TR's	Rolo	300,00	3	900,00

Berçários de 8mm	Unid.	200,00	04	800,00
Balança de precisão	Unid.	800,00		800,00
Disco de Sechi	Unid.	500,00	01	500,00
Berçários de 5mm	Unid.	200,00	02	400,00
Coletes Salva-vidas	Unid.	50,00	06	300,00
Termômetro	Unid.	250,00	01	250,00
Caixa de isopor de 50l	Unid.	50,00	04	200,00
Termômetro	Unid.	100,00	01	100,00
Balde de 20 litros	Unid.	10,00	05	50,00
TOTAL				149.700,00

5. Captação de Recursos

Atualmente, há recursos disponíveis para financiar novos empreendimentos, nos seguintes agentes financeiros: Banco do Brasil, Banco do Nordeste, BDMG, PARCERIA COM OUTROS EMPRESÁRIOS.

6. Referências bibliográficas

SANTOS, A.C.S., 2012: Autor de Vídeo – Livro e CD Curso Certificação: **Tilápias em tanques-rede**, edição, Viçosa, Brasil, 2014, 240p.

SANTOS, A.C.S., 2012: Autor de Tilápia: **Criação sustentável em tanques-rede, elaboração, licenciamento e gestão**, I & II edições, Viçosa, Brasil, 2012 e 2014, 240p.

SANTOS, A.C.S., 2005: Co-autor: **PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS**, Governo do Estado de Minas Gerais, Governo Federal, Belo Horizonte, 227p;

1 Nesse caso, consideram-se 3 mãos-de-obra fixas, durante 6 meses; ou seja, 3X6XR\$ 2000,00 (Salário+ encargos)

SANTOS, A.C.S., 2004: Co-autor e Gerente executivo, **Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PE 23**, Projeto Estruturador do Governo de Minas Gerais, Fundação Rural Mineira – RURALMINAS, Governo do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, diversos volumes.

SANTOS, A.C.S., 2003: Co-autor e Gestor PLANO DIRETOR de Recursos Hídricos das Bacias de Afluentes do Rio São Francisco, em Minas Gerais, Fundação Rural Mineira – RURALMINAS, Governo do Estado de Minas Gerais, Governo Federal, Belo Horizonte, diversos volumes e CD.

SANTOS, A.C.S., 2002: Co-autor, **DIAGNÓSTICO DOS PERÍMETROS IRRIGADOS DE MINAS GERAIS**, Governo de Minas Gerais, Governo Federal, Ministério da Integração Nacional

TERMOFOSFATOS CORRETIVOS EM ÁREAS DE CANA DE AÇÚCAR



Diogo Aristóteles Rodrigues Gonçalves
Professor – UNIARAXÁ – Araxá – MG

Mariana Alves Borges
Eng. Agr. – Uberlândia – MG

Gustavo Alves Santos
Eng. Agr. - Doutor – Uberlândia – MG

Hamilton Seron Pereira
Professor Titular – UFU – Uberlândia – MG

1. Introdução

Os solos tropicais apresentam elevada acidez, baixa saturação por bases, e baixa disponibilidade de nutrientes, como o fósforo (P). O P é nutriente fundamental no metabolismo de todas as plantas; e, na cana-de-açúcar, exerce funções que são capazes de determinar a produtividade e a qualidade da cultura. O P, fornecido na adubação, torna-se indisponível, devido, à adsorção ao solo; processo pelo qual o elemento fica retido na superfície das partículas do solo; devido, principalmente, a reações com três elementos químicos do solo: ferro, alumínio e cálcio (SOUZA ET AL., 2004); o que promove altas doses de P; elevando os custos de produção. Assim, fontes alternativas de P têm se mostrado capazes de competir com as fontes convencionais, em eficiência e custo, diminuindo perdas de P no solo.

Devido à fixação do fósforo, grandes quantidades de adubos fosfatados devem ser fornecidas ao solo, no intuito de não haver deficiência do nutriente para a planta. Contudo, mesmo sendo aplicadas grandes quantidades de fertilizantes fosfatados, ainda assim, a maior parte do P adicionado é fixada ao solo; havendo recuperação

pelas culturas de apenas 5 a 20%, em um ano agrícola; onerando bastante os custos de produção (ARAÚJO & MACHADO, 2007).

É grande a quantidade de fósforo exigida por culturas, altamente, produtivas, como a cana-de-açúcar; ou seja, manter a planta bem nutrida, com P, consiste em um fator primordial na obtenção de altas produtividades. Isso se deve ao fato de o P participar de processos metabólicos da planta; e, mesmo, sendo móvel nos tecidos, estar concentrado nas áreas mais ativas de crescimento (STAUFFER & SULEWSKI, 2004).

Para contornar o problema dos custos de fosfatos solúveis, obtidos pelos processos convencionais de solubilização, reduzir a dependência de importação de fertilizantes fosfatados e promover o aproveitamento dos recursos naturais, tem sido proposto o uso de fontes alternativas de fósforo. Dentre essas fontes estão os termofosfatos, fontes de baixa solubilidade em água, mas que recebem tratamentos alternativos, geralmente térmicos, os quais as tornam capazes de competir com fontes convencionais, em eficiência e custo; além de diminuir a fixação de P no solo.

2. Fósforo na agricultura

O fósforo é um elemento de origem mineral que tem, entre outras funções, extrema importância para a alimentação humana e vegetal. Seu símbolo químico é “P” e deriva do grego “*phosphorus*”, que significa “portador de luz”. Possui números atômico e de massa 15 e 30,97, respectivamente; e, está localizado no grupo 15 ou grupo do Nitrogênio; sendo, então, este elemento um não-metal (PEDROLO, 2014).

A prática de usar materiais fosfáticos, como fertilizantes, é tão antiga que não há registro de seu início. Excrementos de aves eram usados pelos Cartagineses, há mais de 200 anos a.C.; e, os Incas utilizavam guano, muito antes da chegada dos Espanhóis (WAGGAMAN, 1969).

O fósforo foi isolado, pela primeira vez, em 1669, pelo alquimista alemão Henning Brandt, ao evaporar grandes quantidades de urina humana. Só, cem anos mais tarde, o químico sueco, Gahn, descobriu

sua presença nos ossos; e, dez anos depois, no mineral piromorfita (fosfato de chumbo). Foi, somente, em 1840, que Justus von Liebig, renomado químico da Alemanha, formulou a base científica de produção de ácido fosfórico. Em 1842, o fazendeiro inglês Bennet Lawes patenteou um processo de acidulação de nódulos fosfatados (coprólitos); e, deu a esse produto o nome de superfosfato, que se mantém até hoje (LOUREIRO & MELAMED, 2006)

O fósforo não se encontra livre na natureza, mas em combinações, como os fosfatos. Na natureza, não ocorrem, em abundância, formas de fósforo combinado que possa ser utilizado pela planta. As reservas de fosfatos são jazidas de apatita, ligadas a rochas graníticas; rochas eruptivas; fosfatos sedimentares, em camadas de origem marinha; e, aluminofosfatos, de origem organomineral. As maiores jazidas são encontradas em Marrocos, Argélia, Rússia, América do Norte e do Sul. No Brasil, as principais reservas são a de Araxá, em Minas Gerais; as de Olinda, em Pernambuco; e, Jacupiranga, em São Paulo. O guano, excremento de aves, morcegos é encontrado nas ilhas do litoral do Peru; nas ilhas Galápagos, em ilhas do litoral da Bahia e Fernando de Noronha (SOUSA JÚNIOR, 2016).

O fósforo (P) encontra-se, na fase sólida, nas formas orgânicas e inorgânicas; na fase líquida, em formas inorgânicas, na solução do solo; nas formas de H_2PO_4 e HPO_4^{2-} . O P, contido no material de origem do solo, encontra-se, na forma de minerais, com predomínio dos fosfatos, pelo intemperismo, o fósforo (P) é liberado para a solução, em pequenas quantidades. O fósforo (P) total, da maioria dos solos, pode ser, relativamente, grande; entretanto, processos geoquímicos e biológicos podem transformar os fosfatos naturais em formas estáveis, fixado, combinado com outros elementos, como cálcio, ferro ou alumínio; formando compostos não assimiláveis pelas plantas. No solo, o P pode ser imobilizado, quando se encontra na forma orgânica não assimilável pelas plantas; tornando-se disponível para a planta pela mineralização da matéria orgânica; ou, adsorvido, que é a fração de fósforo presa ao complexo coloidal do solo; tornando-se disponível, por meio de trocas com as raízes; e, assimilável é a parte que se encontra diluída na solução do solo; sendo, facilmente, absorvido

pelas plantas. A forma chamada disponível é o somatório do P adsorvido com o assimilável (TARUMOTO, 2016).

Os três tipos de fósforo, no solo, são: P lábil, não-lábil e em solução. O fósforo lábil é aquele que se encontra em equilíbrio com o fósforo em solução do solo; e, que pode ser avaliado com o uso de extratores. O P-lábil pode ser encontrado ligado ao alumínio, ferro e cálcio, adsorvido a argilas silicatadas do tipo 1:1, adsorvido à matéria orgânica do solo, por pontes de cátions; e, principalmente, adsorvido a oxihidróxidos de ferro e alumínio (PARFITT, 1978). Não-lábil é aquele que se encontra em compostos, mineralogicamente, estáveis. Cada tipo de precipitado e composto de P tem a sua capacidade de fixação e liberação de P, como nutriente para as plantas, na solução do solo. O fósforo em solução é aquele que está, prontamente, disponível para a absorção das plantas (MOURA, 2014; RAIJ, 2004; GATIBONI, 2003).

Dos macronutrientes primários, o fósforo é absorvido em menores quantidades que os demais; entretanto, a sua presença, no solo, é indispensável para o crescimento e a produção vegetal. Interfere nos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, crescimento das células. Contribui para o crescimento prematuro das raízes, qualidade de frutas, verduras, grãos e formação das sementes. Por interferir em vários processos vitais das plantas, deve haver um suprimento adequado de fósforo, desde a germinação, principalmente, em plantas de ciclo curto. O fósforo, na planta, apresenta uma grande mobilidade. As plantas, quando jovens, absorvem maiores quantidades de fósforo; ocorrendo um crescimento rápido e intenso das raízes, em ambientes com níveis adequados do nutriente (LISBOA, 2014).

Aumentar a eficiência nas adubações fosfatadas é importante para reduzir as grandes quantidades aplicadas de P, no solo (MIYAZAWA ET AL., 2011); como também, os custos de produção; haja vista que o Brasil importa cerca de 50% dos fertilizantes fosfatados que utiliza (SAAB & PAULA, 2008). Além disso, para a produção dos fertilizantes fosfatados comercializados, destaca-se que o consumo de energia para a síntese é alto; e, as matérias-primas básicas vêm de fontes não renováveis.

A adubação fosfatada apresenta eficiência, quando realizada na cana, devido a interferir, diretamente, na sua produção; mas, nos solos do Brasil, temos muito *déficit*, fazendo com que o P torne um nutriente de suma importância para cultura; devido a atuar, diretamente, no sistema radicular, longevidade da planta, produção de colmos, produção sacarose e qualidade do caldo. Obtendo ótimo reflexo, no primeiro ano de cultivo, quando se faz uma boa adubação fosfatada; esperando que o seu efeito se prolongue para os demais cortes. Para se obter essa ótima eficiência, dependem de algumas condições, que são: fixação do P no solo, nível inicial de P disponível, dentre outros (BATISTA ET AL, 2014).

Segundo Korndörfer (2004), o fósforo é absorvido pela cana-de-açúcar, em pequenas quantidades, se comparado com o nitrogênio e o potássio; no entanto, exerce função importante no metabolismo dessa planta; especialmente, na formação de proteínas; nos processos de respiração, fotossíntese, divisão celular; no fornecimento de energia a partir do ATP e na formação da sacarose. E, ainda, a sacarose, matéria prima para a produção de açúcar e álcool é formada, a partir do composto glucose-1-fosfato com a frutose, durante o processo metabólico da planta (ALEXANDER, 1973 APUD KORNDÖRFER (2004)).

A afirmação de que o fósforo é um elemento chave para a cultura da cana-de-açúcar é inquestionável; sendo assim, é de fundamental importância a sua presença, durante todo o ciclo da cultura; assim como a correta e eficiente escolha do adubo fosfatado a ser aplicado. Para Benedito (2007), para culturas de ciclo longo, como é o caso da cana-de-açúcar, fosfatos naturais reativos e termofosfatos podem ser mais eficientes; mesmo que, em solos, com alta capacidade de adsorção e solos ácidos.

3. Fixação de fósforo no solo

No solo, o fósforo é pouco móvel, pois é, firmemente, retido; não sendo um nutriente, facilmente, sujeito a perdas, por percolação; entretanto, a erosão é a responsável pelas maiores perdas de fósforo;

quando ocorrem perdas de matéria orgânica e partículas coloidais, com fósforo (MORETTO, 2017).

Embora o acúmulo de P pela planta seja baixo, elevadas doses de adubos fosfatados são aplicadas. Estas se devem, em parte, ao baixo teor natural de P, na maioria dos solos brasileiros e à sua alta fixação pelos oxidróxidos de Fe e de Al; o que o torna indisponível para as plantas (NOVAIS ET AL., 2007; RAIJ, 2011).

Devido ao caráter fixador de P dos solos tropicais, a adequada disponibilidade para a planta é garantida, por meio do aumento da dose ou a redução do volume de solo adubado (localização), para a mesma quantidade adicionada (BÜLL ET AL., 2004).

Nos fertilizantes fosfatados, sob a forma de fosfato solúvel em água, em contato com a solução do solo, o fósforo solubiliza; tornando-se disponível. Parte deste fica diluído na solução do solo; e, parte fica adsorvido ao complexo coloidal (argilas), por trocas iônicas; em solos ácidos que apresentam elevados teores de ferro e alumínio, parte do fósforo disponível é fixada; formando compostos de ferro e alumínio; o fósforo torna-se indisponível para as plantas. A aplicação de calcário é uma maneira de melhorar a indisponibilidade (TARUMOTO, 2016).

Os íons (OH⁻), gerados pelo calcário, tomam o lugar dos íons de fósforo fixado, liberando-os para a solução do solo. Este é um dos maiores benefícios indiretos da calagem. Parte do fósforo disponível é absorvida pelos vegetais e pelos micro-organismos do solo; e, esta se torna a fração de fósforo imobilizado no solo; com a morte dos micro-organismos do solo e dos restos de culturas; o fósforo imobilizado pode se tornar, novamente, disponível para as plantas, pelo processo da mineralização da matéria orgânica; por isso, uma cultura aproveita muito pouco do fósforo aplicado, nesse tipo de fertilizante (FOLONI et al., 2008).

A aplicação de P, também, deve divergir, de acordo com as variações entre os solos; os quais possuem distintas capacidades de fixação de fósforo; devido, principalmente, ao teor de argila e ao conteúdo de óxidos de ferro e alumínio livre, segundo Sanchez & Uehara (1980). Estes, também, evidenciaram a importância da

determinação da capacidade de fixação de fósforo; pois, este é um dos fatores que governa a disponibilidade do elemento, na solução do solo; a dissolução de fertilizantes; e, conseqüentemente, a absorção pelas culturas.

Os fertilizantes fosfatados solúveis, quando aplicados ao solo, dissolvem e se dirigem à solução do solo; porém, pela baixa solubilidade dos compostos de P e forte disposição à adsorção, grande parte do P fica retida na fase sólida, como P lábil; tornando-se, gradativamente, P não lábil (RAIJ, 2011). Isso contribui para o reduzido grau de eficiência da adubação fosfatada; sendo, frequentemente, observado o aproveitamento de apenas 10 a 15% do P do fertilizante aplicado pela cana-de-açúcar (ROSSETTO et al., 2010).

As formas de fósforo na solução do solo são dependentes do pH; em pH muito ácido, menor que 2,1, há predomínio da forma de ácido ortofosfórico ($\text{H}_3\text{PO}_4^{3-}$); em condições alcalinas, entre 7,2 e 12; a forma de fósforo mais encontrada é hidrogenofosfato (HPO_4^{2-}); enquanto o fosfato (PO_4^{3-}), em pH acima de 12. Já, a forma dihidrogenofosfato (H_2PO_4^-) predomina em pH entre 2,1 e 7,2; incluindo a faixa de maior disponibilidade de P, entre 5,5 e 6,5; nessa faixa, há menor precipitação de formas de P complexadas ao Al; além da carga do íon ser menor; contribuindo para predominância de cargas negativas, devido à carga variável das argilas; reduzindo a atração do íon fosfato pelo colóide inorgânico; e, assim, proporciona menor potencialidade eletrostática da superfície adsortiva (Haynes, 1984; Barrow, 1985; Raij, 2011).

Em solos intemperizados e ácidos, a forma predominante de fósforo é o íon H_2PO_4^- ; e, em menores proporções, o íon HPO_4^{2-} ; aumentando a proporção à medida que o pH do solo aumenta. É um elemento de baixa mobilidade no solo e essencial para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas (PENATTI, 2013).

A forte interação com o solo e a reduzida entrada por intemperismo de rochas com baixas concentrações de P, são as principais causas dos solos brasileiros serem considerados pobres, nesse nutriente (RAIJ, 1991). Além disso, vários fatores levam à limitação desse nutriente à absorção, em função do tempo; como, a

lixiviação, que apesar de pouco representativa, no ciclo do P no solo, pode levar ao esgotamento do P orgânico dissolvido e dos minerais primários do solo; embora, demore milhões de anos para efetivar-se (VITOUSEK et al., 2010).

Atualmente, concretizam-se alterações no sistema de produção das culturas, com a adoção de sistema de plantio direto ou de preparo reduzido; porém, o manejo, antes, amplamente utilizado, agravaram situações de camadas de impedimento físico; o que dificulta o acesso das raízes ao fósforo, potencialmente, disponível (SÁ, 2004; GATIBONI, 2007; VITOUSEK et al., 2010).

As plantas e os organismos adaptados utilizam-se de diversos mecanismos para esse elemento ser absorvido e extraído, com maior eficiência. Dentre eles, o aumento da relação raiz/parte aérea, as alterações na morfologia de raízes, o aumento de pelos radiculares e a associações simbióticas, com microrganismos na rizosfera (COSTA; LOVATO, 2004).

As estratégias, também, podem ser bioquímicas ou fisiológicas; como, a diminuição do efluxo de P, mobilização do P_i vacuolar, liberação de exsudatos, como ácidos orgânicos (citrato e malato), incremento da produção de fosfatases e RNases e ativação de genes para alterações, nos carregadores de fósforo; modificando parâmetros cinéticos de absorção; tornando-se hábeis para a redução da quantidade de sítios de sorção de P, pela complexação de Fe e Al (DUFF et al., 1994; WATT; EVANS, 1999; RAGHOTHAMA, 1999).

Apesar da baixa taxa de lixiviação, ocorrem reações químicas do fósforo, inserido no solo com a fase mineral, resultando em formas de baixa disponibilidade para absorção, pelas culturas. Segundo Kamprath (1977), a fixação do fósforo, aplicado na forma de fertilizantes, ocorre, principalmente, por formação de complexos com ferro e alumínio. Porém, a cana-de-açúcar parece ser capaz de absorver P, em formas consideradas não disponíveis; como aquelas que se encontram combinadas com o Al e Fe (BITTENCOURT, 1978).

Segundo Raij (2004), os solos brasileiros são ricos, principalmente, em óxidos hidratados de ferro e alumínio; que, com a caulinita (argila com rede cristalina de 1:1, entre SiO_2 : Al_2O_3), consistem na maior

parte da composição mineralógica da fração argila do solo; parte esta, mais ativa e na qual ocorrem as reações com o P; reações estas capazes de fixá-lo e torná-lo indisponível à planta. De acordo com McBride (1994), em condições de solo ácido, o íon fosfatado reage, rapidamente, com o octaedro de Al, pela substituição dos grupos OH⁻ localizados na superfície do mineral, formando complexos. Ocorrem, também, reações de precipitação do P, com formas iônicas de Al e Fe; formando compostos de baixa solubilidade (NOVAIS & SMYTH, 1999). Sendo assim, são necessárias grandes quantidades de fósforo, aplicadas ao solo, para manter uma disponibilidade adequada do nutriente às plantas cultivadas.

Após a dissolução dos adubos fosfatados, praticamente, todo o P é retido, na fase sólida; formando compostos menos solúveis. No entanto, grande parte do P retido é aproveitada pelas plantas. A grandeza dessa recuperação depende, principalmente, da espécie cultivada; mas também, é afetada pela textura, granulometria e a forma de aplicação do fertilizante fosfatado (SOUSA & LOBATO, 2004).

4. Fosfatagem

A fosfatagem é a aplicação de fosfato natural ou termofosfato a lanço e incorporada ao solo por implemento, com a capacidade de misturar, uniformemente, o produto, o mais profundamente possível. A preocupação com a qualidade da incorporação do fosfato é de fundamental importância para o enraizamento adequado das plantas; a distribuição uniforme permite um contato íntimo entre as partículas finas do fosfato e os componentes do solo; promovendo a sua solubilização e disponibilização para as plantas; e, conseqüentemente, promove uma ocupação adequada das raízes, no perfil do solo (MORETTO, 2017).

A escolha da fonte de P, normalmente, baseia-se tanto na eficiência em suprir o nutriente para as plantas, como na relação custo:benefício da adubação (GOEDERT et al., 1986). Os fosfatos naturais são fertilizantes que apresentam, geralmente, baixa disponibilidade de P para as plantas, no curto prazo; porém, com

custos por unidade de P, relativamente, mais baixos do que os fosfatos solúveis (NOVAIS & SMYTH, 1999).

Os adubos fosfatados acidulados apresentam solubilidades, relativamente, elevadas em água (como os superfosfatos simples e triplo); razão por que têm alta eficiência agronômica, quando comparados aos fosfatos naturais; no entanto, os elevados custos de fabricação dos fosfatos solúveis têm incentivado o uso de fontes alternativas de P (PROCHNOW et al., 2004).

A forma de aplicação dos fertilizantes fosfatados é diferente entre os fosfatos, considerados solúveis; e, aqueles insolúveis, em água (RAIJ, 1991). Sabe-se que, logo após a aplicação de uma fonte solúvel, o P pode ser, rapidamente, adsorvido pelo solo; ou, transformado em composto, de menor solubilidade, pelas reações de precipitação e adsorção específica. A intensidade dessas reações é, diretamente, proporcional ao volume de solo, com o qual o adubo reage e ao nível de P (GOEDERT & SOUZA, 1984)

Para minimizar a eutrofização e o aumento do custo de produção, opta-se pela redução do volume de solo adubado (SHARANGI & SAHU, 2009); que é mais eficiente que a aplicação, em área total (fosfatagem); em especial, para fontes mais solúveis de P (FRANZINI et al., 2009). Estas, em virtude da disponibilização rápida de P, têm seu uso justificado, em culturas de ciclo mais curto (CHIEN et al., 2010).

No que diz respeito aos fertilizantes fosfatados naturais, HOROWITZ & MEURER (2004) relatam que tais adubos apresentam graus distintos de reatividade no solo, de acordo com o tipo de material de origem; ou seja, os fosfatos naturais, de origem vulcânica (apatitas), por exemplo, em virtude de seu alto grau de cristalização e natureza físico-química dos minerais, são menos solúveis, quando comparados aos de origem sedimentar (bauxitas fosfóricas); influenciando, fortemente, a eficiência agronômica da adubação.

Existem vários tipos de jazidas de rochas fosfáticas; todas estão ligadas aos grupos das apatitas; que podem ser associadas às atividades ígneas; ou, em rochas alcalinas do tipo carbonatito, característico no Brasil. Os principais fosfatos brasileiros têm origem de Catalão, Jacupiranga, Patos de Minas e Araxá; e, apresentam características

estruturais cristalinas muito estáveis; afetando, diretamente, na solubilidade em água; e, também, na solubilidade em ácido cítrico; atingindo, no máximo, 5%. Sua eficiência no fornecimento do fósforo para plantas é muito baixa, por serem influenciadas, principalmente, pelas condições de acidez do solo. Por essas razões, é viável a aplicação dos fosfatos naturais, antes da correção da acidez do solo (OLIVEIRA JUNIOR, 2001).

Os fosfatos naturais, com origem sedimentar, apresentam geologia complexa; podem ser formados por detritos, precipitados químicos; ou, mais comumente, por grande quantia de apatita fóssil orgânica. A composição química predominante desses minerais são as apatitas, com rede cristalina complexa, que possuem alto grau de substituições isomórficas de fosfato e carbonato; tornando sua estrutura mais susceptível à solubilização. Essas apatitas recebem o nome de francolitas e fosforitas (KLIEMANN; LIMA, 2001; TOMAZ, 2009).

5. Termofosfato

Os fertilizantes fosfatados têm sua origem da rocha fosfática; que é constituída por minerais do grupo das apatitas. Os minerais apatíticos formaram-se, sob diferentes regimes geológicos – ígneos, metamórficos ou sedimentares – além de transformações por intemperismo, lixiviação, entre outras (KAMINSKI & PERUZZO, 1997).

As rochas fosfatadas ígneas são aquelas, resultantes da solidificação do magma; são constituídas de fosfato, na forma tal que, naturalmente, é insolúvel; são extraídas de minas, cujo principal mineral é a fluorapatita. São utilizadas para a produção de fertilizantes fosfatados solúveis, por meio de ataque por ácidos fortes (CHAVES, 2010). As rochas fosfatadas ígneas são manipuladas pela indústria, também, a partir da fusão; produzindo os chamados termofosfatos. Eles são rochas apatíticas, fundidas com silicato de magnésio ($MgSiO$), a cerca de $1500^{\circ}C$. O produto incandescente obtido é submetido a um choque térmico, com jato de água; e, posteriormente, seco e moído. São fertilizantes fosfatados insolúveis em água e com alta solubilidade

em ácido cítrico (AC). Os termofosfatos possuem, em média, 18% de P_2O_5 , com 16,5% solúvel em AC. Apesar da insolubilidade do termofosfato em água; e, portanto, aparente disponibilidade mais limitada de P para a planta, alguns trabalhos indicam que, mesmo em curto prazo, ele pode ser tão ou mais eficiente, no fornecimento de P que adubos solúveis em água.

Os fosfatos originados de rochas naturais são a matéria prima para o processamento industrial dos fertilizantes, com alta solubilidade em água. Esse evento prevê a degradação da estrutura cristalina, com a reação de ácidos fortes. O ácido sulfúrico é utilizado no processamento do superfosfato simples. Já, o ácido fosfórico, utilizado para obtenção do superfosfato triplo; ou, mesmo sofrendo a elevação da temperatura no seu processamento, origina os termofosfatos. A combinação dos fosfatos naturais com a amônia produz os fosfatos de monoamônio (MAP) e diamônico (DAP), com alta concentração de nutrientes; tornando-os vantajosos para o transporte a longas distâncias (OLIVEIRA JUNIOR, 2001; TOMAZ, 2009).

O desempenho dos fosfatos solúveis, dentre eles os termofosfatos e o multifosfato magnésiano, são superiores aos fosfatos naturais, de origem nacional. Os fosfatos solúveis em água, mais comumente utilizados, são o superfosfato simples (SS), o superfosfato triplo (ST) e os fosfatos monoamônico (MAP); pois, são amplamente, utilizados como fonte padrão de fósforo em experimentos que avaliam a eficiência agrônômica relativa de fontes de P (SANTOS et al., 2010).

Segundo Korndörfer (2004), o termofosfato tem se destacado na cultura da cana, como fonte de P; às vezes, superando as fontes solúveis; devido à presença de alguns elementos na fórmula desses produtos, que podem aumentar a produção de cana, tais como Si e Mg.

A procura por formas em diminuir a fixação desse P é um grande desafio da pesquisa. Uma das alternativas é buscar fertilizantes que, mesmo com menor solubilidade; portanto, menor fixação de P às micelas do solo; possuem elevada eficiência no fornecimento de P às plantas. Exemplos de fertilizantes com essas características e com eficiências variáveis têm-se os fosfatos naturais, fosfatos naturais reativos, escória de Thomas, hiperfosfatos e os termofosfatos (TF).

Os termofosfatos são conhecidos como fontes alternativas de fósforo; categoria na qual estão as fontes que possuem baixa solubilidade em água, e rocha fosfática submetida a tratamentos alternativos (BENEDITO, 2007).

O surgimento dessas fontes alternativas deve-se ao processo de fabricação de fontes convencionais de fósforo; fontes, estas, que requerem rochas fosfáticas, com baixa quantidade de impurezas metálicas, como ferro e alumínio. Em detrimento, várias quantidades de material fosfórico eram descartados pelas indústrias; esses materiais começaram, então, a ser trabalhados e se transformaram nas fontes alternativas de fósforo (FRANCISCO, 2006).

Na exploração da rocha fosfática, ocorre a liberação de íons ortofosfato; decorrentes da solubilização do material apatítico primário; esses íons reagem com os demais; formando, assim, minerais secundários (crandallita, milisita, wavelita e outros); conhecidos como fosfatos aluminosos; os quais contêm grande quantidade de alumínio e outras impurezas minerais; e, por isso, são considerados impróprios para o processo de acidulação (HOARE, 1980 apud FRANCISCO, 2006).

Os fosfatos aluminosos começaram a sofrer tratamentos térmicos, chamados de calcinação; o que fez Gilkes e Palmer (1979) constatarem o aumento na solubilidade desses materiais, em citrato neutro de amônio; e, Câmara et al. (1984) afirmarem, por meio de experimentos com a cultura do milho, que o aquecimento dos fosfatos aluminosos resultou em um aumento de P_2O_5 total; e, o aumento na produção de matéria seca das plantas de milho.

As fontes alternativas de fósforo, como o termofosfato calcinado, estão em crescimento constante no mercado; crescimento, este, relacionado à eficiência e ao custo; mesmo que haja grandes reservas fosfáticas de elevada pureza apatítica. Os fosfatos aluminosos entram no contexto de aproveitamento dos recursos naturais, utilizados nos processos convencionais de fontes solúveis de fósforo. A relação com os custos, também, chama a atenção; pois, o Brasil é, altamente, dependente da importação de enxofre; matéria prima para a produção de ácido sulfúrico; este, utilizado no processamento das fontes convencionais de fósforo. Isso, além de onerar os custos de

fabricação das fontes solúveis, ainda, torna a produção vulnerável, pela necessidade de importação do enxofre (Carvalho, 2001).

6. Considerações finais

Para aumentar a produção da cana-de-açúcar, há uma necessidade de fornecimento de fósforo, ao longo de todo seu ciclo. Os adubos, com fosfatos solúveis, não possibilitam esse fornecimento, por vários ciclos; devido à sua fixação nos solos de cerrado; porém, procedimentos corretivos, como a fosfatagem, auxiliam na disponibilização de fósforo para as plantas; e, em se tratando de termofosfatos, estes possibilitam a não fixação do fósforo solúvel; como também, torna possível o fornecimento de fósforo solúvel para as plantas.

7. Referências bibliográficas

ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology: a comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752 p.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C.T.T. **Fósforo**. In: FERNANDES, M.S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, 2007. p. 253-280.

BENEDITO, D. S. **Eficiência agrônômica de fontes alternativas de fósforo e modelo do uso de fosfatos naturais**. 2007. 121 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007

BARROW, N.J. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 38, p.183-230, 1985.

BITTENCOURT, V. C. Planalsucar. **Comemoração dos 50 anos da Estação Experimental “José Vizioli”**, Piracicaba, 51-68. 1978.

BÜLL LT, COSTA MCG, NOVELLO A, FERNANDES DM, BÔAS V, LYRA R. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Sci Agric**.;v.61: p.516-21. 2004.

CÂMARA, L. M. J. R.; et al. Efeito da temperatura de calcinação na eficiência de fosfatos de alumínio como fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 345-347, 1984.

CARVALHO, R. et al. Interações silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa-de-vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 36, n. 3, p. 557-565, 2001.

CHAVES, A. P. **Rotas tecnológicas convencionais e alternativas para a obtenção de fertilizantes**. In: Agrominerais para o Brasil, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380 p.

CHIEN SH, PROCHNOW LI, TU S, SNYDER CS. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutr Cycl Agroecosyst**. v.89, p.229-55. 2011.

COSTA, D. B.; ANDRADE, D. K. B.; SILVA, S. A. M.; SIMÕES NETO, D. E.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, E. C. A. Adubação fosfatada em cana planta e soca em argissolos do nordeste de diferentes texturas. **Revista Caatinga**. v. 24, f. 7. 2014.

COSTA, D.M.; LOVATO, P.E. Fosfatases na dinâmica do fósforo no solo sobre culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.6, p.603-605, 2004.

DUFF S. M. G., SARATH G., PLAXTON W.C. The role of acid phosphatase in plant phosphorus metabolism. **Physiologia Plantarum**, v.90, p.791-800, 1994.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos, Brasília, 1999, 370p.

FOLONI, J. S. S, et al. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de Fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1147-1155, 2008

FRANCISCO, E. A. B. **Fosfatos aluminosos do grupo da crandallita como fonte alternativa de fósforo para a cultura do arroz.** 2006. 120 p. Tese (Doutorado). – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

FRANZINI VI, MURAOKA T, CORASPE-LEÓN HM, MENDES FL. Eficiência de fosfato natural reativo aplicado em misturas com superfosfato triplo em milho e soja. **Pesq Agropec Bras.**v.44, v.1092-9. 2009.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas.** 2003. 247 f. Tese (Doutorado Agronomia – Área de concentração: Biodinâmica dos Solos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GATIBONI, L.C. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 691-699, 2007.

GOEDERT, W. J., LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de cerrado. **Revista brasileira de ciência do Solo**, v. 8, p. 97-102. 1984.

GOEDERT, W. J.; SOUZA, E. Eficiência de fertilizantes fosfatados. In: SIMPOSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. P. 255-289.

GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. **Fósforo.** In: GOEDERT, W. J., ed. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo, Nobel. p.129-166. 1986.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 37, p. 249-315, 1984.

HOARE, J. **Phosphate raw materials and fertilizers:** Part II – A case history of marginal raw materials. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E.J. The role of phosphorus in

agriculture. Madison: American Society of Agronomy, 1980p. 121-128.

HOROWITZ, N. & MEURER, E.J. **Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais**. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S., eds. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, p.665-682. 2004.

KAMINSKI J.; PERUZZO G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria - RS, 1997 - Boletim Técnico no.3, 31p.

KLIEMANN, H. J.; LIMA, D. V. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais e sua influencia MP fósforo disponível em dois solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 111-119, 2001.

KORNDÖRFER, G. H. **Fósforo na cultura da cana-de-açúcar**. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 1-10.

LISBOA, L. A. M. **Efeitos da fosfatagem em pré-plantio nas condições químicas do solo e no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar**, 2014.75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Dracena/Campus de Ilha Solteira. Dracena/Ilha Solteira, SP, 2014.

LOUREIRO, F. E. V. L, MELAMED, R. **O fósforo na agricultura brasileira**. CETEM/MCT. 2006.

MCBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1994. 406p.

MIYAZAWA K, TAKEDA M, MURAYAMA T, WATANABE K. Combining pre-transplanting phosphorus application and green manure incorporation: a trial for reducing fertilizer. **Soil Sci Plant Nutr**. v.57. p.128-37. 2011.

Moretto, J.L. **Termofosfatos: eficiência agrônômica e alterações químicas em solos com diferentes concentrações iniciais de fósforo**. 2017. 83f. Dissertação(Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017.

MOURA, A. B. **Produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar sob diferentes fontes e doses de fósforo**. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado - Produção Vegetal)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2014.

NOVAIS, R. F. de ; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399 p.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p

NOVAIS RF, SMYTH TJ, NUNES FN. FÓSFORO. IN: NOVAIS RF, ALVAREZ VH, BARROS NF, FONTES RLF, CANTARUTTI RB, NEVES JCL. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA JUNIOR, J. A. **Adubos fosfatados como fonte de metais pesados: efeito na composição do solo e do arroz**. 2001. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia Nuclear Na Agricultura, Departamento de Centro de Energia Nuclear Na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 30, v. 1, p. 01-50, 1978.

PEDROLO, C. Fósforo. Centro Universitário Franciscano, UNIFRA, 2014. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/elementos-quimicos/fosforo/>>. Acessado em 15 de outubro de 2018.

PENATTI, C.P. **Adubação da cana de açúcar**. Ed. Ottoni, 2013, 349p

PROCHNOW, L.I.; ALCARDE, J.C. & CHIEN, S.H. **Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados**. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S., eds. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos. p.605- 651. 2004.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Annual Review of plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, 1999, p. 665-686

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo; Agrônômica Ceres, 1991. 343 p.

RAIJ, B. V. **Fósforo no solo e interação com outros elementos**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 107-114.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute; 2011. 420 p.

RAIJ, B. V, et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agrônomo, Campinas, 2001. 285p.

ROSSETTO, R. et al. **Fósforo**. In: DINARDOMIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 271-288. 2010.

SAAB AA, PAULA RDA. O mercado de fertilizantes no Brasil: diagnósticos e propostas de políticas. **R Polit Agric**. v.17. p.5-24. 2008.

SÁ, J. C. M. Adubação fosfatada no Sistema de plantio direto. IN: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 2004. 726p.

SANCHEZ, P.A.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F.E. et al. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: ASA. p.471- 514. 1980.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

SHARANGI AB, SAHU PK. Effect of placement and dose of phosphatic fertilizers on onion. **J Plant Nutr.**v.32;p.1901-13. 2009.

SOUSA, D. M. de; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do cerrado**. In: YAMADA, T.; ABDALA, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 107-114.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, A. T. **Adubação fosfatada**. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 147-168.

SOUSA JUNIOR, P. R. **Modos de aplicação e doses de fósforo na cana-de-açúcar em distintos manejos de solo**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016. 52p.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. **Fósforo – Essencial para a vida**. In: YAMADA, T.; ABDALA, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 1-10.

TARUMOTO, M. B. **Eficiência de uso de fósforo por dois genótipos de cana-de-açúcar cultivados em solução nutritiva**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 55 f. . 2016

TOMAZ, H. V. de Q. **Fontes, doses e formas de aplicações do fósforo na cana-de-açúcar**. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

VITOUSEK, P.M. et al. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen-phosphorus interactions. **Ecological Applications**, Tempe, v. 20, n. 1, p. 5-15, 2010.

WAGGMAN, W.H. Phosphoric acid and phosphate fertilizers. Hafner Publishing Company. 680p. 1969.

WATT, M.; EVANS, J.R. Proteoid roots physiology and development. **Plant Physiology**, v.121, p.317-323, 1999.



Fone: (34) 3236-8611

Cel. (34) 99173-6271

Uberlândia - MG

rita@composer.com.br



COOPERCITRUS
cooperativa de produtores rurais



SICOOB
Crediara