

## **BOLETIM TÉCNICO UFT**

### **A Cultura da batata-doce como fonte de matéria prima para produção de etanol**

Elaboração:

1 - Márcio Antônio da Silveira (Organizador), Engenheiro Agrônomo, Doutor em Melhoramento, Professor Adjunto III, Engenharia Ambiental – UFT, [marcio@uft.edu.br](mailto:marcio@uft.edu.br)

2 - Fabiano Rodrigues de Souza, Biólogo. Doutor em Biotecnologia, [frsbio@hotmail.com](mailto:frsbio@hotmail.com)

3 - Tarso da Costa Alvim, Zootecnista, Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Professor Adjunto III – Engenharia de Alimentos – UFT, [tarso@uft.edu.br](mailto:tarso@uft.edu.br)

4 - Luiz Eduardo Dias, Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos, Professor Associado, Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, [ledias@ufv.br](mailto:ledias@ufv.br)

5 - Wesley Rosa Santana, Engenheiro Ambiental. Mestre em Agroenergia, [wesleysantana@yahoo.com.br](mailto:wesleysantana@yahoo.com.br)

6 - Marysa de Kássia Guedes Soares Vital, Engenheira Química, Mestre em Biotecnologia - LASPER/UFT, [marysa@uft.edu.br](mailto:marysa@uft.edu.br)

7 - Giani Raquel dos Santos Resplandes Gouvêa. Técnica em Laboratório – LASPER/UFT. Mestranda em Agroenergia, [gianiraquel@uft.edu.br](mailto:gianiraquel@uft.edu.br)

8 – Douglas Martins da Costa, Biólogo, Mestrando em Agroenergia – LASPER/UFT, [douglasbio@uft.edu.br](mailto:douglasbio@uft.edu.br)

**Equipe de Apoio Técnico – Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a Partir de Fontes Renováveis – LASPER / UFT**

## Sumário

Apresentação.....	8
1. A batata-doce como fonte de matéria prima alternativa para produção de etanol.....	10
2. Origem, classificação, fisiologia e exigências climáticas da batata-doce.....	9
3. Formas de Propagação.....	11
4. Cultivares.....	13
5. Preparo e Correção do Solo, Adubação e Plantio.....	16
6. Tratos Culturais.....	19
7. Principais Pragas.....	20
7.1 Broca da raiz.....	20
7.2 Vaquinha ou Bicho alfinete( <i>Diabrotica speciosa</i> ).....	20
7.3 Vaquinha ( <i>Diabrotica bivitula</i> ).....	20
7.4 Vaquinha ( <i>Sternocolaspis quatuordecimcostata</i> ).....	21
7.5 Larva arame ( <i>Conoderus sp.</i> ).....	21
7.6 Broca do coleto ou broca das ramas ( <i>Megastes pusialis</i> ).....	21
8. Doenças.....	21
8.1 Nematóides causadores de galhas.....	22
8.1.1 Medidas de Controle.....	23
8.1.2 Cultivares Resistentes.....	23
8.2 Mal-do-pé ( <i>Plenodomus destruens</i> ).....	24
8.2.1 Medidas de Controle.....	25
8.2.2 Cultivares Resistentes.....	25
8.3 Medidas Gerais para Controle de doenças.....	26
9. Colheita e Armazenamento.....	26
10. Processos e bioprocessos utilizados para produção de etanol a partir da batata-doce.....	27
10.1 Controle de qualidade e monitoramento.....	32
10.2 Usina flex.....	33
10.3 Coluna de destilação tipo zigue zague.....	31
10.4 O Uso de biorreator na produção de amilases ( <i>in plant</i> ).....	33
10.5Planejamento Experimental (Planejamentos de Experimentos Sequenciais) na Produção de amiloglucosidase para hidrólise de biomassa amilácea de batata-doce.....	32
11. Utilização de Co-produtos Resultantes da Produção de Etanol de Batata-Doce.....	36
11.1 Principais co-produtos.....	37
11.1.1 Resíduo Úmido.....	38

11.1.2 Resíduo Seco.....	38
11.2 Outros Compostos.....	39
11.2.1 Beta-Glucano.....	39
12. Referências.....	38
ANEXOS.....	45

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema do processo de produção de etanol utilizando raízes de batata-doce como matéria prima, na mini-usina localizada no CTAA-Centro Tecnológico Agroindustrial e Ambiental da UFT, Campus de Palmas-TO, 2014.....	31
<b>Figura 2.</b> Ciclo de produção do etanol de batata-doce e seus co-produtos.....	37
<b>Figura 3.</b> Resíduo úmido de batata-doce após processos de trituração, sacarificação, fermentação alcoólica e destilação.....	37
<b>Figura 4.</b> Secagem do resíduo em estufa com circulação de ar, a 55°C, por 72 h.....	38
<b>Figura 5.</b> Resíduo de batata-doce após processos de trituração, sacarificação, fermentação alcoólica, destilação e secagem.....	38
<b>Figura 6.</b> Apresentação comercial do Beta-glucano.....	39

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> -Cultivares de batata-doce industrial para produção de etanol nas condições do Estado do Tocantins - Universidade Federal do Tocantins – UFT.....	17
<b>Tabela 2</b> - Definição do Fator Y conforme a textura do solo.....	19
<b>Tabela 3</b> -Composição centesimal aproximada do resíduo seco.....	38

## APRESENTAÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L)) é uma planta cultivada em regiões, localizadas entre o trópico de câncer e de capricórnio, e entre latitudes de 42° N até 35° S. Ela apresenta uma ampla adaptação, que pode ser observada desde o nível do mar até 3000 m de altitude. Por esta razão o cultivo tem sido constatado em locais com climas diversos, a exemplo da Cordilheira dos Andes; da Amazônia, com clima mais temperado como do Rio Grande do Sul e outras regiões, Costa do Pacífico, e outros continentes como o Africano e Asiático. A batata-doce, no entanto, apresenta uma melhor adaptação ao clima tropical, nestas regiões, além de constituir uma fonte para alimentação humana, com bom conteúdo nutricional, se mostra também como uma ótima alternativa para alimentação animal. Para indústria a produção de farinha, amido e etanol também ganham importância a cada dia que passa. Quando comparada com as culturas do milho, arroz, sorgo e banana, a batata-doce pode ser considerada como uma das plantas mais eficientes em quantidade de energia líquida produzida por unidade de área e por unidade de tempo. Esta eficiência se deve ao fato da produção de um grande volume de raízes em um ciclo relativamente curto (5 a 6 meses), podendo neste caso obter duas safras por ano.

Segundo a CIP - International Potato Center- (2014) a batata-doce está entre as culturas de maior importância do mundo. Com uma produção anual superior a 105 milhões de toneladas, ela ocupa o sexto lugar, depois do arroz, trigo, batatas, milho e mandioca, dos quais 95% são produzidos em países em desenvolvimento, onde ocupa o quinto lugar entre as mais importantes culturas alimentares. De acordo com os dados da FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations - (2013), no quadro mundial, entre os maiores produtores de batata-doce, a China destaca-se como a maior produtora, tendo produzido em 2012, mais de 73 milhões de toneladas (equivalente a 75 % da produção mundial). No mesmo ano o Brasil ocupou o 19º lugar entre os países que mais produziram. No entanto, entre os países da América do Sul, o Brasil surge como o principal produtor, contribuindo com 479.425 mil toneladas, obtidas em uma área estimada de 40.120 hectares.

O Brasil é o principal produtor de batata-doce da América do Sul (FAO, 2013). Contudo, o investimento na cultura de batata-doce é muito baixo no Brasil, e o principal argumento contrário ao investimento em tecnologia é que a lucratividade da cultura é baixa. Isso decorre do pequeno volume individual de produção, ou seja, muitos produtores ainda tendem a cultivar a batata-doce como cultura marginal, com o raciocínio de que, gastando-se o mínimo, qualquer que seja a produção da cultura constitui um ganho extra (SILVA, 2002). A baixa lucratividade da batata-doce acabou por evidenciar a necessidade da busca de outros caminhos mais atrativos para exploração da cultura. Apesar de apresentar um excelente potencial, com multiplicidade de uso, muito pouco estudo foi efetivamente realizado. Dentre as várias possibilidades de uso da cultura, podemos destacar a produção de etanol.

Foi baseado nesta experiência que a equipe de pesquisadores do Tocantins – Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis – LASPER/ UFT, iniciou um estudo visando desenvolver cultivares de batata-doce com características específicas para produção de etanol. Depois de sete de anos de estudo foram desenvolvidos equipamentos, para então testar as dez novas cultivares em um sistema industrial próprio para a batata-doce. Após os ajustes e definição de processos e bioprocessos, chegou-se a um sistema (indústria e cultivares) capaz de ser implantado com sucesso. Passados as fases de pesquisa, melhoramento genético da cultura e aperfeiçoamento de equipamento a Universidade vem a público divulgar a tecnologia desenvolvida buscando com isso viabilizar a produção de etanol no Estado do Tocantins. Os resultados apresentados aqui poderão permitir a integração econômica e social, e acima de tudo com sustentabilidade ambiental. Com isso uma nova alternativa para agricultura familiar se configura no Estado, podendo se estender para toda Amazônia e demais regiões.

## 1. A batata-doce como fonte de matéria prima alternativa para produção de etanol

A batata-doce é uma das culturas mais eficientes, quando se trata de aproveitar a energia solar e convertê-la em energia química. Ela é rústica e pode ser cultivada em solos onde outras culturas mais exigentes não poderiam ser cultivadas, a exemplo da cana-de-açúcar e do milho, que respondem atualmente pela quase totalidade da produção de etanol no mundo.

Com as fortes evidências das mudanças climáticas e associadas à perspectiva do fim do petróleo em 2050 a busca por novas fontes de matérias-primas para produção de etanol passa a ser uma prioridade internacional, que certamente irá redefinir um novo posicionamento geopolítico em função da entrada dos países na rota de produção dos biocombustíveis. O Brasil é reconhecidamente um país detentor de tecnologia do etanol a partir da cana-de-açúcar há mais de trinta anos. Neste caso ele se constitui um exemplo de sucesso. O biocombustível produzido a partir da cana pode ser considerado como de primeira geração, pois ocupa um nicho privilegiado de terras férteis e muito valorizadas. Entretanto as extensões de terras no país assim como as variações de solo e clima evidenciam uma necessidade de se buscar novas matérias-primas que possam ocupar uma faixa de solo menos valorizada, de forma a produzir os chamados biocombustíveis de segunda geração.

A exploração de outras fontes de matéria prima para produção de etanol se faz necessária, dada à dimensão territorial do Brasil. A diversificação da matriz bioenergética pode ser uma nova oportunidade de emprego e geração de renda. A busca de novas fontes de matéria prima para produção de etanol deve ser estudada de forma a oferecer mais opções às diferentes realidades de solo e clima do país. Neste cenário, têm-se realizado estudos sobre a cultura da batata-doce, no Tocantins. As cultivares de batata-doce desenvolvidas pela UFT tiveram como foco principal a agricultura familiar. Este é o público alvo que ainda não tinha sido beneficiado pelo novo e crescente mercado do etanol em nível mundial. Este mercado representa muito para o país e novas áreas deverão ser exploradas, mas respeitando as reais aptidões para cada cultura.

As cultivares lançadas pela equipe da UFT, tem se mostrado, em solos tocantinenses, altamente produtivas, visto que os resultados apontam para produtividades que podem variar de 120 a 199 litros de etanol por tonelada de raiz. Com estes valores os agricultores podem obter rendimentos que variam de 4600 a 10.000 litros de etanol por hectare. Considerando que a cada tonelada de raiz pode-se obter 150 kg de resíduo, que não é vinhoto, mas sim constituído por uma massa rica em proteína que pode ser utilizada diretamente para alimentação animal. Desta forma a integração etanol/ração proporciona um elevado processo de agregação de valor à produção de etanol associado à pecuária de leite e corte, podendo significar para a agricultura familiar uma boa alternativa, na medida em que o etanol da batata-doce pode ser comercializado tanto para o mercado de álcool carburante como para o mercado para o álcool fino.

Para o mercado de biocombustíveis, o etanol da batata-doce apresenta parâmetros técnicos



compatíveis com as exigências da Agência Nacional de Petróleo – ANP (Resolução 36). Além desta possibilidade o etanol da batata-doce, por ser um álcool fino, poderá também ser destinado ao mercado farmacêutico, para a indústria de cosmético, e principalmente para indústria de bebidas finas. Neste setor vale ressaltar que o Brasil importa por volta de 75% do etanol fino, fabricado a partir de cereais (álcool de fontes amiláceas). Estas duas possibilidades de mercado consolidam ainda mais esta nova alternativa.

A grande vantagem do etanol da batata-doce é voltada para o sistema de agricultura familiar, pois a implantação de miniusinas (1200 litros/dia) só pode ser viável economicamente para este modelo. Este empreendimento pode significar uma ótima opção para as famílias, que hoje se encontram sem alternativa. Uma das vantagens para implantação de miniusinas é o custo compatível com o financiamento existente hoje para agricultura familiar. As vantagens comparativas e competitivas para a cultura da batata-doce são várias, dentre elas pode-se destacar a ausência de queimadas, a não geração de vinhoto e a rusticidade da cultura.

Em estudos realizados com o cultivo da batata-doce, esta demonstrou viabilidade econômica considerando os custos ambientais. Em comparação, os custos ambientais para a produção de um hectare de cana, poderiam inviabilizar a produção. Todavia, segundo especialistas da área, os efeitos positivos com a venda do álcool, substituindo os combustíveis fósseis compensariam os efeitos negativos durante a produção agrícola.

Os pequenos produtores de cana ou pequenos agricultores tem pouca remuneração com a produção e venda para as usinas, quem acaba lucrando realmente são as usinas. No caso da batata-doce seria aconselhável a organização em associações de pequenos produtores para implantação de miniusinas, assim como estabelecer níveis de cooperação nas etapas de plantio e cultivo, criando assim uma cadeia produtiva, que poderia baixar os custos de produção, gerando maior vantagem aos pequenos produtores. O “resíduo” obtido, após a fabricação do etanol da batata-doce é considerado um co-produto, pela qualidade protéica e pelas possibilidades de uso para alimentação animal. A ração extraída da produção do etanol é obtida a custo zero, e cada tonelada de raiz pode-se conseguir em torno de 150 kg. Por estas razões a batata-doce passa a ser uma verdadeira alternativa para agricultura familiar e ao mesmo tempo não excluindo a sua utilização para maiores escalas.

## **2. Origem, classificação, fisiologia e exigências climáticas da batata-doce**

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é uma planta tropical de origem americana, sendo, portanto, bem adaptada às nossas condições climáticas. Pode ser encontrada desde a península de Yucatam, no México, até a Colômbia. Há escritos arqueológicos encontrados na América Central, que demonstram que os Maias já utilizavam a batata-doce. Outros relatos evidenciam que ela já era utilizada há mais de 10 mil anos.

É uma espécie dicotiledônea, da família Convolvulaceae, que pode agrupar mais de 1000 espécies,

mas somente a batata-doce tem expressão econômica. Ela possui caule herbáceo, sendo de hábito prostrado, com ramificações, de tamanho, cor e pilosidade bastante distintas, apresentando folhas largas com formato, cor e recortes variáveis. As flores são hermafroditas, porém são de fecundação cruzada devido ao mecanismo de autoincompatibilidade. As sementes são formadas em cápsulas deiscentes, em número dois, três ou quatro de tamanho muito pequeno (6mm) de cor castanha escura. A partir do processo de fertilização da flor até à deiscência do fruto podem transcorrer 40 dias. Vale lembrar que cada semente botânica pode gerar um clone, que em potencial pode originar uma nova cultivar. Em uma única cápsula deiscente, ao se obter quatro sementes pode-se ter então quatro cultivares em potencial, com características completamente distintas. Esta alta variabilidade tem permitido aos melhoristas elevados ganhos nos processos de seleção. Estas combinações genéticas diversificadas são devidas à autoincompatibilidade e ao fato da batata-doce ser um hexaplóide ( $2n=2x=90$ ), com noventa cromossomos.

As raízes de batata-doce podem ser de dois tipos: a raiz de reserva ou tuberosa (e não tubérculo), que é a principal parte de interesse comercial e o outro tipo seria a raiz absorvente, que neste caso é a responsável pela absorção de água e de extração de nutrientes do solo. A identificação das raízes tuberosas é facilmente visualizada. Elas se formam desde o início do desenvolvimento da planta, e por isso ela apresenta uma maior espessura, e com poucas raízes secundárias; uma vez que elas se originam dos nós. Já as raízes absorventes se formam a partir do meristema cambial, tanto dos nós quanto nos entrenós. Neste caso elas são muito presentes, em grandes quantidades, e se ramificam muito, o que acaba favorecendo a absorção de nutrientes. As raízes podem apresentar formatos os mais variados: redondo, oblongo, fusiforme ou alongado. Pode-se constatar também a presença de veias e dobras nas raízes, assim como casca lisa ou rugosa. Apesar do formato para indústria não ser uma característica importante, deve-se observar, que além do componente genético que contribui para a definição do formato, o tipo de solo, como presença de torrões, pedras, e compactação podem afetar diretamente no formato. Por esta razão é a que a cultura se adapta melhor a solos de textura média ou arenosa, leves, soltos, arejados, permeáveis e cálidos. Solos argilosos, pesados, úmidos e frios acabam sendo totalmente inadequados.

Um aspecto marcante da cultura da batata-doce se refere à cor de casca e da polpa. Estas apresentam colorações bem variáveis, com cores que vão do branco, salmão, creme, amarelo, chegando até ao roxo. A escolha das cores depende muito da preferência do mercado (quando o destino for para mesa), mas para indústria o mais importante é observar que a cor da polpa tem sido mais decisiva na escolha da cultivar que apresenta de maneira geral os maiores teores de matéria seca. Estudos mostram que o teor de matéria seca está altamente correlacionado com o teor de amido (WANG, 1982). Desse modo esta informação pode incentivar os agricultores em adotar cultivares de batata-doce de melhor qualidade (alto teor de amido), em vez de perseguir apenas a quantidade.

Para um bom desenvolvimento vegetativo, a planta exige temperatura média superior a 24°C, preferindo clima quente para sua produção. Em temperaturas menores que 10°C o desenvolvimento

vegetativo é bastante reduzido podendo ser até mesmo paralisado, tendo como consequência uma queda acentuada de produtividade. Estas condições climáticas explicam a razão pela qual as maiores áreas cultivadas com batata-doce se localizam em regiões quentes do país.

Quanto ao regime pluviométrico, a cultura deve ser implantada em regiões/locais com média anual de 750 a 1000 mm de chuva, sendo que cerca de 500 mm são necessários durante a fase de crescimento.

Uma atenção especial deve ser dada para a fase crítica de disponibilidade de umidade no solo. Esta ocorre exatamente na primeira semana após o plantio. Isto acontece porque as ramas-semente não possuem ainda um sistema radicular devidamente estabelecido para explorar a umidade contida nas camadas inferiores do solo. Neste período é necessário realizar pelo menos duas irrigações, sendo a primeira logo após o plantio, visando promover o contato do solo com as ramas, de forma a favorecer a manutenção da umidade do tecido vegetal. Esta etapa bem executada deve assegurar uma maior taxa de pegamento das mudas, evitando com isso o replantio.

O solo para batata-doce, quanto à umidade, deve ser preferencialmente arenoso, bem drenado e sem a presença de alumínio tóxico. Quanto à capacidade de drenagem do solo, deve-se estar atento quanto às limitações de um solo mal drenado, com lençol freático pouco profundo, ou sujeito a longos períodos de encharcamento, pois pode causar a formação de raízes longas, denominadas de chicote. Esta formação pode reduzir drasticamente a produtividade da cultura.

No Estado do Tocantins o cultivo da batata-doce pode ocorrer durante o ano todo, desde que se utilize irrigação. A temperatura mínima de 22°C e máxima de 38°C, associada às precipitações média de 1500 mm anuais, se mostram altamente favoráveis para obtenção de elevadas produtividades.

### **3. Formas de propagação**

O agricultor tem duas opções para implantar a cultura da batata-doce em sua propriedade: por meio de ramas-sementes ou estacas de plantas que estejam em condições de campo; ou por meio de cultivo de batatas em viveiro, onde as mesmas são plantadas para obter das suas brotações as ramas-sementes.

No primeiro sistema as ramas-sementes serão selecionadas em condições de campo, de uma lavoura bem conduzida, em bom estado fitossanitário, onde serão coletadas ramas-sementes contendo de seis a oito entrenós (cerca de 30 cm). As ramas deverão ser retiradas das partes mais novas do caule, com 60 cm da extremidade das ramas. É nesta região que as chances são maiores de enraizamento rápido, além de apresentarem um menor índice de contaminação por fungos, pragas e outros patógenos. Este é o sistema mais barato e o mais adequado para o Tocantins e outras regiões tropicais. Quando o destino for o cultivo da batata-doce para indústria, em especial para produção de etanol, devem-se utilizar níveis tecnológicos mais avançados, pois o produto obtido, etanol, possui preços compensativos justificando assim maiores investimentos no processo de produção de mudas. Desta forma as ramas – sementes, assim que retiradas,

podem ser submetidas ao tratamento com fungicidas e inseticidas, antes de plantá-las no local definitivo. Neste sistema as ramas-sementes devem ser retiradas quando as plantas tiverem de 2 a 3 meses. Nesta fase elas estão em pleno crescimento vegetativo e a retirada das ramas não prejudica a produção, pois as folhas remanescentes são suficientes para dar continuidade ao desenvolvimento da planta, nesta situação ocorre rapidamente a formação de novas ramas.

O segundo sistema é mais adequado para locais com inverno muito rigoroso, quando não se tem a opção de obter material de reprodução em lavouras em crescimento no campo. Este sistema também pode ser utilizado para ocasiões em que se deseja produzir mudas de alto padrão de vigor e limpa de pragas e doenças. Para utilização deste sistema deve-se construir um viveiro fechado com tela para proteção de insetos. Dentro do viveiro deverão ser levantados canteiros ou leiras distanciadas de 80 cm espaçadas pelo menos 10 cm entre si. As batatas devem ser cobertas com cerca de 3 cm de terra. Logo após o plantio das batatas as leiras deverão receber irrigação, mas com o devido controle, para não deixar o solo muito úmido levando as raízes ao apodrecimento. Quando as plantas atingirem cerca de 30 cm, elas poderão ser cortadas a 2 cm da superfície do solo, evitando a danificação das brotações menores. Para assegurar o controle fitossanitário, as ramas-sementes (ponta de rama com 8 entrenós) deverão ser tratadas preventivamente com inseticida e fungicida, antes de ser levada para a área definitiva. Um fato importante é que a retirada das brotações maiores acaba favorecendo a formação de novos brotos, pela redução do efeito de dominância apical. Com esta prática é possível a realização de dois cortes de ramas (20 ramas/raiz). Para formar um hectare de batata-doce serão necessárias cerca de 250 a 300 kg de batatas com peso médio de 200g. O primeiro corte, dependendo das condições, deverá ocorrer após dois meses do plantio, sendo que a cada mês poderá ser realizado um a dois cortes. O número de ciclos deve ser limitado a dois devido ao fatodo provável estágio de degenerescência que as raízes tuberosas já se encontram.

Um ponto importante para este sistema de formação de mudas a partir das batatas em viveiro é a capacidade que as raízes tuberosas possuem para desenvolver gemas vegetativas. Estas gemas se formam a partir do tecido meristemático, localizado na região vascular, quando a raiz é destacada da planta ou quando a parte aérea é removida. Na prática a formação das gemas acaba sendo estimulada quando são eliminados os pontos de crescimento da parte aérea, deixando assim que o efeito de dominância apical não seja mais efetivo. Desse modo pode-se concluir que enquanto a cultura está em crescimento as raízes tuberosas não apresentam gemas ou quaisquer outras estruturas diferenciadas na polpa. Quando a parte aérea é eliminada e o ocorre a formação de gemas, tem-se então uma nova estrutura com meristema apical. Assim, as primeiras gemas que se formarem irão inibir a formação de outras. Por esta razão haverá uma concentração de brotos e novas ramas em uma determinada região. Isto facilita a retirada das mudas e um controle mais efetivo do estado de sanidade das mesmas.

A transformação dos tecidos meristemáticos em pontos de crescimento (gemas) dura de 3 a 4 dias, dependendo das condições de acondicionamento das ramas-sementes. Por isso é importante que as ramas

fiquem armazenadas em local fresco e úmido, evitando-se em parte a sua desidratação e facilitando com isto um maior índice de pegamento das mudas, pois o enraizamento será mais rápido. O agricultor tradicional de batata-doce chama esta operação como “descanso”.

#### 4. Cultivares

Para a recomendação das cultivares para o plantio devem-se observar vários fatores que podem influenciar na escolha correta. Dentre os mais importantes pode-se destacar a finalidade da cultivar, podendo ser para mesa ou indústria. Para produção de etanol deve-se levar em consideração que a característica mais importante é o elevado teor de matéria seca. Isto se deve ao fato de que a indústria efetuará o pagamento não pela tonelada de raiz, mas pelos teores de amido, que por sua vez estão altamente correlacionados com a matéria seca. Características como resistência a insetos de solo, nematóides e elevada produtividade deverão auxiliar muito os técnicos e agricultores a optarem por uma cultivar capaz de viabilizarem o empreendimento. Baseado nestas características a Universidade Federal do Tocantins, através da equipe de pesquisadores do LASPER, desenvolveu dez cultivares voltadas especificamente para indústria de etanol, adaptadas as condições do Tocantins, conforme são apresentados a seguir:

**1 - ANA CLARA** é uma cultivar que possui película externa rosada, de polpa creme e com baixo teor de fibras com formato alongado. No Estado do Tocantins pode ser cultivada o ano todo desde que se disponha de irrigação. Produz batatas em forma de cachos em cada pé e apresenta ciclo médio, podendo ser colhida a partir dos 150 até os 180 dias. Apresenta resistência aos insetos de solo, e se colhida tardiamente, produz batatas de elevado peso médio. Para a indústria a colheita deve ocorrer aos seis meses quando as raízes atingirem o peso médio de (200-700g). A produtividade nos últimos cinco anos, corresponde a uma média de 45,7 t/ha em um ciclo de seis meses. Esta cultivar apresenta, aproximadamente, 35,4% de matéria seca, o que representa em termos de rendimento 154,4 litros de etanol por tonelada de raiz nas condições do Estado do Tocantins, podendo chegar a render 7.057 litros de etanol por hectare.

**2 – AMANDA** é uma cultivar que possui película externa branca e polpa creme. Apresenta polpa com baixo teor de fibras e moderada resistência aos insetos de solo, formato das raízes é alongado, oval, redondo e desuniforme. Por ser uma cultivar apropriada para indústria, apresenta raízes bem desenvolvidas com pesos superiores a 500g. É uma cultivar de ciclo precoce, muito produtiva, podendo ser colhida a partir dos 120 até os 150 dias. A produtividade média obtida, no Tocantins, em um ciclo de cinco meses foi de 46,7 t/ha, com 32,35% de matéria seca. Os rendimentos obtidos com esta cultivar é da ordem de 141,24 litros de etanol por tonelada de raiz, o que pode conferir uma produtividade de 6.595 litros de etanol/hectare.

**3 – DUDA** é uma cultivar que possui película externa roxa e polpa branca, de formato irregular, alongado,

redondo e muito desuniforme. Apresenta resistência aos insetos de solo, por ser uma cultivar tardia, a colheita deve ser realizada 180 dias após o plantio, para um melhor aproveitamento da indústria. A produtividade média obtida, nos últimos cinco anos, foi de 65,5 t/ha, em ciclo de seis meses, podendo ser colhida também com sete meses. O teor de matéria seca é de 40,4%, podendo conferir neste caso rendimentos de 161,04 litros de etanol por tonelada de raiz. Em função de sua elevada produtividade esta cultivar é considerada a mais produtiva para indústria, nas condições do Tocantins, por combinar em um único genótipo elevado teor de matéria seca e produtividade o que resulta em produções de 10.467 litros de etanol por hectare.

**4 - CAROLINA VITÓRIA** possui película externa roxa, polpa branca, tem formato irregular, alongado, redondo, oval e muito desuniforme. Para indústria é uma cultivar muito competitiva, por apresentar o maior teor de amido (30,2%) o que lhe confere a maior produtividade de etanol por tonelada de raiz, em relação às demais (199,3 L/t). Vitória apresenta um ciclo tardio, podendo ser colhida por volta de 180 dias, com produtividade de 32,17 t/ha. Apresenta também uma produção de 6.412 litros de etanol por hectare, além de se mostrar resistente aos insetos de solo.

**5 - JULIA** possui película externa branca e de polpa branca. O formato das raízes é alongado e fusiforme. O ciclo é precoce, muito produtiva (40,56 t/ha), podendo ser colhida a partir dos 120 ou 150 dias. O teor de matéria seca não é tão alto (37,30%) quanto às demais cultivares, no entanto considerando sua elevada produtividade e precocidade a tornam uma cultivar com capacidade de produção de 6.585 litros de etanol por hectare. Com relação aos insetos de solo, apresenta moderada resistência e tem demonstrado bom nível em condições de campo.

**6 - BÁRBARA** é uma cultivar de película externa roxa, polpa creme, com formato variável, que pode ser alongado, com aspecto fusiforme e redondo. A colheita deverá ocorrer 180 dias após o plantio, portanto, é uma cultivar de ciclo tardio. Apresenta moderada resistência aos insetos de solo. A produtividade verificada durante os cinco anos de ensaios, foi de 37,70 t/ha, com 33,23% de teor de matéria seca o que lhe confere uma produção de 153,12 litros de etanol por tonelada de raiz e 5.772,62 litros de etanol por hectare.

**7 - LIVIA** possui película externa rosa clara, com polpa de cor creme claro. O formato da raiz é alongado-fusiforme. Pode ser colhida 150 a 180 dias após o plantio, portanto, é de ciclo médio. Apresenta resistência moderada aos insetos de solo, e 36,30% de matéria seca. A produtividade obtida nos últimos cinco anos de ensaios, foi de 36,40 t/ha o que lhe permite uma produção de 165,66 litros de etanol por tonelada de raiz e rendimentos de 6.030 litros de etanol por hectare.

**8 - MARCELA** é uma cultivar de película externa rosada, polpa creme e com formato irregular. Pode ser

colhida com 180 dias, sendo, portanto, de ciclo médio. A produtividade média obtida nos últimos cinco anos de ensaios foi de 36,80 t/ha. Ela apresenta, aproximadamente, 40,8% de matéria seca. A produtividade mostrada foi de 146,52 litros de etanol por tonelada de raiz, apresentando com isso rendimentos de 5.391,93 litros de etanol por hectare.

**9 – IZABELA** possui película externa branca e polpa creme. O formato das raízes é alongado, oval redondo e desuniforme. É uma cultivar de ciclo precoce, muito produtiva, podendo ser colhida a partir dos 120 aos 150 dias. A produtividade média obtida, nos ensaios dos últimos cinco anos, foi de 37,20 t/ha, com 28,56% de matéria seca. Apesar de uma baixa produtividade de etanol por tonelada de raiz (124,08 L/t), o rendimento de 4.615 litros de etanol por hectare associado a sua precocidade a torna uma alternativa para indústria.

**10- BEATRIZ** possui película externa branca e de polpa creme. O formato das raízes é alongado, fusiforme e redondo. É uma cultivar de ciclo médio devendo ser colhida até 180 dias. As produtividades obtidas nos últimos cinco anos foram de 43,00 t/ha, com 33,24% de matéria seca. O rendimento para produtividade foi 172,92 litros de etanol por tonelada de raiz, o que significa uma produção de 7.435,56 litros de etanol por hectare.

As cultivares foram desenvolvidas no período de 1997-2007, no qual foram realizadas, coletas, seleções e ciclos de seleção recorrente. Entre etapas de laboratório e campo foram avaliados os principais clones, conforme parâmetros estabelecidos pelo programa de produção de etanol (Tabela 1).

**Tabela 1** -Cultivares de batata-doce industrial para produção de etanol nas condições do Estado do Tocantins - Universidade Federal do Tocantins – UFT.

<b>Cultivares</b>	<b>Prod. (t/ha)</b>	<b>Amido(% )</b>	<b>Etanol (L/t)</b>	<b>Etanol (L/ha)</b>	<b>Insetos de solo*</b>	<b>Casca</b>	<b>Polpa</b>
<b>Duda</b>	65,50	24,4	161,04	10467,0	1,8	Roxa	Branca
<b>Amanda</b>	46,70	21,4	141,24	6595,00	2,2	Branca	Creme
<b>Ana Clara</b>	45,70	23,4	154,44	7057,90	1,4	Rosada	Creme
<b>Beatriz</b>	43,00	26,2	172,92	7435,56	3	Branca	Creme
<b>Julia</b>	40,56	24,6	162,36	6585,32	2,7	Branca	Branca
<b>Bárbara</b>	37,70	23,2	153,12	5772,62	2,2	Roxa	Creme
<b>Izabela</b>	37,20	18,8	124,08	4615,77	2,4	Branca	Creme
<b>Marcela</b>	36,80	22,2	146,52	5391,93	2,4	Rosada	Creme
<b>Lívia</b>	36,40	25,1	165,66	6030,02	1,6	Rosada	Creme
<b>Carolina Vitória</b>	32,17	30,2	199,32	6412,12	1,2	Roxa	Branca

\*Resistência aos insetos de solos: foi atribuída uma escala de notas para classificar as cultivares quanto à resistência: Resistente (R): 1-2, Moderadamente Resistente (MR): 2-3; e Suscetível (S): 4-5.

Os resultados das pesquisas apontam a batata-doce industrial como matéria prima com potencial para ser usada na complementação do setor sucroalcooleiro, podendo, inclusive ser aproveitada em períodos da entressafra da cana-de-açúcar, além de poder ser cultivada em solos para rotação de cultura e também em solos que não permitem o cultivo da cana-de-açúcar.

Algumas destas cultivares industriais foram avaliadas em Mato Grosso em solos bem estruturados utilizados para cultivo de cana-de-açúcar onde obtiveram resultados superiores aos obtidos no Tocantins. Podem-se esperar melhores rendimentos para as cultivares quando as condições de solo forem melhores do ponto de vista físico-químico e biológico. Essa situação tem ocorrido frequentemente, visto que a cultivar Carolina Vitoria em avaliação de produtividade agrícola no Paraná (Ponta Grossa) obteve valor médio de 63,00 t/ha, enquanto que no Tocantins (Palmas) a produtividade média verificada por Silveira et al. (2008) foi de 32,17 t/ha. Já a cultivar Duda apresentou desempenho de produtividade em campos demonstrativos utilizados em área de cultivo da cana-de-açúcar em Mato Grosso (Tangará da Serra) em média de 103,00 t/ha, enquanto que no Estado do Tocantins (Palmas) a média de produtividade relatada em estudo por Silveira et al. (2008) foi de 65,5 t/ha. As pesquisas mostram o potencial da cultura para produtividade em estudos realizados em Minas Gerais por Gonçalves Neto et al. (2012), no qual dois genótipos de batata-doce obtiveram rendimentos máximos de produtividade de 95,10 t/ha e 98,00 t/ha.

## 5. Preparo, correção do solo, adubação e plantio

A batata-doce é uma cultura tipicamente de áreas geográficas de baixa fertilidade, desenvolvendo-se bem em qualquer tipo de solo, desde os francos arenosos até os mais argilosos. Entretanto, consideram-se como ideais os solos mais leves, soltos, permeáveis, bem drenados e com boa aeração. A planta pode ser considerada como tolerante à acidez do solo, sendo mais tolerante que maioria das outras hortaliças, podendo crescer e produzir bem em solos com pH na faixa de 4,5 a 7,7; contudo, o nível ideal está compreendido entre 5,6 e 6,2. Uma vez, escolhido o terreno para o plantio, deve-se fazer uma boa amostragem do solo superficial (0-30 cm) para sua caracterização química e física. A partir dos resultados das análises são feitas as recomendações de correções e fertilizações do solo.

Caso haja necessidade de correção do solo, a calagem deve ser feita 90 a 60 dias antes do plantio, seguindo a seguinte recomendação proposta pela CFSEMG (1999):

$$NC = (Y \times Al^{3+}) + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})],$$

Onde:

NC = necessidade de calagem em t/ha de calcário PRNT 100%;

Y = fator de correção relacionado à capacidade tampão de pH do solo;

Al<sup>3+</sup> = acidez trocável do solo em cmol<sub>d</sub>/dm<sup>3+</sup>;



X = fator de correção relacionado às exigências da cultura quanto a Ca e Mg;

Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> = teores de cálcio e magnésio trocáveis do solo.

Obs.: O fator X recomendado para a cultura da batata-doce é de 2,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 2** - Definição do Fator Y conforme a textura do solo.

<b>Textura do solo</b>	<b>Argila (%)</b>	<b>Fator Y</b>
Arenosa	0 a 15	0,0 a 1,0
Média	15 a 35	1,1 a 2,0
Argilosa	35 a 60	2,1 a 3,0
Muito argilosa	60 a 100	3,1 a 4,0

Sempre que for necessária a aplicação de calcário, recomenda-se a aplicação de dolomítico, uma vez que a cultura é exigente em magnésio. A incorporação deve ser mais profunda que a usual, visando à correção dos 30 cm superficiais do solo. A quantidade de calcário a ser aplicada pode ser obtida a partir da seguinte fórmula:

$$QC = NC \times \frac{100}{PRNT} \times \frac{PF}{20} \times \frac{SC}{100}$$

Onde:

QC = quantidade de calcário a ser aplicada;

NC = necessidade de calagem do solo;

SC = percentagem da superfície do terreno a ser coberta;

PF = profundidade de incorporação do calcário (cm)

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado (%).

Como a recomendação para a cultura da batata-doce é a incorporação do calcário até a profundidade de 30 cm e aplicação em 100 % da superfície do terreno, a fórmula poder ser simplificada para:

$$QC = NC \times 1,5 \times \frac{100}{PRNT}$$

O solo deve ser preparado, através da aração a uma profundidade de 30 a 35 cm, com gradagens suficientes para mantê-lo solto, porém tomando-se o cuidado de não pulverizá-lo, favorecendo os processos erosivos. Quanto ao preparo das leiras ou camalhões, após aração e gradagem, o terreno deve ser sulcado a 15 cm de profundidade, utilizando sulcadores com tração animal ou mecânica, no espaçamento de 80 a 100

cm entre sulcos. Quando o terreno for plano ou ligeiramente ondulado, podem-se abrir os sulcos transversalmente, no sentido do maior declive, enquanto que, nos mais inclinados, faz-se necessário a marcação em nível.

Com esta nova possibilidade de cultivar batata-doce para produção de etanol haverá uma tendência para redução dos custos de produção e do plantio em áreas mais extensas. Para esta situação é necessário aperfeiçoar o sistema de plantio, com vistas à mecanização. O plantio mecanizado pode ser realizado com uma transplantadora de construção relativamente simples. A mesma deve ser projetada para que dois ou mais agricultores possam trabalhar sentados, em cadeiras fixas em uma plataforma ancorada por um trator. O espaço desta plataforma deve ser projetado de forma tal, que um agricultor possa mergulhar as mudas (ramas-sementes) em uma solução desinfetante (inseticida e fungicida), e os outros agricultores possam distribuir as ramas no sulco. Em seguida outra equipe, andando em solo, segue efetuando o plantio nas leiras.

Para o caso de optar pela mecanização, tanto no plantio, quanto na colheita, deve-se observar a disponibilidade no mercado para máquinas agrícolas para batata inglesa. Assim, com pequenas adaptações podemos ter novos equipamentos específicos tornando o processo de produção mais eficiente. Um fator decisivo para obtenção de maiores produtividades com a batata-doce é a realização de uma adubação criteriosa.

Na ausência de critérios de recomendação de adubação específicos para solos do Estado do Tocantins, a recomendação de adubação pode ser obtida a partir de recomendações gerais baseadas nas exigências nutricionais da cultura, ou de acordo com tabelas de recomendação. Neste Boletim são apresentadas duas recomendações que podem ser utilizadas como orientação básica: a proposta pela EMBRAPA/CNPH (Anexo 1) e a proposta pela 5ª. Aproximação para o Estado de Minas Gerais – CFSEMG (Anexos 2 e 3).

A recomendação de adubação é obtida a partir da análise do solo e interpretação de seus resultados com base nas classes de interpretação da disponibilidade de fósforo e potássio do solo, conforme o Anexo3 extraído de CFSEMG (1999). Após a interpretação e definição das classes de disponibilidade de fósforo e potássio do solo, as quantidades de  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  e N a serem aplicadas no solo, para uma produção estimada de 20 t/ha (para a finalidade de mesa) são apresentadas no Anexo2.

Ainda de acordo com a mesma recomendação, solos de textura arenosa deverão receber 10 t/ha de esterco de curral curtido ou de composto orgânico. No entanto, Santos et al. (2006) obtiveram respostas econômicas com a aplicação de até 30 t/ha em um solo franco-arenoso na Paraíba. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, juntamente com o adubo orgânico. De maneira geral a cultura da batata-doce tem apresentado respostas significativas à adubação com fósforo, inclusive para doses superiores a 200 kg/ha (OLIVEIRA et al., 2005).

Se o solo for de textura arenosa e a quantidade de potássio a ser aplicada for superior a 60 kg/ha a aplicação do fertilizante potássico deve ser dividida da mesma forma que o adubo nitrogenado: 50% no

plantio e 50% em cobertura entre 30 e 45 dias após o plantio. Os fertilizantes aplicados no plantio devem ser distribuídos e incorporados nos sulcos, sobre os quais serão construídos os camaleões, com os sulcadores, passando entre os sulcos, jogando terra para ambos os lados. Geralmente, uma passada é suficiente, para deixar os camaleões com uma altura média de 30 cm, no entanto é necessário um retoque com enxada, por ocasião do primeiro cultivo.

Para o plantio, as ramas são distribuídas, transversalmente, sobre os camaleões ou leiras, espaçadas de 25 a 40 cm entre plantas no mesmo camalhão. Logo após a distribuição pode-se utilizar o auxílio de uma haste de madeira, em formato de bengala, de maneira que as ramas possam ser enterradas pela base. De modo geral, o número de nós enterrado é diretamente proporcional ao número médio de nós. Daí, a importância de se considerar o número de três a quatro nós, que poderá dar origem a batatas com tamanho ideal para o mercado, no ciclo normal da cultura.

Devido as suas características climáticas a batata-doce é uma hortaliça que pode ser cultivada durante o período chuvoso e quente em regiões de elevadas altitudes, como no Centro-Sul do país. Para estas condições a época de plantio vai do início das chuvas (outubro) até janeiro. Contudo, para as condições de baixa altitude onde o inverno praticamente inexistente como no caso do Tocantins, pode-se plantar durante o ano todo, desde que se utilize sistema de irrigação.

## 6. Tratos culturais

A cultura da batata-doce é rústica, sendo pouco exigente em tratos culturais durante o seu ciclo. Entretanto quando a finalidade é para produção de etanol (indústria), o produto obtido possui alto valor agregado. Neste caso deve-se considerar o mercado nacional e internacional crescente, com uma forte tendência em se transformar em *commodity* internacional. Por esta razão não se recomenda o cultivo da batata-doce conforme os agricultores fazem atualmente, pois a finalidade, até o momento, tem sido o consumo *in natura*. Porém com a perspectiva da produção de etanol é necessário que os tratos culturais sejam cumpridos rigorosamente para que se consiga atingir as produtividades e resultados já previamente estabelecidos nos ensaios realizados pelo LASPER.

Dentre os tratos culturais, as capinas e amontoa são essenciais, nos primeiros meses de desenvolvimento da cultura, a partir daí, torna-se difícil trabalhar dentro da lavoura devido ao entrelaçamento das ramas. As capinas são feitas geralmente de forma manual, podendo também ser realizadas, através da aplicação de herbicidas de contato, como o paraquat (gramoxone 0,5 a 0,7 L/ha). Este procedimento deve ser praticado com jato dirigido às ervas daninhas, utilizando protetor de bico no pulverizador. O período crítico de competição de plantas invasoras se dá aproximadamente 45 dias após o plantio. Por ocasião do primeiro cultivo, recomenda-se refazer os camaleões, ou mudas (amontoa). O solo deve ser mantido sempre úmido, caso não chova suficientemente neste período, torna-se necessário fazer irrigações que podem ser

espaçadas a cada dois ou três dias, dependendo do tipo de solo e das condições climáticas da região. Após os primeiros 40 dias, pode-se irrigar a cada dez a quinze dias, até a colheita.

Todavia quando o plantio é feito de outubro a dezembro, em nossa região, as necessidades híbridas são geralmente supridas pelas chuvas, não havendo necessidade de irrigação. A batata-doce possui um sistema radicular profundo (75 a 90 cm) e ramificado, o que lhe possibilita explorar maior volume de solo e absorver água em camadas mais profundas. A batata-doce necessita para obter uma alta produtividade de 500 mm de água durante o ciclo produtivo. É importante ressaltar que as raízes de reservas se formam já no início do desenvolvimento da planta.

## **7. Principais Pragas**

### **7.1 Broca da raiz**

Um coleóptero da família Curculionidae (*Euscepespostfasciatus*) é a principal praga da batata-doce no Brasil. Trata-se de besouros medindo de 3 a 4 mm de comprimento, com coloração castanha ou marrom e manchas claras. As fêmeas depositam os ovos nas raízes e nas ramas de batata-doce. Nas ramas os ovos são colocados preferencialmente nos nós, e nas partes mais grossas, junto ao colo. Na raiz tuberosa, as fêmeas fazem um orifício de oviposição e colocam um ovo por orifício, tampando-o com material fecal, que se oxida e passa a ter uma coloração preta amarronzada. As larvas atacam tanto as ramas quanto as raízes, escavando verdadeiras galerias, onde são depositados os dejetos fecais. É nas raízes que elas se desenvolvem e provocam os maiores estragos. Quando o ataque é muito severo, os danos causados podem levar até a morte da parte aérea da planta.

Nas raízes tuberosas, as larvas cavam galerias, que podem ser superficiais ou bastante profundas, se alimentando da polpa da batata, tornando-as imprestáveis para o consumo humano e animal. As medidas de controle devem ser intensificadas, principalmente nos períodos mais quentes do ano, em função do aumento populacional do inseto neste período. Entre as medidas sugeridas, estão: a rotação de cultura; utilização de ramas sadias, com bom vigor, livre de insetos, que podem ser produzidas em viveiros; a realização de pulverizações a partir das brotações com carbaryl (500g de i.a) de 15 em 15 dias; a realização de amontoa; a destruição dos restos culturais e o não armazenamento das batatas após a colheita.

### **7.2 Vaquinha ou Bicho alfinete (*Diabrotica speciosa*)**

Coleóptero da família Chrysomelidae, suas larvas provocam pequenos furos na raiz tuberosa da batata-doce, depreciando-a para o comércio, além de favorecer a penetração de fungos e bactérias que podem causar doenças nas raízes. O adulto pode causar pequenos danos na aérea da planta.

### **7.3 Vaquinha(*Diabrotica**bivittula*)**

Quando adulto, apresenta-se como um besouro brilhante com listas brancas e escuras nos élitros. Os danos causados pelas larvas e pelo adulto são similares aos causados pela *Diabrotica**Speciosa*. Forma de controle: produção de ramas ou mudas em viveiro, após a emergência dos brotos e pulverização com carbaryl (500 g i.a./ha) em intervalos de dez em dez dias. Este processo permite obter ramas saudáveis, vigorosas e praticamente isentas de broca do coleto e outros insetos.

### **7.4 Vaquinha(*Sternocolaspis**quatuordecimcostata*)**

O adulto é um besouro verde-metálico, medindo de 7 a 10 mm de comprimento. A fêmea faz a postura dos ovos no solo e as larvas fazem pequenos furos superficiais nas raízes. O adulto se alimenta de folhas, deixando-as rendilhadas. Forma de controle: amontoa, no qual uma leira bem feita reduz consideravelmente os danos causados por pragas do solo, além de evitar a exposição das batatas ao sol.

### **7.5 Larva arame (*Conoderus**sp*)**

A larva-aramé ataca as batatas, causam furos profundos de até 5 mm de diâmetro diminuindo o valor comercial das raízes e favorecendo a entrada de patógenos diversos, como fungos e bactérias. Embora cause pequenos danos, a larva-aramé apresenta característica desejável de ser predadora de outros insetos.

### **7.6 Broca do coleto ou broca das ramas (*Megastepus**ialis*)**

As lagartas desta praga formam galerias largas dentro do caule e haste largas, podendo se estender até às batatas. As larvas depositam seus ovos no caule e nas hastes da planta próximo a base. Por esta razão recebem o nome de broca do coleto. Logo após a eclosão, as larvas penetram nas ramas, escavando galerias que podem abrigar mais de uma lagarta. Estas são inicialmente de cor rosada com pontuações escuras e, quando no último estágio, tem cor predominante rosa com pontos negros no dorso. De maneira geral as lagartas empupam por duas semanas dentro das hastes em completam o ciclo que dura, em média, 57 dias.

## **8. Doenças**

A cultura da batata-doce é conhecida pela sua rusticidade, sendo possível cultivá-la sem aplicação de agrotóxicos. Porém, em nível de campo, podem ser identificadas várias doenças causadas por fungos, vírus,

nematóides e bactérias, que em condições favoráveis podem atingir níveis prejudiciais à cultura, podendo inclusive, comprometer toda a lavoura. Por isso, recomenda-se inspecionar periodicamente as plantas no viveiro e na lavoura, para verificar a ocorrência de pragas e doenças, procedendo ao controle quando for necessário. É muito importante também conhecer a origem do material de propagação (ramas ou batatas) e o tratamento destes materiais antes de colocá-los no viveiro, de forma a evitar a introdução de pragas e doenças na área cultivada.

### 8.1 Nematóides causadores de galhas

A Batata-doce cultivada em muitos países tropicais e subtropicais pode ser infestada por nematóides de diferentes gêneros, destacando-se o gênero *Meloidogyne*, referidos como formadores de galhas. No Brasil, *Meloidogyne incognita* parece ser a espécie mais importante, sendo constituída por quatro raças fisiológicas. A raça dois tem sido constatada como a mais agressiva sendo encontrada parasitando as culturas em diferentes regiões do Brasil, inclusive no Tocantins.

Os nematóides fitoparasitas são responsáveis por doenças ligadas diretamente à produção, afetando não somente a produtividade, mas também a qualidade, consumo e aspecto comercial da batata. Alguns pesquisadores já constataram que os nematóides *Meloidogyne spp* podem causar além de galhas, defeitos como rugosidades e rachadura. Por serem organismos patogênicos que vivem no solo, os nematóides atacam as raízes de diversas plantas tendo um grande número de hospedeiros entre os quais, está grande parte das olerícolas. Este patógeno é de difícil controle, de fácil disseminação e ataca todas as culturas de importância econômica. A grande dificuldade para o controle do nematóide é o correto diagnóstico dos danos causados, tornando-se limitante principalmente pela complexidade do reconhecimento por parte do produtor, que na maioria das vezes atribuem as causas a outros fatores envolvidos na produção.

O primeiro passo no combate aos nematóides é o reconhecimento da existência do patógeno de forma adequada que só pode ser feita mediante um correto diagnóstico. Na maioria das vezes o produtor confunde o ataque de nematóides com a deficiência de nutrientes e com isso não consegue resolver o problema. No Tocantins, que tem como característica o clima quente e úmido, a espécie de *M. incognita* pode completar de quatro a cinco gerações durante o ciclo da cultura podendo com isso aumentar a população a níveis capazes de causar danos econômicos num período relativamente curto. Entre os agentes de disseminação dentro da cultura, incluem-se a água de irrigação ou de enxurradas, maquinários/implementos agrícolas com solo aderido, e no caso da batata-doce as raízes também podem contribuir para a veiculação dos nematóides inclusive a longas distâncias.

Quando as espécies de *M. incognita* parasitam intensamente as raízes, levam ao engrossamento das raízes em maior ou menor diâmetro, que dificultam a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Assim, após algum tempo as raízes podem-se apresentar parcialmente necrosadas, adquirindo coloração mais

escura e também má formação, além de determinar o aparecimento de rachaduras que muitas vezes facilitam a entrada de outros microorganismos secundários que aceleram o apodrecimento de órgãos de reserva, principalmente quando já colhidas e armazenadas. Um fato importante que vale ressaltar, é que nem toda rachadura em batata-doce é provocada por nematóides, podendo ser devido a outras causas, por exemplo, problemas fisiológicos. Todavia, em caso de dúvidas, deve-se verificar a efetiva presença do parasita através da amostra de solo coletada na área de produção suspeita.

### **8.1.1 Medidas de Controle**

Em termos de controle, a precaução ainda é a forma ideal, devendo-se priorizar a implantação da cultura em áreas livres de nematóides. A rotação de culturas apesar de ser ainda uma prática recomendada, apresenta uma séria limitação de uso prático por parte dos produtores sugerindo-se a não substituição da batata-doce por outras espécies como: tomate, feijão, quiabo, cenoura e abóbora, ou quaisquer outras hospedeiras favoráveis à multiplicação do parasita na área.

O controle químico no campo, por meio de nematicida, é praticado em apenas algumas regiões dos Estados Unidos utilizando-se produtos organofosforados ou carbamatos, como o fenamifós e o aldicarbe ou mesmo fumigantes de solo. No Brasil, dadas às características econômicas da batata-doce, que apresenta como grande vantagem o baixo custo de produção, tal modalidade de controle não tem sido utilizada no país, inexistindo inclusive produtos devidamente registrados para esse fim. O controle por meio de produtos naturais tem sido pesquisado pelo Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, com resultados muito positivos.

### **8.1.2 Cultivares Resistentes**

A utilização de cultivares resistentes é a forma ideal para o produtor, uma vez que sua utilização não implica em maiores custos, principalmente quando o material é propagado vegetativamente, como no caso da batata-doce. Nos Estados Unidos e Japão o uso de cultivares resistentes tem sido uma boa opção. No caso do Brasil a resistência não tem sido muito utilizada, em razão da pequena disponibilidade de cultivares resistentes. No Estado do Tocantins, ações conjuntas entre a Universidade Federal de Lavras, através do pesquisador, Wilson Roberto Maluf, a Universidade Federal do Tocantins e Secretaria da Agricultura com apoio do CNPq (1992-1996) resultaram em lançamento de duas novas cultivares de batata-doce, Palmas e Canuanã, resistente às espécies de *M. Javanica* e as raças fisiológicas 1, 2, 3 e 4 de *Mincógnita*. Além da resistência aos nematóides das galhas, as cultivares apresentaram também altos índices de produtividade e moderada resistência aos insetos de solo. Desta forma, o produtor do Estado pode contar com estas

cultivares, que contribuem para o aumento da produtividade e redução dos custos de produção. Para o caso destas cultivares, vale destacar que elas foram desenvolvidas para consumo in natura, e não para indústria. Contudo, a cultivar Palmas, pela sua ampla adaptação às condições do Tocantins, pela resistência aos nematóides (*M. Javanicae* *M. Incógnita*) e pelo elevado teor de matéria seca, foi utilizada nos ciclos de seleção recorrente do programa de etanol da batata-doce, visando buscar novas combinações genéticas, que resultassem em novas cultivares com resistência aos nematoides, elevado teor de matéria seca e produtividade.

Apesar das dez cultivares que são recomendadas para indústria do etanol, no Tocantins, não terem sido avaliadas diretamente para resistência aos nematóides das galhas, todo o processo de seleção foi realizado no campo experimental da Universidade Federal do Tocantins, em área completamente infestada. Desse modo, as cultivares lançadas para a produção de etanol, foram testadas sob condições de alta infestação, e durante o período experimental, não foram detectados perdas significativas. Portanto, uma seleção indireta pode ter ocorrido, uma vez que os clones selecionados foram os de maior produtividade, assim como outras características, que podem evidenciar um bom nível de tolerância aos nematóides das galhas destas cultivares recomendadas.

## **8.2 Mal-do-pé (*Plenodomusdestruens*)**

Esta é uma doença causada pelo fungo *Plenodomusdestruens* que pode ocasionar destruição total da lavoura, e caso as infecções sejam tardias, as raízes poderão ser atacadas, com o aparecimento de manchas e podridões. O fungo é muito agressivo e quando se instala, geralmente na base do colo da planta, forma uma necrose úmida, que anela o caule e interrompe a absorção de água e nutrientes. Ao andar em uma lavoura atacada pelo mal-do-pé, observa-se que na medida em que a planta se desenvolve, verifica-se uma grande quantidade de vegetal seco e as ramas com folhas murchas ou amareladas. Na fase inicial, as plantas murcham e amarelecem, mas parte das ramas atacadas pode sobreviver com a absorção de água e nutrientes através das raízes adventícias, sem, contudo, produzir raiz comercial. Quando o ataque não ocorre no início da formação da lavoura as ramas emitidas pelas plantas sadias recobrem toda a superfície. Com isso torna-se difícil a identificação da ocorrência da doença, cujos danos somente são percebidos por ocasião da colheita.

As necroses, geralmente se limitam entre 5 e 10cm acima do solo até as raízes tuberosas, sem ocorrer invasão sistêmica. Uma forma de identificar a doença no campo é observar as necroses mais velhas ou mesmo sob a casca das raízes atacadas, constituídas por pontuações negras brilhantes, que na verdade são as frutificações do fungo causador da doença. Os conídios apresentam formatos oblongos, hialinos e unicelulares. Nas raízes verificam-se manchas pouco profundas, geralmente no terço proximal da planta. A diferenciação entre as áreas atacadas e sadias são evidentes, mas com o passar do tempo e o avanço da



doença, as ramas atacadas morrem.

O ciclo do mal-do-pé tem como fonte primária de inóculo, as ramas contaminadas procedentes de lavouras doentes ou mesmo quando aparentam serem saudáveis. Outra forma de trazer a doença para uma nova área é obter as mudas de viveiros ou áreas contaminadas. A partir daí, com a contaminação do colete das plantas, os esporos se reproduzem muito rapidamente. Esta multiplicação se dá por meio de respingos de água, contaminando outras partes da planta, contudo sem desenvolver necroses. Assim, as ramas podem se apresentar como sadias, mas na verdade, já estão contaminadas. O fungo também pode ser disseminado pela incorporação dos restos culturais, permanecendo no solo por vários anos. A umidade e adubações orgânicas pesadas podem facilitar o desenvolvimento da doença (FONTES e LOPES, 1993; LOPES e SILVA, 1991).

### **8.2.1 Medidas de Controle**

Para o controle desta doença pode-se utilizar o emprego de técnicas de manejo integrado de pragas e doenças, além de proceder à desinfecção de ramas com fungicidas a base de thiabendazole (Tecto ou similar). As ramas-sementes devem ser imersas, durante cinco minutos, em uma solução contendo 0,5% do princípio ativo, tomando o cuidado de utilizar luvas para o manuseio das ramas-sementes (LOPES e SILVA, 1993).

Para as condições de clima e solo do Tocantins, devem-se redobrar os cuidados com esta doença. O plantio na época das chuvas, onde a umidade pode ser excessiva, pode significar um risco muito elevado. Por isso deve-se ter atenção para o tipo de solo escolhido, quanto à drenagem, tipo de irrigação e turnos de regas bem conduzidos; assim como o plantio de mudas sadias. Quando se adota um manejo adequado para a cultura, como não plantar em áreas com histórico de ocorrência da doença, utilizar ramas sadias para o plantio, preparar adequadamente o solo, fazer a adição de corretivos e fertilizantes, evitar áreas propensas ao encharcamento, evitar adensamento de plantas, manter a área limpa até os 60 dias após o plantio e retirar plantas doentes da área entre outros, melhores resultados são obtidos.

### **8.2.2 Cultivares Resistentes**

Em avaliações realizadas nas condições do Tocantins com cultivares industriais (Martins, 2013), é possível afirmar que as cultivares Duda, Beatriz e Julia se comportaram como moderadamente resistentes. Estas cultivares podem ser utilizadas para a produção de etanol em regiões de ocorrência do mal-do-pé, por apresentarem resistência moderada a *P. destruens* e pelos bons índices de produção alcançados na pesquisa. Além das cultivares industriais Duda, Julia e Beatriz os genótipos industriais BDI2007PA06 e BDI 2007PA26 são alternativas de cultivares resistentes a serem utilizados em plantios de batata-doce para indústria de etanol.

### 8.3 Medidas gerais para controle de doenças

Como medida geral de controle de doenças, recomendam-se as seguintes práticas, tendo em vista não se conhecer nenhum fungicida registrado para utilização em plantio comercial de batata-doce:

- a) Plantio de ramas ou mudas saias; preferencialmente de viveiros ou de produtores conhecidos;
- b) Fazer viveiro para produção de mudas a partir de batatas ou mudas sadias selecionadas e previamente tratadas;
- c) Eliminar as plantas que possam ainda aparecer doentes no viveiro;
- d) Plantar cultivares resistentes, bem adaptadas à região;
- e) Retirar as ramas da parte do meio para a ponta evitando aquelas próximas do colo da planta mãe;
- f) Para multiplicação de ramas em viveiro a partir de mudas obtidas de campo comercial, é necessário tratar as ramas com thiabendazole a 1% do princípio ativo por litro de água pela imersão das ramas por 5 minutos;
- g) Fazer tratamento sanitário do viveiro com fungicida e inseticida para controle dos insetos e outros patógenos causadores de doenças e evitar a contaminação do material de plantio;
- h) Evitar o plantio em local muito úmido ou mal drenado;
- i) Adubar as plantas de forma balanceada, evitando principalmente o excesso de nitrogênio.

### 9. Colheita e Armazenamento

Diversas são as maneiras de indicar o ponto de colheita ou maturação da batata-doce, que por ser uma raiz, não atinge a maturação no verdadeiro sentido do termo. Deste modo, a época de colheita esta relacionada à finalidade da produção e necessidade do produto para consumo humano. Para indústria, em especial, quando as batatas forem colhidas para entrar no processo de produção de etanol, deve-se observar principalmente os objetivos da indústria. Neste caso ela efetuará o pagamento pelo elevado teor de matéria seca, e não de água, que irá se traduzir em amido e este por sua vez em etanol. Esta é a lógica que a indústria não pode fugir. De toda forma estas informações poderão auxiliar os agricultores e técnicos a iniciarem seu empreendimento de forma planejada, que inicia com a escolha da cultivar e termina na usina de álcool.

O período de colheita da batata-doce deve ser respeitado, conforme a recomendação, para cada uma das cultivares. Caso a cultivar não seja colhida na época pré-determinada, há relatos que a produtividade pode aumentar, mas a o teor de amido sofre uma redução. Como a situação mais favorável para o agricultor é associar produtividade com elevado teor de amido, o mais adequado é colher na época recomendada.

O processo de colheita pode ser manual ou mecanizado e pode ser realizado através de implementos

como o arado de aiveca, arado de disco e sulcador. As máquinas utilizadas na colheita de batatinha podem ser utilizadas com sucesso para batata-doce. Para realização da colheita deve-se primeiramente cortar a ramagem, tarefa que pode ser feita manualmente, ou adaptando-se discos e/ou ganchos a frente do trator para o corte e retiradas das ramas. No entanto, após o corte das ramas, as batatas devem ser logo colhidas, antes que o restante comece a brotar e as batatas percam o sabor. Recomenda-se que após a colheita, as batatas devam ficar expostas ao sol por um período de 30 minutos, e quanto maior a temperatura, menor deve ser o tempo de exposição das batatas ao sol. Em mercados mais exigentes há necessidade de armazenamento para comercialização, devendo-se proceder à cura. Primeiramente, as batatas são classificadas e embaladas em caixas, evitando o manuseio durante e após a cura. Depois, colocam-se as caixas em ambiente de alta temperatura (28 a 30°C) e alta umidade relativa do ar (85 a 90%) entre 4 a 7 dias. Após este período as batatas podem ser levadas à ambientes com temperaturas mais amenas (13-16°C), alta umidade relativa do ar (85 a 90%) e boa aeração. Deste modo, a batata-doce pode ser conservada por um período de 100 dias ou mais. Para indústria o armazenamento não poderá ocorrer por um período superior a 20 dias, em função da redução dos teores de amido.

## **10. Processos e bioprocessos utilizados para produção de etanol a partir da batata-doce**

Enquanto a cana-de-açúcar acumula seus carboidratos na forma de açúcares simples, sendo facilmente consumido no processo de fermentação por leveduras alcoólicas, a batata-doce, acumula a maior parte dos seus carboidratos na forma de amido, requerendo um pré-tratamento para disponibilizá-lo ao consumo de leveduras alcoólicas. Este processo adicional consiste em hidrolisar (quebrar) o amido em açúcares e depois submetê-lo à fermentação. Por mais que a necessidade de um pré-tratamento seja uma desvantagem para utilização de fontes amiláceas, se comparado com o processo da cana, esses carboidratos apresentam-se em maiores concentrações por unidade de matéria-prima, o que significa uma vantagem, por diminuir, o manuseio dos significativos volumes mássicos, custeio do sistema; custos de logística, energia, mão de obra, remoção de resíduos, etc. (CABELLO, 2005).

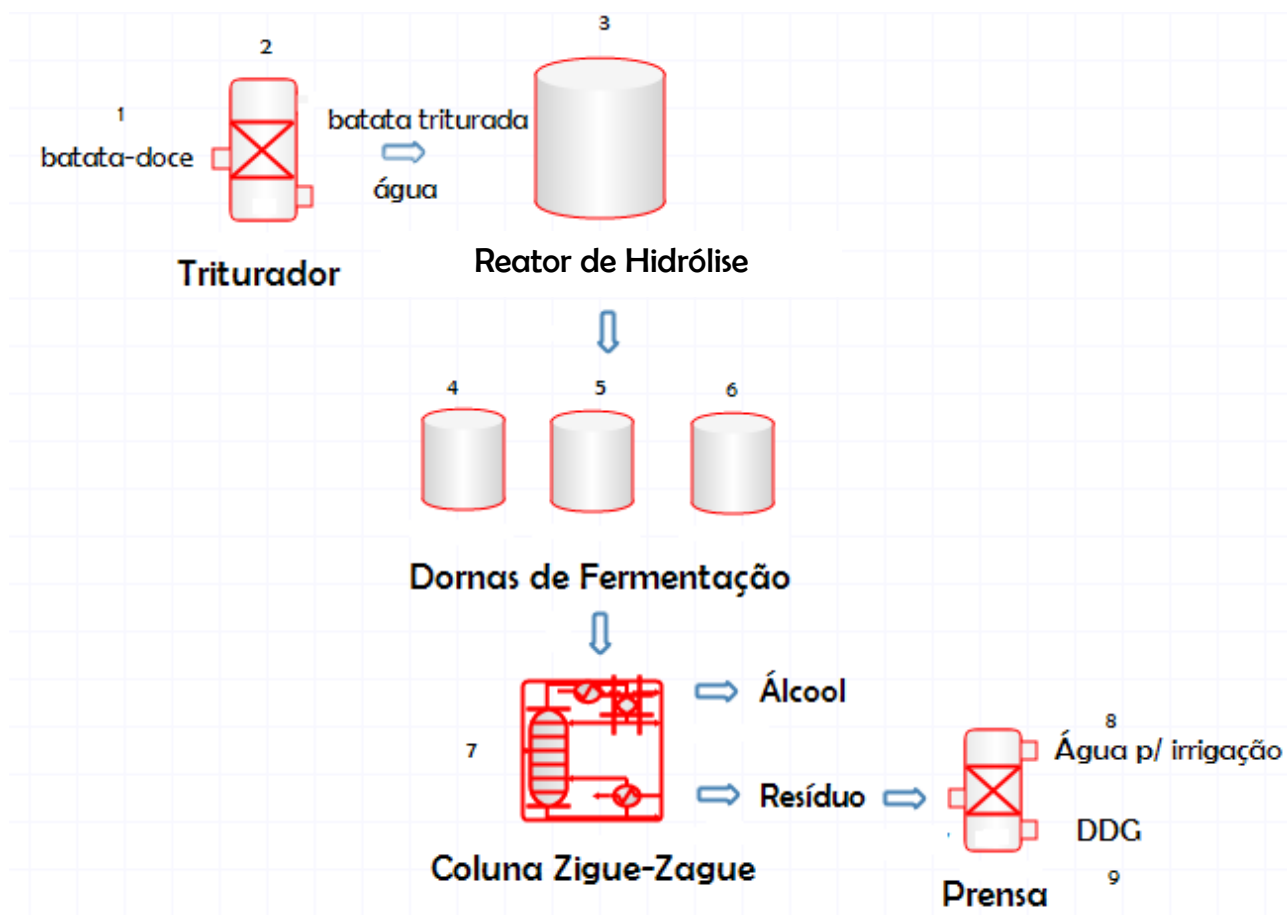
O amido é um polímero complexo, composto principalmente de amilose (polímero linear) e amilopectina (polímero ramificado). O polímero linear é fácil de ser rompido, mas a estrutura altamente ramificada da amilopectina é mais difícil de ser hidrolisada (CEREDA, 2005). Os amidos podem ser hidrolisados por via química (ácidos, calor e pressão) ou por via enzimática. O processo ácido é o mais simples, sendo uma das vantagens deste processo o pequeno tempo de sacarificação. Mas como desvantagem, têm-se os problemas de corrosão dos equipamentos, a necessidade de correção da acidez da solução açucarada após a hidrólise, a destruição de alguns açúcares e a produção de açúcares não fermentescíveis. Dessa forma, o processo mais recomendado é o enzimático.

Existem várias estratégias de hidrólise enzimática e fermentação. As mais utilizadas, especialmente,

são a hidrólise e fermentação separadas (SHF) e mais recentemente a sacarificação e fermentação simultâneas (SSF). No método de SHF, primeiramente é realizado o processo de hidrólise enzimática, obtendo-se monossacarídeos que serão adicionados à fermentação. O rendimento de glucose neste método é tipicamente baixo devido à inibição por parte da glucose (TAHERZADEH; KARIMI, 2009). Nesta usina é utilizado o processo SSF, dentre as principais vantagens do processo SSF para produção de etanol a partir de biomassas, está a sua capacidade de converter rapidamente os açúcares em etanol, assim que eles são formados, evitando seu acúmulo no meio. Tendo em vista que os açúcares são inibitórios para o processo de hidrólise, existe o potencial para se alcançar taxas mais elevadas e maiores rendimentos, em comparação ao SHF. Além disso, a presença de etanol no meio reacional também propicia uma mistura menos vulnerável à ação de microrganismos indesejáveis e permite uma diminuição do stress osmótico inicial para a levedura, evitando uma solução de glucose concentrada (BOTHAST e SCHLICHER, 2005). O processo SSF proporciona uma operação com menor necessidade de equipamentos do que para o processo seqüencial, uma vez que não são necessários reatores de hidrólise (CARDONA e SÁNCHEZ, 2007).

Na hidrólise por via enzimática é necessário a associação de dois tipos de enzimas específicas (CEREDA, 2005): a alfa-amilase, que diminui a viscosidade, e a glucoamilase, que transforma o amido liquefeito em açúcares de menor peso molecular (glucose). Para que a atuação enzimática seja mais eficiente, é realizado previamente o cozimento das raízes, para a gelatinização do amido, facilitando a ação das enzimas. A produção de etanol a partir da batata-doce, com hidrólise do amido por via enzimática, segue uma linha industrial semelhante à fabricação de álcool de cereais (Figura 1).

Quanto aos resíduos, para cada tonelada de batata-doce processada, cerca de 150 kg de ração são obtidos no processo (TAVARES, 2006). Esses sólidos restantes, provenientes da fermentação e da destilação, são secos até aproximadamente 10% de umidade, para produzir o DDGS (*Dried Distiller's Grains with Solubles*) (BOTHAST e SCHLICHER, 2005). A composição do DDGS tem sido de grande interesse para a área nutricional, para os produtores de etanol e, especialmente, para a indústria de rações animais, sendo este o seu principal destino. A análise de composição do DDGS está associada a seus valores nutricionais, tais como digestibilidade, total de nutrientes digestíveis e proteína, teor calórico, perfil de aminoácidos e minerais (KIM et al., 2008).



**Figura 1.** Esquema do processo de produção de etanol utilizando raízes de batata-doce como matéria prima, na mini-usina localizada no CTAA-Centro Tecnológico Agroindustrial e Ambiental da UFT, Campus de Palmas-TO, 2014.

1. As raízes são lavadas para remover as impurezas advindas do campo;
2. Depois de lavadas, as raízes são processadas em triturador para formar uma massa ralada;
3. A massa ralada de batata-doce obtida é transferida para o Reator de Pré-sacarificação e adiciona-se água na proporção massa ralada/água 2:1, sob agitação;
4. Quando a temperatura do meio atingir 60°C é adicionado a enzima liquidificante. O aquecimento é gradual até 90°C e a temperatura, mantida por 1 h;
5. O meio hidrolisado é resfriado e o pH ajustado para 5. A sacarificação é realizada adicionando enzima (glucoamilase), quando o meio atingir 60°C. Esta temperatura deverá ser mantida por 1h, sob agitação;
6. O meio hidrolisado deverá ser resfriado (30°C). Nesta fase o °Brix é quantificado, e adicionado água, até atingir 13°Brix. Finalizado esta diluição, o fermento de panificação (*Saccharomyces cerevisiae*) é inoculado numa concentração de 10 g/L de meio hidrolisado. Nesta concentração de inóculo, o tempo de fermentação tende a durar de 24 a 36 h;
7. Finalizados estes processos, o álcool é separado da água através da destilação;
8. A água residual será destinada para irrigar a plantação;
9. O co-produto (DDG) é separado através de prensa e destinado para formulação de ração.

Em ensaios laboratoriais pesquisadores comprovaram que a necessidade de enriquecimento do meio hidrolisado de batata-doce durante o processo fermentativo de produção alcoólica é desprezível. Com isso, o processo de fermentação alcoólica torna-se menos oneroso. Diferente, da cultura da mandioca, que, apresenta um baixo conteúdo de nitrogênio em sua composição físico-química, necessitando de enriquecimento do meio durante o processo fermentativo. Além da raiz *in natura* da batata-doce, também a farinha e farelo das raspas, podem ser utilizados como matérias-primas para produção de hidrolisados. A diferença será refletida na proporção de água necessária para o cozimento, e concentração enzimática, que será maior devido à elevada concentração de amido presente na farinha e no farelo.

Outros bioprocessos têm sido objetos de estudo, visando aprimorar a tecnologia estabelecida, como o emprego de farinha de batata-doce para a produção de álcool, utilizando a fermentação com células livres e imobilizadas. No entanto, nas condições analisadas o emprego da batata-doce *in natura* obteve um rendimento em produtividade de álcool por tonelada de raiz de até 32,3% superior em relação a estes bioprocessos estudados, sendo considerado o mais promissor (TAVARES, 2006).

### 10.1 Controle de qualidade e monitoramento

O primeiro objetivo da unidade industrial é ser rentável, proporcionando um retorno compatível com os investimentos realizados. Uma maior rentabilidade está relacionada com uma produtividade mais elevada, o que se consegue, por exemplo, com otimização do processo. O processo somente é otimizado quando se conhecem os parâmetros que o governam, permitindo introduzir modificações corretivas eventuais, efetivando um controle adequado. O controle do processo é feito tendo como suporte os princípios básicos de observação e medida que integram a análise do sistema, possibilitando a interpretação dos resultados, e a consequente tomada de decisão. O conjunto de operações de medidas, análises e cálculos feitos sobre as diversas fases do processo constituem o que se denomina controle químico. As diversas operações necessárias para realizar o controle químico estão a cargo do LASPER.

Para o complexo industrial, o controle químico permite:

- ✓ Determinar a eficiência de cada uma das etapas do processo, proporcionando dados atualizados para os operadores da usina;
- ✓ Determinar as perdas materiais no processo através do balanço material medindo a correspondente eficiência e rendimento;
- ✓ Controlar a qualidade do produto final (álcool), que influirá na receita da usina;
- ✓ Manter um arquivo de dados compondo o histórico da unidade, que servirá para assessorar a gerência da empresa nas tomadas de decisão;
- ✓ Através do histórico da unidade, estabelecer padrões de desempenho compatíveis com a capacidade operacional instalada.

## 10.2 Usinaflex

A usina *flex* foi desenvolvida com tecnologia capaz de produzir etanol de diversas matérias primas amiláceas, sejam através de raízes ou grãos. Esta diversidade de matéria prima permite ao produtor rural optar pela cultura com melhor adaptação na sua região e que também seja mais lucrativa. O produtor pode realizar também rotações de culturas aproveitando os períodos de entressafra, com isso pode eliminar os períodos improdutivos no campo. Com a possibilidade do uso de diversas matérias-primas, a usina *flex* de produção de etanol e co-produtos permite a produção durante o ano todo sem períodos de entressafras. Esta unidade de produção pode atender comunidades isoladas onde o acesso aos combustíveis fósseis torna inviável o empreendimento em função dos elevados custos além dos impactos negativos em relação ao meio ambiente.

Nesse sentido, estudos demonstram que uma usina *flex*, capaz de processar cana-de-açúcar e materiais amiláceos, pode ser uma promissora alternativa para garantir rentabilidade da produção de etanol, especialmente em um contexto de pressão crescente de custos nessa atividade. E mais: essa alternativa não apresenta prejuízos ambientais significativos sobre o etanol brasileiro, que hoje é produzido em sua maior parte de cana-de-açúcar, tanto pelo prisma do balanço energético quanto pelas reduções das emissões de gases de efeito estufa. O desempenho econômico, por sua vez, aponta para maior viabilidade em regiões com oferta de amiláceos a preços baixos e demanda elevada por ração animal. Todavia, é importante ressaltar que, em razão do elevado risco agrícola, o risco envolvido na construção de uma usina exclusiva de cana-de-açúcar tende a ser consideravelmente maior que o risco envolvido na transformação de uma usina já existente de cana-de-açúcar em usina *flex* (BNDES, 2014).

## 10.3 Coluna de destilação tipo ziguezague

As colunas de destilação de etanol tipo *ziguezague* foram desenvolvidas exclusivamente para utilização em processos de produção para destilar etanol proveniente de matéria prima amilácea. O sistema é composto por três unidades independentes, com separação da água em cada uma das três fases e também com processo de auto limpeza. A coluna *ziguezague* é um equipamento capaz de produzir ao final do processo industrial o coproduto pasteurizado com a segurança de manter todas as características químicas a serem aproveitadas para formulação de ração animal, com qualidade de alto teor proteico, minerais e probióticos.

## 10.4 A utilização do biorreator na produção de amilases (*in plant*)

Os modelos matemáticos são essenciais para o entendimento dos processos que limitam o

crescimento ou produção de enzimas até mesmo para projetos racionais e de controle em biorreatores em grande escala. As seleções das condições ótimas de produção e caracterização bioquímica de enzimas amilolíticas aparecem como linhas de pesquisas importantes, que permitem o conhecimento dos mecanismos de ação de cada um dos componentes do complexo sobre os substratos, suas características bioquímicas e de regulação, essenciais para o desenvolvimento de processos biocatalíticos economicamente mais competitivos. Essa competição aconteceria na produção destas *in plant* evitando assim a importação a altos custos, ressaltando que essa proposta de projeto já ocorre na Universidade Federal do Tocantins - LASPER, dando enfoque à produção, caracterização e uso de amilase de *Aspegillusnigema* hidrólise do biopolissacarídeo de batata-doce.

Dessa forma, nesta importante temática visa-se sempre o desenvolvimento de processos para a produção de amilases inserido no contexto de cadeia etanólica na Amazônia Legal, com o objetivo de produzir esses biocatalisadores na concepção dedicada (*in plantproduction*) a fim de se diminuir a dependência exógena de enzimas para o processamento de biomassas residuais de composição amilolítica. A otimização e o controle das condições da fermentação são de grande importância para uma produtividade máxima de biomassa e metabólitos (HAN; NOUT, 2000). Em outras palavras, é necessário conhecer e manter as condições ideais durante todo o processo para que uma alta produtividade de metabólitos de interesse seja alcançada neste tipo de instrumento.

A produção comercial de amilases é feita em várias etapas, essencialmente porque as condições ambientais para o crescimento do microrganismo nem sempre coincidem com as requeridas para a produção das enzimas. Estes parâmetros ambientais incluem suplementação nutricional, pH do meio, condições osmóticas, grau de aeração, temperatura e controle de contaminação durante fermentação. Santos (2006) comenta que o gênero *Aspergillus* forma o grupo mais importante de microrganismos utilizados na produção de enzimas empregadas na indústria alimentícia. E para maximizar essa produtividade, se utiliza biorreatores instrumentados, Santos (2006) descreve que o nível de produção de uma enzima em particular pode ser de dezenas de gramas por litro de meio de cultura. Como exemplo, o *A. awamori*, pode secretar mais de 20g/L de amiloglucosidase.

### **10.5 Planejamento experimental (Planejamentos de Experimentos Sequenciais) na produção de amiloglucosidase para hidrólise de biomassa amilácea de batata-doce**

A metodologia para o Planejamento Experimental fatorial associada à análise de superfície de resposta é uma ferramenta fundamental na teoria estatística, por fornecer informações muito mais seguras no processo, minimizando o empirismo que envolve técnicas de tentativas e erro. Através desta técnica sistemática de condução de experimentos é possível avaliar os efeitos principais das variáveis nas respostas desejadas, bem como a interação entre elas. A partir da análise de variância pode-se propor um modelo



probabilístico adequado que correlacionam às respostas em função das variáveis estudadas, construindo-se as superfícies de resposta para determinar as faixas ótimas de operação.

Nem sempre o objetivo do trabalho de estudo é a otimização do processo, mas sim um melhor conhecimento sobre as respostas do sistema frente às variações ou perturbações que podem ocorrer dentro das faixas de operação estabelecidas. Assim, outra informação muito importante que pode ser obtida através do planejamento fatorial é a verificação das variáveis que apresentam nenhuma ou pouca influência nas respostas, fornecendo subsídios fundamentais quanto à flexibilidade e robustez do sistema e conseqüentemente na definição da melhor estratégia de controle operacional. Essa técnica perpassa sobre nossas dependências laboratoriais, para irmos de encontro a excelência etanólica de batata-doce.

Para se aplicar o método de análise de superfície de resposta é necessário primeiramente programar ensaios através de um planejamento fatorial, este método consiste na seleção de um número fixo de níveis para cada um dos fatores ou variáveis de entrada e então executar experimentos com todas as possíveis combinações. Como primeira etapa é usual um planejamento fatorial com dois níveis (- 1 e + 1) para cada variável (BETANCOUR, 2010).

Para tanto, os trabalhos de planejamentos experimentais, assim como de caracterização de enzimas microbianas, empregados no LASPER-UFT, fundamentam este e também outros grupos de pesquisa, além do fato de que eventualmente trazem produtos mais promissores às prateleiras do mercado de enzimas, a uma perspectiva de um mercado lucrativo, bem como a importância ecológica das pesquisas nesta área. Como exemplo, o governo brasileiro despertou a necessidade de engajar o País nesta economia através da instituição da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia com o Decreto 6041, de 8 de fevereiro de 2007, onde é declarada oficialmente a necessidade da produção e do uso industrial de enzimas no Brasil, de forma a diminuir o número de importações e aumentar o de exportações neste ramo (BON *et al.*, 2008).

Assim, a Universidade da Amazônia Legal, investigou a produção de amiloglicosidase de *A. niger* empregando ferramentas estatísticas através do processo de otimização que auxiliasse uma maior produção enzimática através das concentrações ideais dos componentes de meio de cultura e substrato indutor, afinal, a determinação do teor de biomassa dentro do leite consiste em um dos principais problemas nos estudos fermentativos, sendo este parâmetro importante para o monitoramento do curso de qualquer processo fermentativo. Através de levantamentos literários em estudos anteriores, se verifica uma falta relevante na produção de amiloglicosidase empregando técnicas de planejamento e otimização de nutrientes, especialmente quando em cultivo líquido e até inédito com farinha de batata-doce. Foram investigados também os parâmetros físico-químicos ótimos da atividade enzimática no extrato bruto, bem como a caracterização parcial deste biocatalisador em sua forma purificada.

## 11. Utilização de co-produtos resultantes da produção de etanol de batata-doce

As atividades agrícolas, frequentemente, geram resíduos que podem ser utilizados como sub-produtos ou dispensados como lixo poluente. Restos de colheita, resíduos de usinas de beneficiamento de produtos agrícolas e dejetos animais consistem em fontes reconhecidamente geradoras de poluição ambiental, e por esta razão, esforços têm sido empreendidos no sentido da utilização ou reciclagem destes. No Brasil, e em outros países tropicais, esses esforços nem sempre avançam no mesmo passo da produção.

Uma das mais lógicas alternativas para reutilização desses resíduos é a sua aplicação na alimentação animal. O uso de resíduos agrícolas denominados baixo-valor-agregado pode ser de particular interesse, especialmente naquelas regiões em que os produtos de origem animal detêm desprezível preço de mercado forçando os produtores ao uso de fontes de alimentação de baixo custo. De acordo com sua composição nutricional, volume e risco poluente, alguns resíduos como caule e folhas de bananeira, casca, polpa; mucilagem de café; bagaço de cana; cascas de cacau e rejeitos do processamento de frutas apresentam potencial para uso na alimentação animal, especialmente de peixes e ruminantes (ULLOA et al., 2004). Em muitas regiões tropicais da Ásia e África, resíduos da agricultura, da agroindústria e da produção animal são comumente reutilizados na aquicultura (WOHLFARTH e HULATA, 1987, SUBOSA, 1992, TACON, 1993).

A partir da pesquisa envolvendo a produção do álcool de batata-doce (SILVEIRA et al., 2006), foi que iniciou-se estudos visando o aproveitamento da significativa quantidade do resíduo gerado nesse processo. Pensando no aproveitamento deste, atualmente pode-se sugerir a elaboração de diversas composições de rações para alimentação animal e de peixes. Os testes preliminares indicaram que esse resíduo encerra propriedades nutricionais que sustentam essa utilização, o que pode vir a constituir uma fonte de renda valiosa para o produtor que, frente ao usineiro, poderia negociar o retorno do resíduo à sua propriedade para uso na alimentação animal. Para a usina também pode ser interessante, pressupondo-se o uso do resíduo como moeda de barganha.

Atualmente, as atividades de bovinocultura confinada e de aquicultura moderna, por seu crescente aporte na produção mundial de proteína animal, surgem como potenciais alternativas para que o Estado do Tocantins aumente sua produção de alimentos nobres. Prevê-se que neste século haverá um forte aumento na demanda de proteína animal nos países em desenvolvimento, isto em função da lenta, mas contínua, elevação do poder aquisitivo das populações desses países. Para avaliar o potencial desta proposta, foi realizado um diagnóstico preliminar que detectou ser a piscicultura uma das atividades mais promissoras dentro do agronegócio tocantinense. Simultaneamente, no Estado do Tocantins, verificou-se que há forte tendência ao crescimento das pesquisas envolvendo a geração de biocombustíveis, e conseqüentemente, de seus correspondentes resíduos. Assim, frente às justificativas relacionadas anteriormente, pretende-se com a continuação das pesquisas em andamento a produção de mais conhecimento preliminar suficiente para

sustentar um contínuo aprofundamento.

Nesse mesmo contexto, a batata doce também tem sido amplamente investigada por pesquisadores nas áreas de bioquímica, farmácia, nutrição e engenharia de alimentos (HAN et al., 2001; ZHANG e HUANG, 2005). Relatam-se resultados que apontam a batata doce como potencial alimento, que além de consistir numa expressiva fonte de carboidratos, também encerra em sua composição importantes compostos com outras propriedades relacionadas com o bem-estar e saúde (KUSANO, ABE, 2000; LUDVIK et al, 2002; LUDVIK et al., 2003). Até o presente, esses compostos não amídicos podem ser ordenados como fibras dietéticas (ALMAZAN, ZHOU, 1995; LIN et al., 2005), antocianina (HAGIWARA et al., 2001), beta-caroteno (ÇINAR, 2005), inibidor de proteinase (MAESHIMA et al., 1985). Cada vez mais atenção tem sido dedicada ao estudo e à pesquisa dessas macromoléculas em função de suas atividades biológicas, mais especificamente daquelas vinculadas aos seus efeitos imunestimulatórios e anti-tumor, efetividade em reduzir o colesterol total plasmático e o LDL-colesterol, em humanos e em animais (McINTOSH, 1991; KALRA e JOOD, 2000; MÄLKII e VIRTANEN, 2001), controle da hiperglicemia (BOURDON, 1999).

Dentro desta nova concepção de alimento, que previne e/ou reduz os riscos de doenças crônicas não-transmissíveis e promove manutenção da saúde e modificações benéficas das funções fisiológicas, a batata-doce e seus resíduos têm seu potencial enquadrado na categoria de alimentos funcionais com propriedades imunomodulatórias, que atuam modulando e ativando os componentes celulares e seus mediadores químicos, aumentando a efetividade do sistema imune contra diferentes antígenos, evitando o aparecimento de patologias no organismo.

### 11.1 Principais co-produtos

É evidente que a otimização do uso comercial desses resíduos ainda demandará diversos estudos no sentido de se propor modelos de processamentos, sistemas de armazenamento e distribuição, recomendações técnicas de uso, ou seja, todos os passos necessários para que os co-produtos possam ter seu uso devidamente credenciado e autorizado pelos órgãos responsáveis.



Figura 2. Ciclo de produção do etanol de batata-doce e seus co-produtos.

### 11.1.1 Resíduo Úmido

É constituído por um material que prevalece na forma de um líquido denso, com aparência de um “mingau”, de coloração marrom claro (Figura 3). Esse material é basicamente composto de fibras lignificadas, fibras solúveis, material nitrogenado, sais minerais, diminutas concentrações de etanol e água (Anexo 4), ressaltando que este material pode ainda ser utilizado diretamente para alimentação fluida de ruminantes.



**Figura 3.** Resíduo úmido de batata-doce após processos de trituração, sacarificação, fermentação alcoólica e destilação.

### 11.1.2 Resíduo Seco

Possui a mesma composição qualitativa do resíduo úmido, diferenciando-se deste, quantitativamente, apenas em relação aos conteúdos de etanol residual e de umidade (Tabela 2). Nas Figuras 4 e 5 pode-se observar que o resíduo seco, depois de triturado, possui aparência de um farelo seco, sendo esta uma importante característica físico-química para quando se pensar nas condições necessárias à formulação e armazenamento de uma ração.



**Figura 4.** Secagem do resíduo em estufa com circulação de ar, a 55°C, por 72 h.

**Figura 5.** Resíduo de batata-doce após processos de trituração, sacarificação, fermentação alcoólica, destilação e secagem.

**Tabela 3** -Composição centesimal aproximada do resíduo seco.

Componente	Resíduo úmido (%)	Resíduo seco (%)*
Proteína Bruta (N x 6,25)	6,11	14,52
Extrato Etéreo	0,97	2,92
Fibra Bruta	7,00	39,04
Extrativos não nitrogenados	22,45	38,60
Cinzas	8,98	14,02
Umidade	42	12

\* a 55°C por 72h.

Fonte: LABIC-UFT (2008) conforme metodologias AOAC (1998) e SILVA (1990).

## 11.2 Outros Compostos

### 11.2.1 Beta-Glucano

O beta-glucano começou a ser estudado em 1940 como um composto capaz de atuar no mecanismo de defesa do corpo. Derivado das paredes celulares de fermentos, dos cogumelos, da cevada e da aveia, entre outros cereais, os beta-glucanos são capazes de reduzir quantidades de colesterol sérico e de impulsionar a ativação de macromoléculas (leucócitos e glóbulos brancos) que exercem um papel essencial na manutenção do sistema imune. Essas macromoléculas atuam protegendo o organismo humano contra a ação danosa dos vírus, das bactérias, dos fungos, dos parasites, da sub-nutrição e do estresse (KUSANO e ABE, 2000). Os estudos apontaram que este polissacarídeo é um suplemento seguro, não tóxico e eficaz para aqueles que desejam estimular seu sistema imune e baixar níveis do colesterol. Até o presente, o glucano na configuração beta é o único glucano encontrado eficaz em impedir a doença coronariana pelo mecanismo de abaixar o LDL (mau colesterol do sangue) e aumentar os níveis do HDL (bom colesterol)(ÇINAR, 2005). Na Europa e nos Estados Unidos já existem suplementos alimentares ricos em beta-glucanos (Figura 6) e um eficiente marketing para divulgação estimula consumo desse coadjuvante nutricional.



**Figura 6.** Apresentação comercial do Beta-glucano.

## 12. Referências

ALMAZAN, A.M., ZHOU, X. **Total dietary fibre content of some green and root vegetables obtained at different ethanol concentrations.** Food Chemistry, 53:215– 8, 1995.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 16. ed. 4<sup>th</sup> Rev.. Edited by Patricia Cunniff, Gaithersbury: AOAC, 1998.

BOURDON, I. **Postprandial lipid, glucose, insulin, and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with beta-glucan.** American Journal of Clinical Nutrition, v.69, n.1, p 55-63, 1999.

BOTHAST, R. J.; SCHLICHER, M. A. **Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol.** Applied Microbiology and Biotechnology, v.67, n.1, p.19-25.2005.

CABELLO, C. **Produção de álcool da mandioca.** 2005. Disponível em: <[http://www.abam.com.br/revista/revista10/prod\\_alcool.php](http://www.abam.com.br/revista/revista10/prod_alcool.php)>. Acesso em: 26 abr. 2007.

CEREDA, M. P. **Hidrólise enzimática de amido de mandioca para elaboração de álcool.** 2005. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/revista/revista13/ceteagro.php>>. Acesso em: 26 abr. 2007.

CFSEMG – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5<sup>a</sup>. Aproximação Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G. & Alvarez V., V. H. (Eds.). Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 1999. 359p.

ÇINAR, I'. **Stability studies on the enzyme extracted sweet potato carotenoproteins.** Food Chemistry, 89:397–401, 2005;

Embrapa/CNPH. <http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/bat-doce.htm>. Acesso em 23 de abril de 2007.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Statistical Databases. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>. Acesso em: 3 set. 2013.

FONTES, R.R; LOPES, C.A. **Adubação orgânica e química afetando a intensidade do mal-do-pé (*Plenodomus destruens*) da batata-doce.** Horticultura brasileira. V.11, p.71, 1993.

HAGIWARA, K., MIYASHITA, T., NAKANISHI, M., SANO, S., TAMANO, T., KADOTA, T., et al. **Pronounced inhibition by a natural anthocyanin, purple corm color of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4,5-b] pyridine (PhIP)-associated colorectal carcinogenesis in male F344 rats pretreated with 1,2-dimethylhydrazine.** Cancer Lett, 171:17–25, 2001.

HAN, S.B.; PARK, S.H.; LEE, K.H.; LEE, C.W.; LEE, S.H.; KIM, H.C. et al. **Polysaccharide isolated from the radix of Platycodongrandiflorum selectively activates B cells and macrophages but not T cells.**International Immunopharmacology, 1:1969-78, 2001.

HAN, B.Z.; NOUT, R.M.J. **Effects of Temperature, Water Activity and Gas Atmosphere on Mycelial Growth of Tempe Fungi Rhizopusmicrosporus var. microsporus and R. microsporus var. oligosporus.** World Journal of Microbiology & Biotechnology: 16, 853-858, 2000.

GONÇALVES NETO A. C; MALUF W. R; GOMES L. A. A; MACIEL G. M; FERREIRA R. P. D; CARVALHO R. C. 2012. **Correlação entre caracteres e estimação de parâmetros populacionais para batata-doce.** Horticultura Brasileira 30: 713-719.

INTERNATIONAL POTATO CENTER.**CIP sweet potato facts.**(2014).Disponívelem: <[www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)>. Acessoem: 15 março. 2014.

KALRA, S., JOOD, S. **Effect of dietary barley b-glucan on cholesterol and lipoprotein fractions in rats.**Journal of Cereal Science, v.31, p.141–145, 2000.

KIM, Y., MOSIER, N. S., HENDRICKSON, R., EZEJI, T., BLASCHEK, H., DIEN, B., COTTA, M., DALE, B. LADISCH, M. R. **Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage.**Bioresource Technology, v.99, n.12, p.5165-5176. 2008.

KUSANO S, ABE H. **Antidiabetic activity of white skinned sweet potato (Ipomoea batatas L) in obese Zucker fatty rat.**Biological Pharmacology Bulletin, 23:23-26, 2000.

LIN Y-P, TSEN, J-H, V. KING VA.**Effects of far-infrared radiation on the freeze–drying of sweet potato.**J. ofFoodEngeneering; 68:249– 55, 2005.

LOPES, C.A; SILVA,J.B.C. **Efeito da posição da rama-semente e do controle químico na manifestação do mal do pé da batata-doce.** Horticultura brasileira. v.9,p.43, 1991.

LUDVIK BH, MAHDJOBIAN K, WALDHAEUSL W, HOFE A, PRAGE R, KAUTZKY-WILLER A, et al. **The effect of Ipomoea batatas (Caiapo) on glucose metabolism and serum cholesterol in patients with type 2 diabetes.**DiabetesCare, 25:239-240, 2002.

MAESHIMA, M., SASAKI, T., ASAHI, T. **Characterization of major proteins in sweet potato tuberous roots.**Phytochemistry; 24:1899–902, 1985.

MÄLKKI, Y., VIRTANEN, E. **Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum.**A review. Lebensm.-Wiss. U.-Technol., v.34, p.337-347, 2001.

MARTINS, L. P. **Avaliação da resistência ao mal-do-pé (plenodomusdestruens) de clones de batata-doce destinados a indústria de etanol.** Palmas, 2013. Dissertação (Mestrado) Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins – UFT.

McINTOSH, G.H. **Barleyandwheatfoods: influenceon plasma cholesterolconcentrations in hypercholesterilemicmen.** American JournalofClinicalNutrition, v.53, p.1205-1209, 1991.

MILANEZ, A.Y.; NYKO D.; VALENTE, M.C.; XAVIER C.D.O.; KULAY L.A.; DONKE C.G.; MATSUURA M.I.S.F.; RAMOS N.P.; MORANDI N.A.B.; BONOMI A.; CAPITANI D.H.D.; CHAGAS M.F.; CAVALETT O.; GOVÊIA V.L.D. **A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política.**Revista do BNDES, v.41, 2014.

OLIVEIRA, A.P.; SILVA, J.E.L.; PEREIRA, W.E.; BARBOSA, L.J.N. **Produção da batata-doce em função de doses de P2O5 em dois sistemas de plantio.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.3, p.768-772, 2005.

SANTOS JF; OLIVEIRA AP; ALVES AU; DORNELAS CSM; BRITO CH; NÓBREGA JPR. **Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica.** Horticultura Brasileira, 24: 103-106. 2006.

**Seminário sobre a cultura a batata-doce.** BRASÍLIA, EMBRAPA-CNPH, 1987. 126 p.

SANTOS, G. **Utilização de resíduos agroindustriais para produção de Amiloglucosidase por Aspergillusawamori.**Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR.81p.2006.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2.ed. 1990. 166p.



SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Cultura da Batata-doce**. In: MarneyPascoliCereda. (Org.). Agricultura: tuberosas amiláceaslatinoamericanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2002, v. 4, p. 448-504.

SILVEIRA, M.A.; SOUZA, F.R.; SOUZA, A.F.B.C. ; TAVARES, I.B. **Fermentação de meio hidrolisado para produção de álcool combustível a partir de 10 clones de batata-doce**. In: Encontro da Associação Brasileira de Engenharias Sanitária e Ambiental, 2006. Abes, 2006.

SUBOSA, P. **Chicken manure, rice hulls, and sugar-mill wastes as potential organic fertilizers in shrimp (PenaeusmonodomFabricius) ponds**.Aquaculture 102, 95–103, 1992.

TACON, A. **Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed feedstuffs**.FAO Fisheries Circular No. 856. 1993, Rome,Italy.

TAHERZADEH M, Karimi K, (2009). **Enzyme-based hydrolysis processes for etanol from lignocellulosic materials: a review**.BioResources 2 (4), pp. 707-738.

TAVARES, I. B. **Desenvolvimento de cultivares de batata-doce e técnicas de bioprocessos visando à implantação de mini-usinas de álcool combustível como alternativa para pequenas e médias propriedades na Região Norte**. 2006. 42 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Campus de Palmas, UFT, Palmas, 2006.

ULLOA.J.B; van WEERD, J.H.; HUISMAN, E.A.; VERRETH, J.A.J. **Tropical agricultural residues and their potential uses in fish feeds: the Costa Rica situation**.Waste Management, 24, 87–97, 2004.

WANG, H.**The breeding of Sweet Potato for human consumption**.In:VILLAREAL,R.L; GRIGS, T.D. Sweet pota3to:Proceedings of the first international Symposium. Shanhua:Taiwan, 1982. p.297-311.

WYMAN, C. E., SPINDLER, D. D. e GROHMANN, K. **Simultaneous saccharification and fermentation of several lignocellulosicfeedstocks to fuel ethanol**.Biomass and Bioenergy, v.3, n.5, p.301-307. 1992.

WOHLFARTH, G., HULATA, G. **Use of manures in aquaculture**. In: Moriarty, D., Pullin, R. (Eds.), Detritus and Microbiological Ecology in Aquaculture. ICLARM Conference Proceeding 14. Manila, Phillipines. pp. 353–367, 1987.

ZHANG, C.; HUANG, K. **Characteristic immunostimulation by MAP, a polysaccharide isolated from the mucus of the loach, *Misgurnusanguillicaudatus*.** Carbohydrate Polymers, 59:75-82, 2005.

## ANEXOS

### Anexo 1 – Recomendações de adubação para batata-doce com base na análise química do solo

Nutrientes (kg/ha)	Fertilidade baixa	Fertilidade média	Fertilidade alta	Fertilidade muito alta	Aplicação
Nitrogênio*	100	60	30	-	1/3 a 1/2 no plantio; restante em cobertura**
Fósforo	200	150	100	-	No plantio
Potássio	200	150	100	-	No plantio
Sulfato de zinco	10	5	-	-	No plantio

Fonte: EMBRAPA/CNPH

\* De acordo com o teor de matéria orgânica do solo.

\*\* Para cultivar precoce, aos 30 dias; e para cultivar tardia, aos 45 dias após o plantio.

### Anexo 2 – Quantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e N recomendadas para o plantio de batata-doce em função das classes de disponibilidade de P e K no solo

Classes de interpretação quanto à disponibilidade de P ou de K	Quantidade total a ser aplicada (kg/ha)		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N
Baixa	180	90	60
Média	120	60	60
Boa	60	30	60
Muito boa	0	0	60

Fonte: CFSEMG (1999)

**Anexo 3 - Classes de interpretação da disponibilidade para fósforo, de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para potássio.**

Característica	CLASSIFICAÇÃO				
	Muito baixo	Baixo	Médio (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	Bom	Muito bom
<b>Argila (%)</b>			<b>Fósforo disponível (P)<sup>(2)</sup></b>		
60 – 100	< 2,7	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0 <sup>(3)</sup>	8,1 – 12,0	> 12,0
35 – 60	< 4,0	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0
15 – 35	< 6,6	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
0 – 15	< 10,0	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0
			<b>P-rem<sup>(4)</sup> (mg/L)</b>		
0 – 4	< 3,0	3,1 – 4,3	4,4 – 6,0 <sup>(3)</sup>	6,1 – 9,0	> 9,0
4 – 10	< 4,0	4,1 – 6,0	6,1 – 8,3	8,4 – 12,5	> 12,5
10 – 19	< 6,0	6,1 – 8,3	8,4 – 11,4	11,5 – 17,5	> 17,5
19 – 30	< 8,0	8,1 – 11,4	11,5 – 15,8	15,9 – 24,0	> 24,0
30 – 44	< 11,0	11,1 – 15,8	15,9 – 21,8	21,9 – 33,0	> 33,0
44 - 60	< 15,0	15,1 – 21,8	21,9 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45
			<b>Potássio disponível (K)<sup>(2)</sup></b>		
	< 15	16 – 40	40 – 70 <sup>(5)</sup>	71 – 120	> 120

(1) mg/dm<sup>3</sup> = ppm (m/v)

(2) Método Mehlich

(3) Nesta classe apresentam-se os níveis críticos de acordo com o teor de argila ou com o valor de fósforo remanescente.

(4) P-rem = fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar durante 1h a TFSA com solução de CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10.

(5) O limite superior desta classe indica o nível crítico. Fonte: CFSEMG (1999).