



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE BATATA-DOCE QUANTO A
PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO E APROVEITAMENTO DAS RAMAS
VISANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL.**

DOUGLAS MARTINS DA COSTA

**PALMAS – TO
2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE BATATA-DOCE QUANTO A
PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO E APROVEITAMENTO DAS RAMAS
VISANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL.**

Aluno: Douglas Martins da Costa

Orientador: Dr. Marcio Antônio da Silveira

Co-Orientador: Dr. Fabiano Rodrigues de Souza

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Agroenergia (Área: Otimização da produtividade e sustentabilidade da biomassa para a produção de etanol)

**PALMAS – TO
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

C837a Costa, Douglas Martins da.

Avaliação de cultivares de batata-doce quanto à produtividade, composição e aproveitamento das ramas visando à produção de etanol. / Douglas Martins da Costa. – Palmas, TO, 2015.

56 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2015.

Orientador: Márcio Antônio da Silveira

1. Ipomoea batatas. 2. Etanol. 3. Composição. 4. Produtividade. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE BATATA-DOCE QUANTO A
PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO E APROVEITAMENTO DAS RAMAS
VISANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL.**

ALUNO: DOUGLAS MARTINS DA COSTA

APROVADA EM 25/08/2015

Prof. Dr. Marcio Antônio da Silveira (Presidente UFT)

Dra. Valéria Gomes Momenté (Examinadora Interna UFT)

Prof. Dra. Caroline Roberta Freitas Pires (Examinadora Externa)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Wilmar e Maria Auxiliadora pela dedicação, educação, incentivo e todo amor, a minha irmã Érica e meus sobrinhos Pablo e Davi por me acolherem e tornarem tantos momentos inesquecíveis, com a felicidade e simplicidade, a minha noiva Arsení pelo o amor, compreensão, incentivo nos momentos difíceis e aos meus amigos por acreditarem mim quando eu mesmo nem acreditava e por tudo que representa na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Á Deus por me conceder oportunidade desta encarnação.

Ao Prof. Dr. Marcio Antônio da Silveira pela orientação, amizade, confiança e oportunidades concedidas.

Ao Dr. Fabiano, pelos ensinamentos, Ao Prof. Dr. Robert Tayllor pelos exemplos e ensinamentos. A Prof. Dra. Flávia Tonanni por toda ajuda e compreensão.

Ao Prof. Dr. Joenes M. Peluzio por toda atenção e presteza a qualquer momento.

Aos meus amigos do Lasper – Wesley, Giani Raquel, Marysa, Raimundo, Amanda, Mariana, Aline, Rosinete, Aricam, Matheus e seu Bento.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO – II e III.	x
LISTA DE APÊNDICES – 1, 2 e 3.....	xi
APRESENTAÇÃO.....	12
Capítulo I – Revisão de Literatura.	14
1 – A BATATA-DOCE - (<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam).	15
1.2 – Produtividade da cultura.	17
2 – Composição das raízes e ramos20	
3 – Biomassa para produção de etanol22	
3.1 – Bioetanol lignocelulósico 26	
4 – Referências bibliográficas 27	
Capítulo II – AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE BATATA-DOCE, CULTIVADAS A PARTIR DE DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS, OBJETIVANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL 34	
Resumo.....	35
Abstract.....	36
I - Introdução 36	
II - Metodologia.....39	
<i>II.1 - Da Produtividade de Ramas e Raízes</i> 40	
<i>II.2 - Do Rendimento Estimado de Etanol</i> 41	
<i>II.3 - Teor de Matéria Seca (TMS)</i> 41	
<i>II.4 - Produção de Substrato Amiláceo (farinha de batata-doce).</i>41	
<i>II.4.1 - Teor de Amido</i> 41	
<i>II.4.2 - Teor de Lipídeos</i> 42	
<i>II.4.3 - Teor de Proteínas</i> 42	
<i>II.4.4 - Teor de Fibra Bruta</i>42	
<i>II.4.5 - Teor de Cinzas</i>42	
<i>II. 5 - Análise Estatística</i> 43	
III - Resultados e discussão 43	
IV - Conclusão..... 52	
V - Referências.....53	

Capítulo III - CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DAS RAMAS DE SEIS CULTIVARES DE BATATA-DOCE, VISANDO A INDÚSTRIA DE ETANOL.....	57
Resumo	58
Abstract.....	58
1. Introdução	59
2. Metodologia.....	61
2.1 - <i>Produtividade de Ramas Frescas (PRF)</i>	62
2.2 - <i>Teor de Matéria Seca (TMS)</i>	62
2.3 – <i>Produção de Substrato Celulósico Desidratado (SCD)</i>	62
2.4 – <i>Análise Bromatológica do SCD</i>	62
2.5 – <i>Produtividade da Proteína Bruta (PPB)</i>	63
2.6 – <i>Produtividade da Biomassa Lignocelulósica (BLC)</i>	63
2.7 – <i>A Análise Estatística</i>	63
3. Resultados e discussão.....	63
4. Conclusão	68
5. Referências.....	69

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- AOAC**—Association of Official Analytical Chemists
- BLC**— Biomassa Lignocelulósica
- CIP** - Centro Internacional de la Papa
- CZ** – Teor de Cinzas
- FAO** – Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FDA**— Teor Fibra em Detergente Ácido
- FDN** – Teor Fibras em detergente neutro (fibras digeridas totais)
- GEN.** – Genótipos
- HC** – Teor de Hemicelulose
- LASPER**— Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a Partir de Fontes Renováveis.
- LANA** – Laboratório de Análises de Alimentos.
- LP** – Teor de Lipídeos
- M1** – Muda produzida a partir da propagação vegetativas das Raízes da batata-doce (Brotamento das raízes)
- M2** – Muda produzida a partir da propagação vegetativas das ramas (estaquias das ramas)
- MS**— Teor de Matéria Seca
- PMV** – Produtividade de massa verde fresca (ramas e folhas)
- PTR** – Produtividade total de raízes (tubérculos)
- PB** – Teor de proteína bruta
- PPB** – Produtividade de Proteína Bruta
- PTRF** – Produtividade total de ramas fresca em $t\ ha^{-1}$
- PMSR** – Produtividade de matéria seca de ramas em $t\ ha^{-1}$
- TMSR** – Teor de matéria seca de ramas
- TM** – Teste de Médias
- SCD** – Substrato Celulósico Desidratado

LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO –II

- Tabela 1.** Produtividade de massa verde (PMV), produtividade total de raízes (PTR) de seis cultivares batata-doce. Palmas, TO. 2015 44
- Tabela 2.** Teores de matéria seca de ramos (MS-Ramas) e matéria seca de raízes (MS-Raiz) de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015.....46
- Tabela 3.** Composição centesimal da farinha, teores Amido, proteína bruta (PB), Lipídeos de raízes de cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015.....47
- Tabela 4.** Composição centesimal da farinha, teores fibra bruta e de Cinzas de raízes de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015..... 49
- Tabela 5.** Produção de amido em toneladas por hectare ($t \cdot ha^{-1}$), produtividade de etanol teórico em m^3 por hectare de raízes de batata-doce. Palmas, TO.2015 51

LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO III

- Tabela 1.** Produtividade total de ramos fresca (PTRF) $t \cdot ha^{-1}$, teor de matéria seca de ramos (TMSR) e produtividade de matéria seca de ramos (PMSR) $t \cdot ha^{-1}$, de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015 64
- Tabela 2.** Composição centesimal do substrato seco e moído de ramos, teores de Fibra em Detergente Ácido (FDA), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Hemicelulose (HC), Proteína Bruta (PB), Cinzas (CZ), Lipídeos (LP) de seis cultivares de batata-doce de batata doce. Palmas, TO. 2015 65
- Tabela 3.** Produtividade média de proteína bruta de ramos (PPB) $t \cdot ha^{-1}$ e produtividade média de biomassa lignocelulósica de ramos (PBLC) $t \cdot ha^{-1}$, de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015..... 67

LISTA DE APÊNDICES

1. – Sugestão para futuras pesquisas	72
2. – Confeção de mudas.....	73
3. – Coleta de ramas e raízes de Batata-doce	74

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento industrial pujante do século XX e a acelerada mecanização das atividades humanas culminaram em um cenário de exploração e uso de combustíveis poluentes, derivados do petróleo, ao qual produz impactos ambientais longe de ser ou quantificados e muito menos superados. Em contrapartida, vem se tentando ainda que a passos lentos o uso de energias renováveis e limpas como a Biomassa. O aproveitamento da energia solar convertida nas plantas para energia química e essa em biocombustíveis como o etanol pode ser a saída para a crise ambiental em que vivemos.

Um país de dimensões continentais que possui o clima tropical úmido, terras disponíveis, mão-de-obra rural abundante e nível industrial e tecnológico compatível, poderá fazer o Brasil ser uma grande potência na produção de biomassa para fins energéticos, sem contar na riqueza em biodiversidade e em recursos hídricos. Entre diversos tipos de biomassa podemos destacar a batata-doce que é pouco consumida como alimento no País e possui características como adaptabilidade, ciclo rápido, concentração de amido, e alto teor de matéria seca.

A utilização da batata-doce poderia suprir as necessidades deste combustível durante as épocas de entressafra da cana-de-açúcar, já que esta matéria prima apresenta disponibilidade em todo ano e em todo o país. Ainda pouco se tem feito em melhoramento de batata doce visando o uso como matéria-prima alternativa para a produção de energia.

No Estado do Tocantins há trabalhos realizados no melhoramento genético visando à produção de etanol em larga escala, levando em consideração a produtividade de raízes e a resistência a pragas e doenças de solo. Com o conceito de cultura alternativa para produção de etanol, o melhoramento e a seleção de clones de batata-doce devem buscar genótipos de alta produtividade de raízes e com alto teor de amido não levando em consideração aspectos visuais.

A larga experiência do Brasil na produção de etanol, desde a época colonial, aliado ao desenvolvimento agrícola das últimas décadas eleva o país a condição de um potencial competidor nos mercados podendo torna-se referência

como gerador de riquezas e fornecedor de tecnologia aos países em desenvolvimento. A cultura da batata-doce é muito popular, sendo cultivada em todas as regiões do país. Embora seja utilizada pouca tecnologia nesta cultura, seus índices de produtividade têm aumentado, principalmente por ser uma cultura muito simples e de fácil manuseio na pós-colheita.

Há ainda muito a se avançar na produção industrial de batata-doce com relação à produtividade, a média nacional é por volta de 12 t.ha⁻¹, mas não é difícil observarmos produção acima de 50 t.ha⁻¹. Uma das questões é a qualidade de mudas no cultivo que praticamente é feita por estaquia (clones das ramas). Há trabalhos que apresentam diferença em produtividade em mais de 200% quando usam mudas cultivadas *in vitro* e até 100% ao utilizarem brotos da própria batata-doce descontaminada.

Outro gargalo é a subutilização das ramas, que podem ser aproveitadas como co-produto agregando valor a cadeia produtiva do etanol de batata-doce. Sabe-se que a biomassa da parte aérea (ramas e folhas) possui em sua composição altos teores de proteína e carboidratos complexos, aliado a uma produtividade média de 20 toneladas por hectare. Podendo ter múltiplas aplicações como na fabricação de rações para animais, alimentação humana e produção de etanol de 2^o geração.

Visto o exposto o estudo tem com finalidade realizar uma avaliação de seis cultivares do banco de germoplasma da UFT, no que diz respeito a produtividade, composição e aproveitamento das ramas. Tem-se ainda como objetivo comparar o plantio convencional (estaquias das ramas) com o plantio de mudas de brotos direto da raiz e conhecer qualitativamente as ramas das cultivares. Tal comparação busca a otimização da produção da cultura e sustentabilidade do uso desta biomassa na produção de etanol.

PALAVRAS-CHAVE: *Ipomoea batatas*; etanol; produtividade; composição.

Capítulo I

Revisão de Literatura

1 – A BATATA-DOCE - (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)

A espécie *Ipomoea batatas* L. pertence à família das convolvuláceas tendo como origem a América do Sul, e pode ser encontrada desde a Península de Yucatam, no México até a Colômbia (FILGUEIRA, 2007). A batata-doce é a única da espécie cujos indivíduos são hexaplóides ($2n = 6x = 90$), sendo este nível de ploidia provavelmente responsável pela alta variabilidade genética encontrada (RITSCHER et al., 2010). É uma hortaliça tuberosa, de ampla adaptabilidade, cultivada em praticamente todo o território brasileiro, devido à ampla adaptação, grande diversidade genotípica, com alta tolerância à seca e de fácil produção (CAVALCANTE et al., 2009). Apesar de ter importância social e econômica fundamental, ainda é pouco valorizada no Brasil (SILVA et al., 2004).

A batata-doce possui um sistema radicular profundo podendo chegar a 1,6m de profundidade, dependendo do tipo de solo o que confere a espécie tolerância a seca. A planta possui caule herbáceo de hábito prostrado, com ramificações de tamanho, cor e pilosidade variáveis; folhas largas, com formato, cor e recortes variáveis; pecíolo longo; flores hermafroditas, mas de fecundação cruzada devido à sua autoincompatibilidade; frutos do tipo cápsula deiscente com duas, três ou quatro sementes. Da fertilização da flor à deiscência do fruto transcorrem seis semanas (EDMOND; AMMERMAN, 1971).

Segundo Folquer (1978), a temperatura para o bom desenvolvimento do sistema radicular da batata-doce é de 24 a 27°C. A parte aérea tem ótimo desenvolvimento a 30°C e mínimo a 15°C. Assim sendo, a cultura exige temperaturas altas e não tolera geada sendo cultivada numa larga faixa de latitude (40° Norte e Sul), em altitudes de até 2700 m. Para um bom desenvolvimento vegetativo, a cultura exige temperatura média superior a 24°C, alta luminosidade, fotoperíodo longo e adequada umidade no solo.

O Estado do Tocantins está localizado no centro geográfico do país entre as latitudes S5°10'06" e S13°27'59" e longitudes W50°44'33" e W45°41'46", o clima da região é considerado sub-úmido seco com moderada deficiência hídrica no inverno. As precipitações médias anuais oscilam entre 1.400 e 1.600mm com temperatura média anual variando entre 25 e 27°C. O que potencializa o Estado como futuro produtor de batata-doce para fins agroenergéticos (SEPLAN, 2008).

A batata-doce é cultivada como planta anual por propagação vegetativa usando ou raízes de armazenamento ou de estacas. A haste é cilíndrica e o seu comprimento depende do hábito de crescimento da cultivar e a disponibilidade de água no solo. As folhas são simples e arrançadas em espiral, alternativamente, na haste. Sua cor pode ser verde, verde-amarelado, ou pode ter pigmentação roxa em parte ou todas as lâminas foliares (MOHANRAJ e SIVASANKAR, 2014).

A batata-doce é relativamente nutritiva por ser rica em hidratos de carbono, vitamina A e C, bem como fonte de minerais e largamente utilizada como alimento principalmente por comunidades de subsistência. A ampla adaptabilidade de crescer em vários ambientes, respondendo bem, a curtos e longos períodos de colheita. Entretanto, a sustentabilidade da produção de batata-doce é altamente necessária para atender uma maior demanda, que assegure a alimentação e a produção de etanol combustível (WIDODO et al., 2015).

Nas diversas regiões do Brasil onde é cultivada, observa-se uma grande diversidade genética, provavelmente decorrente das frequentes introduções de plantas desta espécie oriundas de locais distantes do centro de origem, diversificação ou cultivo, associadas à sua eficiente reprodução sexuada e assexuada (SILVA et al., 2004). Planta adaptada ao país devido ser originária da América tropical, se tornando a terceira tuberosa mais cultivada no Brasil, consumida na forma assada ou cozida e industrializada na forma de doces (LEONEL e CEREDA, 2002).

As raízes tuberosas da batata-doce são o principal produto comercial, por isso é de fundamental importância que o material genético utilizado para cultivo comercial apresente além de alta produtividade, formato de raízes comercialmente aceitável e resistência aos insetos de solo, que danificam as raízes, podendo torná-las imprestáveis até mesmo para o consumo animal (MASSAROTO et al., 2014).

Tal tubérculo também pode ser uma alternativa saudável, pois não é apenas rica em carboidratos, mas também é benéfica para a saúde cardiovascular, longevidade, prevenção de diabetes e reduz o risco de câncer, devido uma substância chamada de 4-ipomeanol, presente na batata-doce infectada com fungos que exibe atividade citotóxica significativa, podendo ser

utilizada como uma vantagem na descoberta de medicamentos para o combate de câncer de pulmão (MOHANRAJ e SIVASANKAR, 2014).

A batata-doce é uma matéria prima muito versátil e o elevado número de cultivares com características diferentes é um fator que aumenta a potencialidade de uso industrial, dentre esses usos podemos destacar a produção de combustível líquido derivado da biomassa da batata-doce, o etanol (FABRI et al., 2008). Conforme Magalhães (2007), é uma cultura que apresenta uma ótima produção de biomassa para obtenção de etanol associada ao baixo custo de produção.

1.2 – Produtividade da cultura

A batata-doce é a sexta hortaliça mais consumida no mundo, com aproximadamente 105 milhões de toneladas produzidas por ano, safra de 2012, entretanto 94% da sua produção é realizada por países em desenvolvimento (CIP, 2013). No Brasil em 2012, a batata-doce ocupou a sétima posição entre as hortaliças mais produzidas. Esta cultura pode ser utilizada na alimentação humana, animal e como matéria-prima em processos industriais na obtenção de amido, farinhas e álcool combustível. Entretanto a produção nacional teve uma queda nos últimos anos que teve pico em 1994 com 655 mil toneladas e vem diminuindo chegando em 2012 a 479 mil toneladas, com o custo de produção orçado em \$ 272,21/ton (IBGE, 2012).

Mundialmente a batata-doce é produzida em 116 países totalizando 110,74 milhões de toneladas em áreas plantadas de 8,24 milhões de hectares, obtendo-se um rendimento de 13,43 t.ha⁻¹. Este rendimento é muito semelhante à média brasileira (12,28 t.ha⁻¹), ocorrida no ano de 2013, entretanto, ao comparar-se com os maiores produtores mundiais como Estados Unidos com média de (24,54 t.ha⁻¹), China (22,44 t.ha⁻¹) e Angola (7,34 t.ha⁻¹), percebemos que o Brasil possui rendimento em produtividade por hectare próximo à metade dos maiores produtores e gradualmente acima do segundo maior produtor mundial, Angola, ao analisar-se a safra 2013 (FAO, 2015). Esta diferença entre área plantada e produção total, pode estar ligada a diversos fatores como: investimento tecnológico, prioridade da cultura, fertilidade do solo e melhoramento genético.

Em contra partida, médias de produtividade de batata-doce acima de 40 t.ha⁻¹ são facilmente alcançadas. Por exemplo, em experimento no Estado do Tocantins alguns genótipos atingiram médias quase quatro vezes maiores que a nacional, por BDI199-73, BDI (2011) 52 e a cultivar Duda-89, com produtividades médias de 46,99, 46,60 e 44,55 t.ha⁻¹, respectivamente (MENDES et al., 2014).

No entanto, as baixas produtividades de batata-doce no Brasil, podem ser decorrentes, principalmente, da utilização de materiais genéticos degenerados e contaminados, suscetíveis a pragas e doenças. A degenerescência é favorecida pelo fato de a cultura ser propagada comercialmente por meio de reprodução assexuada, com uso de ramas, o que acentua o problema a cada geração (KROTH et al., 2004). Por conseguinte, o emprego de materiais genéticos obsoletos, suscetíveis a pragas e doenças de solo e o desconhecimento de práticas culturais apropriadas são decorrentes do uso de tecnologia de produção inadequada e da pouca pesquisa visando o desenvolvimento de novas cultivares (CAVALCANTE et al., 2012).

Em consonância Martins (2013), afirma que a produtividade brasileira de batata-doce está muito abaixo do potencial da cultura. Além da deficiência no uso de tecnologias um dos motivos da baixa produtividade são os problemas fitossanitários, que comprometem a produção. As doenças fúngicas estão entre as maiores causadoras de prejuízos econômicos, atacando as raízes, parte da planta que possui valor comercial. Entre as doenças destaca-se o mal-do-pé (*Plenodomus destruens*), a sarna (*Monilochaetes infuscans*) e a podridão mole (*Rhizopus* sp). Podemos destacar também os fitopatógenos como os nematoides do gênero *Meloidogyne*, também conhecidos como nematoides-das-galhas, sendo considerados os mais importantes do mundo. Esses fitonematoides causam grandes perdas em culturas de interesse agrônomo, atacando uma grande diversidade de espécies, o que reflete em baixa produtividade e grandes prejuízos para o agricultor (NEVES et al., 2010).

Outro fator é o falta de programas de melhoramento genético com continuidade e integração entre pesquisadores, pois está embasado na existência de variabilidade genética das populações, manutenção de banco de germoplasma, interação entre pesquisadores e investimentos em tecnologia. Isso

permite aos futuros programas de melhoramento genético obter novas cultivares mais produtivas e resistentes a pragas e doenças (MARTINS et al., 2012).

Segundo Cruz et al. (2012), para o melhoramento genético, as análises biométricas, sobretudo as estimativas de parâmetros genéticos como variância genotípica, coeficiente de variação genético, herdabilidade e índice de variação são determinantes na escolha de métodos de melhoramento mais adequados à cultura. Isto permite fazer inferências sobre a predição de ganhos com a seleção. Em consonância, no Estado do Tocantins com o intuito de solucionar entraves na utilização da cultura, em 1997 foi iniciado um programa de melhoramento genético voltado para o aumento da biomassa de raízes tuberosas e de teores de amido da batata-doce visando à produção de etanol (SILVEIRA, 2008).

No entanto Cavalcante et al. (2009), relatam que ainda não há variedades específicas recomendadas para cultivo em cada região. Entretanto, a exploração da variabilidade genética existente nas diversas populações da espécie foi o foco de muitos trabalhos, possibilitando a seleção de genótipos para inúmeros propósitos.

Haja vista que, alguns materiais apresentam baixa resistência, o que pode ser resolvido buscando germoplasmas selvagens advindos do centro de maior diversidade da espécie. No caso da resistência ser derivada de um ou pouco genes, ela pode ser introduzida em uma cultivar comercial através do método dos retro-cruzamentos. De qualquer forma, a conservação de variabilidade genética em bancos de germoplasma é muito importante para garantir que genes de resistência presentes em variedades selvagens, crioulas ou espécies aparentadas não sejam perdidos. Além da conservação, também é importante a caracterização das diferentes fontes de germoplasma para a resistência a diferentes doenças (BESPALHOK et al., 2009).

No entanto, a batata-doce por ser uma espécie de multiplicação essencialmente vegetativa e devido aos mecanismos de auto-incompatibilidade presentes, apresenta um alto grau de heterozigose e larga base genética (OLIVEIRA et al., 2002). Uma estratégia importante para tornar mais eficiente a exploração da variabilidade genética resultante da propagação sexuada pode ser o cruzamento biparental. O método do cruzamento resulta entre pais conhecidos e com características desejáveis para uso como matéria prima para finalidade

industrial, combinando elevada produtividade agrícola com elevado teor de matéria seca, amido e açúcares totais (MENDES et al., 2014).

Ainda há muito a desenvolver e estudar quando trata-se da produção de mudas para o desenvolvimento da cultura em larga escala da batata-doce. Geralmente as ramas obtidas para as lavouras comerciais se dão por meio do uso de material vegetativo. A seleção de materiais com boa sanidade favorece o a produtividade da cultura. No cultivo da mandioca, a utilização de manivas de boa qualidade tem influência direta no aumento da produtividade, proporcionando incrementos na produção da cultura de até 30%, sem alteração de outras práticas culturais ou utilização de insumos (RODRIGUES et al., 2008).

Em um estudo realizado por Mutandwa (2008), com o objetivo de avaliar o desempenho de batata-doce propagada *in vitro* com pequenos produtores do Zimbábue (África) o autor verificou aumento no rendimento de 260%, passando de 0,5 t.ha⁻¹ para 1,8 t.ha⁻¹. O que mostra que há diferenças na produtividade dentro do mesmo genótipo com relação ao tipo de muda cultivada.

2 – Composições das raízes e ramas

Considerada um alimento energético a batata-doce, apresenta nas raízes entre 16 a 40% de massa seca, dos quais 75 a 90% são carboidratos compostos por açúcar, celulose, pectina e hemicelulose (BOUWKAMP, 1985). Em estudo recente para análise centesimal da farinha de batata-doce foi obtido média de 7,05% para umidade, 65,18% amido, 5,48% de proteína, 18,81% de fibras, 0,6% de lipídeos, 2,88% de cinzas e valor energético de 287,88 kcal (NASCIMENTO et al. 2013).

Os depósitos permanentes de amido nas plantas ocorrem principalmente nos órgãos de reserva como é o caso de grãos de cereais, como o arroz, o milho e o trigo; de tubérculos e de raízes, como a batata, a mandioca, o taro, a batata-doce e outras e de leguminosas, como o feijão e ervilha (CIACCO e CRUZ, 1987; LEONEL e CEREDA, 2002). O amido é o principal carboidrato de reserva em todas as plantas superiores como é o caso das raízes de batata-doce que apresenta mais de 50% em farinhas. Em seu estado nativo, o amido é insolúvel em água fria, apresentando grânulos parcialmente cristalinos, composição

química e estrutura molecular são características de cada espécie em particular (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO, 2006).

Segundo Lehninger (1995), o amido é formado por dois tipos de polímeros da glicose: amilose e amilopectina, a relação destes dois componentes varia de acordo com o tipo de amido, mas normalmente os amidos contêm entre 18 a 30% de amilose. A amilopectina é o maior componente do amido compreendendo 70-80% do seu peso, é altamente ramificada e as unidades de α -D-glucanopiranosose estão unidas entre si por ligações glicosídicas α -1,4; já as cadeias das ramificações, constituídas de 20 a 25 unidades de α -D-glucanopiranosose, estão unidas por ligações glicosídicas α -1,6, compreendendo cerca de 5% das ligações na molécula do amido (JOBBLING, 2004).

A proporção de amilose e amilopectina varia conforme a fonte botânica, o que irá conferir características específicas à pasta de amido, dentre elas a viscosidade e o poder de gelificação. O amido deve muito de sua funcionalidade e organização física a estas duas macromoléculas (BILIADERIS, 1991). Entretanto, o teor de amilose em amidos de cereais é maior que aqueles encontrados em amidos de raízes e tubérculos, que contêm cerca de 20%. Gallant et al. (1997), estudando alguns amidos de tuberosas como mandioca, batata-doce, inhame, taro e biri, encontraram teores de amilose de 8-16%; 18%; 10-15%; 9-17% e 27%, respectivamente.

O amido presente nas raízes, tubérculos e cereais deve ser convertido em açúcar para ser submetido à fermentação por leveduras. A hidrólise ou sacarificação do amido pode ser feita por via ácida ou pela via enzimática, em processos contínuos ou descontínuos. A hidrólise ácida diminui o tempo relativo à sacarificação do amido, porém apresenta uma série de restrições, tais como corrosão de equipamentos, necessidade de correção do pH da solução açucarada, destruição parcial dos açúcares e formação de açúcares não fermentescíveis. A hidrólise enzimática ocorre em reatores onde são utilizadas enzimas de origem vegetal ou microbiana, destacando-se as enzimas α -amilase e amiloglicosidase (VENTURINI FILHO & MENDES, 2003).

A hidrólise ocorre por desdobramento total das moléculas de amilose ou amilopectina, que ao se romperem transformam-se em dextrinas cada vez mais

simples e finalmente a glucose. O amido não tem sabor, mas os produtos de uma hidrólise intensa apresentam sabor adocicado (FRANCO et al., 2001).

Segundo Gonçalves Neto et al. (2011), a batata-doce embora ainda pouco utilizada possui grande potencial para a produção de etanol. A batata-doce tem em sua composição amido de alta qualidade e que apresenta um teor de 14,72% de amido (base úmida), com rendimento potencial de amido de 2,9 t.ha⁻¹. Porém a produtividade de amido por hectare da batata doce deve ser superior à dos grãos e as cultivares devem ter alto teor de amido.

McArdle e Bouwkamp (1982), avaliaram o potencial da batata doce para a produção de etanol, utilizando cultivares de batata doce com alto teor de amido nas raízes. E encontraram produtividades superiores a 5,8 t.ha⁻¹ de amido em sistema produtivo com baixa utilização de insumos agrícolas e taxa de conversão em etanol superior a 76%. Porém, em estudos recentes realizados por Masiero (2012), o genótipo BRS-Cuia apresentou 25,57% (base úmida) podendo chegar a produção estimada de etanol de 7,4 m³.ha⁻¹.

Em contra partida, a composição centesimal de ramas de batata-doce apresentam fibra bruta (14,26%) e gordura bruta (5,28%). É observado também bons teores dos micronutrientes K, Na, Mg constituindo uma excelente fonte de polifenóis. As folhas de batata-doce contêm vários nutrientes e compostos bioativos, devendo ser consumidas como vegetais de folhas em uma tentativa de reduzir a desnutrição, especialmente nos países em desenvolvimento (SUN et al., 2014). O que agrega valor ainda maior a biomassa potencializando como produto altamente sustentável.

3 – Biomassa para produção de etanol

A matriz energética sofreu modificações ao longo do tempo, contudo, hoje é possível afirmar que estamos em uma era das fontes energéticas de origem fósseis. Mesmo com processos de busca e introdução de energias limpas e renováveis, o mundo continua investindo na procura de novas reservas de petróleo e de outros materiais. Haja vista o Brasil apresenta uma contradição nacional, com o investimento no Programa Pré-Sal e o etanol como combustível limpo e alternativo.

A biomassa pode ser utilizada como fonte de energia, direta ou indireta. Diretamente, se produz calor como produto energético imediato, através da sua combustão. A forma indireta é a combustão após passagem por um processo, podendo este ser: físico, termodinâmico (pirólise, gaseificação e liquefação) ou biológico (digestão anaeróbica e fermentação), originando uma segunda fonte energética, podendo ser sólido, líquido ou gasoso. Exemplos de fontes energéticas secundárias de biomassa são: biocombustíveis, lenha, carvão vegetal e gás. Neste sentido, a energia química potencial armazenada nas plantas pode ser utilizada na forma de combustíveis (SCHUTZ; MASSUQUETTI; ALVES, 2013).

No ponto de vista ambiental, a utilização de biocombustíveis diminui os gastos com energia e a emissão de gases tóxicos para a atmosfera, além de despertar um significativo interesse econômico. O uso de biocombustível em automóveis reduz em 80 % a emissão de CO₂ na atmosfera (SWISSINFO, 2012).

O Brasil apresenta características adequadas à produção de biomassa para fins energéticos, além de se destacar mundialmente como precursor desta tecnologia. Segundo Leal et al. (2010), apesar do seu potencial como matéria-prima alternativa para a produção de energia, existem poucos trabalhos de pesquisa com a cultura da batata-doce, sendo que a maioria dos programas de melhoramento e seleção de genótipos visa, geralmente, características de aceitação comercial como aspecto visual. Contudo, o conceito de cultura alternativa para produção de etanol, o melhoramento e a seleção de clones de batata-doce devem buscar genótipos de alta produtividade de raízes e com alto teor de amido sem levar em consideração apenas os aspectos visuais.

A ampliação da participação da biomassa, a partir do desenvolvimento de fontes amiláceas, propicia a oportunidade de executar políticas de cunho social, ambiental e econômico em todo o território nacional. Será também uma iniciativa para promover um importante aumento de novos investimentos, emprego, renda e desenvolvimento tecnológico, além de uma oportunidade para atender parte da crescente demanda mundial por combustível de reduzido impacto ambiental (SALLA; CABELLO, 2010).

A utilização dos "combustíveis limpos", não derivados de petróleo, e fontes minerais, pode impulsionar a produção de álcool a partir da batata-doce no Brasil,

com a vantagem de não poluir. O princípio básico da produção na agricultura é a conversão, pelas plantas, da energia solar em energia química. Programas de biomassa, responsáveis por 25% da energia primária do País, também podem representar um incremento na geração de empregos e diminuição dos danos ambientais causados pelo petróleo e pela cana-de-açúcar (CASTRO et al., 2013).

As razões econômicas (economia de divisas) e sociais (geração de empregos) inspiraram a utilização do etanol como combustível, mas sua sustentabilidade também se baseia na contribuição para a melhoria do meio ambiente. O ideal de um combustível limpo e renovável tornou o etanol um grande aliado na luta contra a degradação ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos, e também ofereceu ao mundo a oportunidade de comercializar um combustível que expõe o mercado global a livre concorrência, uma vez que pode vir a ser produzido em diversos países, mediante aos variados produtos e preços diferenciados (BAZILIO et al., 2008).

O uso de amiláceas na produção de biocombustíveis não é nova, inclusive a batata-doce. Em 1909 foi publicado estudo onde foram avaliados os principais interferentes (produtividade e teor de matéria seca de raízes) no rendimento de etanol, sendo sugerido que a produtividade de raízes seria o principal fator (KEITT, 1909). O etanol produzido a partir da batata doce foi utilizado pelo Japão, como combustível, no período da segunda guerra mundial (NEELY, 1997).

Nos anos 80, Sachs (1980), sugeriu a necessidade de substituição do uso de grãos, como o milho, nos processos fermentativos para a obtenção de etanol. Segundo ele dentre as várias matérias-primas alternativas para a produção de etanol destacou-se a batata doce, que foi considerada adequada para esta finalidade.

O Brasil é pioneiro na utilização de combustíveis líquidos renováveis. O etanol foi introduzido no Brasil na década de 1970 por meio do Programa Nacional do Alcool (PRÓ-ÁLCOOL) utilizando como matéria prima a cana-de-açúcar (PAULA, 2008). Mas somente no século 21 se consolidou, principalmente através de ações corporativas, articulando cada vez mais segmentos econômicos, sociais e políticos, marcada pela liberação de preços dos produtos setoriais, introdução dos veículos *flexfuel*, possibilidades de aumento nas exportações de

etanol e patamares de preços elevados de petróleo no mercado mundial (VEIGA FILHO E RAMOS, 2006).

O etanol combustível utilizado hoje é produzido principalmente a partir de fontes renováveis como a cana-de-açúcar no Brasil, milho nos Estados Unidos e beterraba açucareira na Europa. No entanto, utilizar grãos para a produção de etanol parece não ser sustentável, principalmente pelo aumento da população mundial e conseqüentemente da demanda por alimentos. Assim, o etanol deve ser produzido a partir de outras fontes (Y. JIN et al., 2012).

No Estado do Tocantins, a Universidade Federal do Tocantins vem desenvolvendo um programa de melhoramento de batata-doce, iniciado em 1997, voltado especialmente para agroenergia. Neste programa, foram selecionados clones de alta produtividade e alto teor de amido nas raízes (LEAL et al., 2010). Contudo, o melhoramento genético pode ir além de produtividade e composição, agindo na otimização do processo industrial, tanto para amplificar a atividade de enzimas quanto o desempenho fermentativo podendo agregar valores de conversão do amido em etanol de modo a possibilitar ampliação da escala produtiva (PEIXOTO et al., 2014). A redução de custos é um objetivo evidente para a produção de etanol de fontes amiláceas. Isto poderia ser atingido, dentre outras maneiras, pela redução do consumo de enzimas amilolíticas utilizadas no processo (KLOSOWSKI et al., 2006).

Vale salientar que também é importante trabalhar com altas concentrações de matéria seca no meio fermentativo, aumentando a eficiência. Primordial para reduzir os problemas de manuseamento associados com a alta viscosidade do material, a eficiência da fermentação influencia o consumo global de energia, revelando a necessidade de leveduras industriais de elevado desempenho. Para batata-doce, é importante ter variedades com elevado teor de hidratos de carbono transformável em etanol, mostrando a relevância dos programas de melhorar as culturas agrícolas (FERRARI et al., 2013).

A biomassa com finalidade industrial na geração de biocombustível como o etanol deve conciliar elevada produtividade agrícola com elevado teor de matéria seca, amido e açúcares totais. A batata-doce combina tudo isso, e ainda possui um papel social, uso da mão de obra primária. Podendo chegar à produção

estimada de etanol a 11,24 m³ por hectare, quase o dobro da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar (DAMASCENO et al., 2014).

3.1 – Bioetanol Lignocelulósico

O bioetanol, etanol lignocelulósico ou etanol de segunda geração é obtido por meio da hidrólise de polissacarídeos presentes na parede celular de biomassas. A biomassa lignocelulósica (e.g., gramíneas, palha de trigo, bagaço e palha de milho, madeira) é geograficamente distribuída e a sua conversão em bioetanol favorece a redução das emissões dos gases do efeito estufa (GEF) em comparação com as emissões da combustão de gasolina (SLADE *et al.*, 2009; RUBIN, 2008 e DOE, 2006).

Segundo Goldemberg (2009), para o desenvolvimento de biomassa energética com as práticas agrícolas e florestais sustentáveis, tem que melhorar a produtividade de plantios, considerando o solo, a água e o uso de nutrientes, desenvolvendo principalmente tecnologias de produção avançada de matérias-primas e a sua conversão em combustível. Os biocombustíveis oriundos de biomassa lignocelulósica se apresentam de forma promissora, principalmente, quando se considera a minimização de eminentes conflitos entre produção alimentícia e energética e, na parte ambiental, contribuindo de forma significativa nos benefícios ambientais (redução de gases do efeito estufa) relativos ao uso de combustíveis fósseis.

O Brasil tem mais de 80% dos seus veículos rodando com bioetanol e até mesmo pequenos motores de avião já estão sendo desenvolvidos. No entanto, a utilização de alimentos tais como colheitas de milho, açúcar beterraba, etc, para a produção de etanol poderia causar conflito com a produção de alimentos. A principal vantagem da produção de etanol a partir do bagaço de cana no Brasil é o uso de um resíduo, quase 10% da produção total, que normalmente é rejeitado e causa problemas ambientais (SOCCOL et al., 2010).

Vale ressaltar que, o aumento da produção de etanol só será possível se as redes de pesquisa, desenvolvimento e inovação tiverem um apoio, através de recursos financeiros por parte do governo, com o intuito de desenvolver tecnologias que serão capazes de obter energia, a partir de materiais lignocelu-

lósicos presentes na cana-de-açúcar e outros resíduos vegetais (palha de arroz, palha do milho, resíduos da indústria de papel e celulose, casca da soja, ramas de batata-doce e outros), a fim de atender as perspectivas em torno do cenário de maior participação da biomassa na matriz energética brasileira (GONÇALVES, 2011).

No entanto, cada uma das fontes de biomassa representa um desafio tecnológico. No caso do Brasil, ainda não há nenhuma razão para explorar ainda outras fontes. Pois a implantação da tecnologia de etanol de cana de açúcar e do bagaço no Brasil é favorecida devido ao processo de produção podendo ser anexada as unidades de açúcar/etanol já em vigor, onde exige investimentos mais baixos em infra-estrutura, logística e fornecimento de energia. Além disso, o bagaço é gerada nas unidades industriais e, como tal livre custo de transporte. Este é um cenário promissor, pois a partir de cada 10 milhões de toneladas de biomassa seca, 600 milhões de litros de etanol pode ser produzido, considerando o uso de apenas a sua parte celulósica (SOCCOL et al., 2010).

Portando a utilização de celulose, para a produção de etanol em larga escala, ainda é preciso vencer entraves com desenvolvimento pesquisas voltados: a tecnologias mais eficientes para a biomassa lignocelulósica no que diz respeito ao pré-tratamento, por exemplo, a aplicação de novos sistemas de engenharia de enzimas para a hidrólise da celulose; produção de microorganismos capazes de metabolizar os açúcares pentoses e hexoses, de forma simultânea, de maneira que resistam ao estresse imposto pelo processo de inibidores; e encontrar e possibilitar que micro-organismos geneticamente modificados se mantenham estáveis, em operações de fermentação em escala comercial; por fim gerar condições de viabilidade econômica (MARGEOT et al., 2009).

4 – Referências

BARRETO, H. G., et al. Estabilidade e adaptabilidade da produtividade e da reação a insetos de solo em genótipos experimentais e comerciais de batata-doce=Stability and adaptability in they iel dandre action to soilin sects in comercial and experimental genoty pesof sweet... **Bioscience Journal**, v.27, n.5 p. 739-747, 2011.

BAZILIO, A. C.; ALVES, N. C. G. F.; WANDER, A. E. Vantagem comparativa do álcool combustível brasileiro em relação aos Estados Unidos da América. **Revista de desenvolvimento econômico**. Ano X, n. 17. p. 67-74, 2008.

BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M; ACEVEDO, E. A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Carbohidratos em alimentos regional e sibero americanos. São Paulo: Ed. USP, Cap. 1, p. 17-46. 2006.

BESPALHOK FILHO, J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R.A. Melhoramento de populações por meio de seleção. 2009. Disponível em: <http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/>. Acesso em: 11 set. 2014.

BILIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food. **Canadian J. of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 69, p. 60-78, 1991.

BOUWKAMP, J. C. Sweet potato products: a natural e resource for the tropics. Davis: Library of Congress Cataloging, 1985. 271 p.

CASTRO, L. A. S. de; TREPTOW, R.; BECKER, A. POTENCIALIDADE DA CULTIVAR DE BATATA-DOCE BRS-CUIA COMO MATÉRIA PRIMA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 4.; REUNIÃO TÉCNICA DE AGROENERGIA, 4., 2012, AMRIGS: Porto Alegre. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. Organizado por Sérgio Delmar dos Anjos e Silva Ivan Rodrigues de Almeida, 2013.

CAVALCANTE, J. T.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em clones de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), Rio Largo - Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2012.

CAVALCANTE, M. et al. Potenciais produtivo e genético de clones de batata-doce. **Acta Scientia rum Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 3, p. 421-426, 2009.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. Tecnologia Agroindustrial: Fabricação de amido e sua utilização. São Paulo, **Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia**, v.7. 152p.1987.

CIP. Centro Internacional de la Papa. 2013. CIP Sweet potato Facts – Facts and figures about sweet potato. Disponível em: .Acesso em: 12 ago. 2014.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3. ed. **Viçosa: UFV**. 480p., 2012.

DAMASCENO, L.B.; et al. Genótipos de batata-doce com base no rendimento de etanol via cruzamentos biparental no Estado do Tocantins. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p.0022 – S0030, 2014.

DOI, Roy; KOSUGI, Akihiko. Cellulosomes: plant-cell-wall-degrading enzyme complexes. *Nature Reviews Microbiology*, Londres Inglaterra, v.2, f.7, p.541(11),Julho 2004.

EDMOND, J. B.; AMMERMAN, G. R. Sweet Potatoes – Production Processing Marketing. **The air Publishing Company, INC**, 58 p.1971.

FRANCO, C. M. L. et al. Propriedades gerais do amido. São Paulo: Fundação Cargil, 2001. 221p. (Serie Culturas Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, 1).

FABRI, E. G. et al. Variabilidade genética em batata doce alaranjada com base em marcadores microssatélites. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 48. , 2008, Maringá.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.FAOSTAT | © FAO Statistics Division. 2013. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 04 de maio 2015.

FILGUEIRA, A.F.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV. 421p., 2007.

FERRARI, M. D.; GUIGOU, M.; LAREO, C. Energy consumption evaluation of fuel bioethanol production from sweet potato. **Bioresource Technology**, v. 136 p.377–384, 2013. disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.045> . Acesso em: 10 de Abril 2015.

FOLQUER, F. La batata (camote). Estudio de La planta y su producción comercial. Buenos Aires: **Editorial Hemisfério Sur AS**, 145p.1978.

GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. **Carbohydrate polymers**, v.32, n.3-4, p. 177-191, 1997.

GONÇALVES, R. C., et al. Desafios e perspectivas da produção de etanol no Brasil – uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 12, n. 18, p. 107-206, jul./dez. 2011.

JOBLING, S. Improving starch for food and industrial applications.**Current Opinion in Plant Biology**, v.7, n.2, p.210-218, 2004.

KEITT, T. E. Sweet potato work in 1908. **North Carolina Agricultural Experimental Station**. Bulletin n.146.1909. 21p.

KLOSOWSKI, G.; CZUPRYN, B.; WOLSKA, M. Characteristics of alcoholic fermentation with the application of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts: As-4 strain and I-7-43 fusant with amylolytic properties. **Journal of Food Engineering**, n. 76, p. 500-505, 2006.

KROTH, L.L.; DANIELS, J.; PIEROBOM, C.R. Degenerescência da batata-doce no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1 p.79-82, 2004.

LEAL, M. R. L. V. et al. Outras matérias-primas para a produção de etanol. *In*: CORTEZ, Luís Augusto Barbosa (Org.). **Bioetanol de Cana-de-Açúcar: P&D para produtividade e Sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, v. 01, p. 519-539, 2010.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.65-69, 2002.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Ciclo do ácido cítrico *In*: Lodi, WR; Simões AA (tradutores). **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Savier, p. 331-354, 1995.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.

GONÇALVES NETO, A.C. et al. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.46, n. 11, p.1513-1520, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. Produção agrícola municipal. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2012/default.shtm/>. Acesso em: 10 de março de 2015.

MAGALHÃES, K. A. B. Análise da sustentabilidade da cadeia produtiva de etanol de batata doce no município de Palmas-TO. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência do Meio Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins. Palmas-TO.

MARGEOT, A. B. *et al.* New improvements for lignocellulosic ethanol. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. 372-380, Jun. 2009.

MASSAROTO, J. A. et al. Desempenho de clones de batata-doce Behavior of roots of sweet potato clones. **Ambiência**, v. 10, n. 1, p. 73-81, 2014.

MASIERO, Sara Scomazzom. Microusinina de Batata-doce: Viabilidade econômica e técnica. 2012. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Escola de Engenharia, Faculdade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

MARTINS, E. C. A. et al. Variabilidade fenotípica e divergência genética em clones de batata doce no estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 691-697, 2012.

MARTINS, L. P. Avaliação da resistência ao mal-do-pé (*Plenodomus destruens*) em clones de batata-doce destinados a indústria de etanol. 2013. 42f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas.

McARDLE, R. N.; BOUWKAMP, J. C. Potential of sweet potato as a feedstock for small scale fuel ethanol production. **Hort science**, v.17, n.3, p.534,1982.

MENDES, F.C. et al. Potencial produtivo de genótipos de batata-doce obtidos de cruzamentos biparentais. **Horticultura Brasileira**, v.31, n. 2, p1843-1850, 2014.

MOHANRAJ, R. E SIVASANKAR, S. Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - A Valuable Medicinal Food: A Review. **Journal of medicinal food**. J Med Food, v.17, n.7, p.733-741, 2014.

MUTANDWA, E. Performance of tissue-cultured sweet potatoes among smallholder farmers in Zimbabwe. **Agbioforum**, v.11, n.1, p.48-57, 2008.
<<http://www.agbioforum.org/v11n1/v11n1a05-mutandwa.htm>> 10 Jan. 2013.

NASCIMENTO, K. D. O., et al. Caracterização química e informação nutricional de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) orgânica e biofortificada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 132-138.2013.

NEELY, G. L. Compound Engine Lubricating oils: 1925 to 1945. In: History of Aircraft Lubricants. Ed. **SAE International**: Oxford, p.75-82,1997.

NEVES, W. D. S.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; ZOOCA, R. J. F.; COUTINHO, M. M. Efeito de extratos botânicos sobre a eclosão e inativação de juvenis de *Meloidogyne javanica* e de *M. incognita*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 1, p.8, 2010.

OLIVEIRA, A.C.B., et al. Variabilidade genética em batata-doce com base em marcadores isoenzimáticos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n. 4, p.576-582, 2002.

PAULA, R. de A. Competitividade e renda agrícola: o caso da cadeia do etanol. 2008.116p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UNB. BRASILIA-DF.

PEIXOTO, A. B.; DE ALMEIDA, N. A.; MAUGERI, F. Bioetanol de fonte amilácea produzido por leveduras silvestres. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v. 2, n. 2, p. 25-39, 2014.

RITSCHER, P. S et al. Caracterização morfológica do germoplasma de batata doce mantido pela EPAGRI. **Embrapa Hortaliças**, Nº 16.1998. Disponível em: [HTTP://www.cnph.embrapa.br/pa/pa16.html](http://www.cnph.embrapa.br/pa/pa16.html). Acesso em 31 nov. 2014.

RODRIGUES, A. R. et al. Avaliação da capacidade de enraizamento, em água, de brotações, ponteiros e estacas herbáceas de clones de mandioca de mesa. **Revista agro@ambiente on-line**, v. 2, n. 1, p. 37-45, 2008.

RUBIN, Edward. Genomics of cellulosic biofuels. *Nature*, Londres, Inglaterra, v.454, f.7206, p.841-846, Agosto 2008.

SACHS, R. M. Crops feedstock for fuel alcohol production. **California Agriculture**, v.34, n.6, p.11-14, 1980.

SALLA, D. A.; CABELLO, C. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. **Revista Energia na Agricultura**, v. 25, n. 02, p. 32-53, 2010.

SUN, H., MU, T., XI, L., ZHANG, M., CHEN, J. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. **Food Chemistry** v.56, n.1 p.380–389. 2014. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.079>. Acesso em 22 de abril, 2015.

SANTOS, J. B.; NIENHUIS, J.; SKRCK, P.; TIVANG, J.; SLOCUM, M. K. Comparison of RAPD and RFLP genetic markers in determining genetic similarity among *Brassica oleracea* L. genotypes. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.87, n.8, p. 909- 915, 1994.

SCHUTZ, F.; MASSUQUETTI, A.; ALVES, T. W. Demanda e oferta energética: uma perspectiva mundial e nacional para o etanol. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 16, n. 16, p. 3167-3186, 2013.

SEPLAN - SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. 4 ed. Palmas, 49p., 2008.

SILVEIRA, M. A.; DIAS, L. E.; ALVIM, T. C. A cultura de bata-doce como fonte de matéria prima para etanol. Boletim Técnico. LASPER – UFT, Palmas-TO, 2008.

SILVA, J.B.C. da; LOPES, C.A.; MAGALHÃES J.S. Cultura da batata doce. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. (Embrapa Hortaliças. Sistemas de produção, 6). Disponível em <http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce/index.htm>. Acesso em: 12 dez. 2014.

SILVA, G. O.; PONIJALEKI, R.; SUINAGA, F. A. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando caracteres fenotípicos de raiz. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 595-599, 2012.

SLADE, Raphael; BAUEN, Ausilio; SHAH, Nilay. The greenhouse gas emissions performance of cellulosic ethanol supply chains in Europe. **Biotechnology for Biofuels**, Londres, Inglaterra, v.2, p.15, Ago. 2009.

SOCCOL, C.R. et al. Bioethanol from lignocelluloses: Status and perspectives in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 13, p. 4820-4825, Jul. 2010. Disponível: <http://www.researchgate.net/publication/40730246>. Acessado jun. de 2015.

SWISSINFO. Bioetanol chega na Suíça. Disponível em: <<http://www.swissinfo.org/por/index.html>>. Acesso em: 23 de nov. de 2014

VEIGA FILHO, A. A.; RAMOS, P. Proálcool e evidências de concentração na produção e processamento de cana-de-açúcar. **Informações Econômicas**, SP, v.36, n.7, jul. p.48 – 61. 2006.

VENTURINI FILHO, W. G.; MENDES, B. P. Fermentação alcoólica de raízes tropicais. In: FRANCO, C. M. F.; et al. Culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas: Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, v.3, p.530-576, 2003.

WIDODO, Y., WAHYUNINGSIHA, S., UEDAB, A. Sweet Potato Production for Bio-ethanol and Food Related Industry in Indonesia: Challenges for Sustainability. **Procedia Chemistry**, v.14, p.493–500, 2015. Disponível: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>. Acesso em 13 abril de 2015.

YANLING JIN; et al. Comparison of ethanol production performance in 10 varieties of sweet potato at different growth stages. **Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences**, N^o.9 Section 4, 2012.

Capítulo – II

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE BATATA-DOCE, CULTIVADAS A PARTIR DE DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS, OBJETIVANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE BATATA-DOCE, CULTIVADAS A PARTIR DE DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MUDAS, OBJETIVANDO A PRODUÇÃO DE ETANOL

CULTIVARS EVALUATION OF SWEET POTATO, CULTURED FROM TWO PLANTS PRODUCTION SYSTEMS, AIMING THE ETHANOL PRODUCTION

Resumo

A batata-doce possui características que a qualificam como fonte bioenergética, embora exista gargalos na otimização da produtividade da cultura em larga escala, essa biomassa apresenta um grande potencial para a produção industrial de etanol. O objetivo deste trabalho foi comparar seis cultivares de batata-doce, com relação a dois tipos de mudas no que tange a propagação vegetativa, uma originada da parte aérea (ramas) e outra da raiz tuberosa (brotos). Os parâmetros avaliados foram à produtividade total de raízes e de ramas, teor de matéria seca de raiz e ramas, a estimativa de produção por hectare, o rendimento teórico de etanol e a interação entre o tipo de muda e as cultivares analisadas. A partir da farinha das raízes foram realizadas as análises bromatológicas quantificando o teor de amido, proteína bruta, fibra bruta, lipídeos, cinzas e estimado a produtividade de amido por hectare. Os resultados evidenciaram genótipos de batata-doce com produtividade de raízes acima de (85 t ha^{-1}), teor de amido (66,4%), teor de proteína (3,21%), teor de fibra bruta (4,11%), teor de lipídeos (0,95%), teor de cinzas (2,66%), a produtividade de amido ($18,13 \text{ t ha}^{-1}$) e rendimento em etanol ($13,14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). As mudas originadas dos brotamento das raízes tiveram produtividade superiores as de estaquias das ramas. As cultivares Beatriz, Duda e Marcela se mostraram altamente promissoras para a produção de etanol em escala industrial.

Palavras chaves: *Ipomoea batatas*, agroenergia, etanol, produtividade.

Abstract

The sweet potato has characteristics that qualify it as a source of bioenergy, although there are bottlenecks in the optimization of large-scale crop productivity, this biomass has great potential for industrial production of ethanol. The objective of this study was to compare six sweet-potato cultivars with respect to two types of seedlings with respect to vegetative propagation, one originated from the area of (branches) and other tuberous root (shoots). We evaluated the overall productivity of roots and branches, dry matter content of roots and branches, the per hectare production estimate, the theoretical ethanol yield and the interaction between the type of changes and the analyzed cultivars. From the flour roots were carried out chemical analysis quantifying the starch content, crude protein, crude fiber, lipids, ash and estimated starch productivity per hectare. The results showed sweet potato genotypes root yield above (85 t ha⁻¹), starch content (66.4%), protein (3.21%), crude fiber (4,11 %) lipid content (0.95%), ash content (2.66%), starch productivity (18,13 t ha⁻¹) and ethanol yield (13.14 m³ h⁻¹). The seedlings originated from sprouting roots had higher productivity of the estaquias of branches. Cultivars Beatriz, Duda and Marcela were highly promising for ethanol production on an industrial scale.

Keywords: *Ipomoea batatas*, agro-energy, ethanol, productivity.

I - Introdução

A utilização de biomassa para geração de energia tem diminuído gradualmente ao longo da história da humanidade, devido à enorme utilização de combustíveis fósseis. Até o século XIX a biomassa era a principal fonte de energia primária. Atualmente, ela fornece 10% da energia primária mundial (ROBERTS et al., 2015). Concomitantemente a agroenergia entra como papel fundamental e “alternativo”, podendo se tornar definitivo, pois lhe é imbuído características positivas como grande diversidade de matérias-primas na

produção de biocombustíveis, garantindo a sustentabilidade ambiental e econômica.

Os biocombustíveis são produzidos a partir de fontes de energia renováveis oriundas de biomassa vegetais e animais. As principais matérias-primas para a produção são a cana-de-açúcar, beterraba, sorgo, dendê, semente de girassol, mamona, milho, mandioca, soja, aguapé, copaíba, lenha, resíduos florestais, excrementos de animais, resíduos agrícolas, entre outras (CERQUEIRA, 2010).

A batata-doce apresenta a característica de armazenar reservas nutritivas em suas raízes com amido, proteína, fibras, cinzas e lipídeos, possuindo assim um imenso potencial industrial para a produção de biocombustíveis. Podemos complementar que a batata-doce é uma das culturas mais eficientes, quando se trata de aproveitar a energia solar e convertê-la em energia química (MONTES et al., 2006).

Conforme Silveira (2014), a cultura da batata-doce 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. Vale endossar que algumas cultivares de batata-doce, obtidas por meio de melhoramento genético, tem apresentado índices de produção etílica por hectare duas vezes maior que os de cana-de-açúcar, pois o investimento em pesquisas na área de biotecnologia para produção de etanol, com adição de novas fontes de matérias primas como as amiláceas possibilita produzir etanol em escala comercial a custos competitivos (SANTANA, 2013).

O significativo aumento da produção de etanol, devido a várias razões, tais como o aquecimento global e as mudanças climáticas, motivaram a produção de etanol no mundo devido a seu tripé sócio, ambiental e econômico, se espalhando a níveis regional, nacional, internacional. A ampla transição mercado energético para a produção de biocombustíveis e o rápido crescimento da demanda, colaborou para colocar o etanol no cenário econômico mundial. Os Estados Unidos são os maiores produtores com 50,3 bilhões de litros de etanol gerados no ano de 2013, a partir do milho (grão), palha e resíduos celulósicos. O Brasil ocupa a segunda colocação com a produção de 25,5 bilhões de litros de etanol a partir

da cana-de-açúcar, safra de 2013. Portanto, o etanol tem potencial como um substituto importante da gasolina no mercado de combustíveis para transportes. Por outro lado, os custos da produção do bioetanol são ainda mais elevados em comparação com os combustíveis fósseis, devido à diminuição de quase 50% do preço do barril de petróleo em 2014 (GUPTA e VERMA, 2015).

Em contra partida, a diversificação da biomassa para a produção de biocombustíveis como o etanol é de suma importância. No Japão a batata-doce é amplamente utilizada na produção de “socu”, uma bebida alcoólica. Devido ao aumento da demanda de etanol como combustível renovável, a batata-doce se torna uma importante biomassa na produção deste biocombustível. A cultura possui ampla adaptabilidade em diferentes altitudes, tipos de solo com baixos níveis de fertilidade e requer com de baixo custo de produção e com menos de pragas. Sua produção é realizada principalmente por famílias de baixa renda, utilizada como alimento e produção de bebida. Entretanto, um modelo de sistema de produção de batata-doce que integre a tecnologia e desenvolvimento participativo é altamente necessário para atender tanto a demanda alimentar como também a produção de etanol destinado a bebida e ao biocombustível (WIDODO et al., 2015).

A produção brasileira de batata-doce vem caindo nos últimos anos 20 anos, o País chegou a produzir cerca de em 655 toneladas em 1996, a safra de 2012 foi entorno de 495 mil toneladas com média de 12,19 t.ha⁻¹ (IBGE, 2014). Um dos motivos da queda da produção brasileira foi a diminuição de área plantada que é atualmente de 39 mil hectares, mas já foi de 47 mil hectares em 1996. Esse declínio forma gargalos no desenvolvimento da cultura pela falta principalmente de incentivos, tecnologias e implementos voltados à biomassa. A China é o maior produtor mundial de batata-doce com cerca de 79 milhões de toneladas por ano, seguida pela Angola com 1,19 milhões, enquanto o Brasil atualmente produz 479 mil toneladas com a produtividade média de 12,28 t.ha⁻¹, safra de 2013 (FAO, 2015).

Com relação ao aumento da produtividade da cultura há um longo caminho, pois para a implantação de uma lavoura de batata-doce, o produtor tem três opções para obter novas plantas: brotação de batatas selecionadas, utilização de ramas-semente de uma cultura em desenvolvimento ou aquisição de

mudas de um viveiro (MASIERO, 2012). No Brasil o plantio convencional segundo Castro (2012), consiste em enterrar parte da rama-semente manualmente fazendo a distribuição de ramas e, em seguida abrindo sulcos onde será enterrada base da rama. Tal modelo pode contribuir para uma baixa produtividade devido à sanidade das mudas, que torna um fator restritivo para a recomendação da mesma como fonte alternativa para a produção de etanol no país (NETO et al., 2011).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar seis genótipos de batata-doce do Banco de Germoplasma da LASPER/UFT, em relação à produtividade e composição físico-química, utilizando duas técnicas de formação de mudas para o cultivo (brotamento da raiz e estaquias das ramas), tais parâmetros servirão para aperfeiçoar a produção desta biomassa destinada a produção de etanol.

II - Metodologia

O Experimento de campo foi realizado no Centro Tecnológico Agroindustrial e Ambiental - CTAA do Campus Universitário de Palmas da Universidade Federal do Tocantins UFT (Latitude: 10° 10' 40" S; Longitude: 48°21' 43" O; Altitude: 216 m) em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Análise química do solo apresentou: pH (água) = 5,40 ; P= 49,00 mg dm⁻³; K= 65,00 mg dm⁻³ ; Ca= 3,20 cmol dm⁻³; Mg= 2,3 cmg dm⁻³; Al= 0,0 cmol dm⁻³; H+Al= 1,6 cmol dm⁻³; MO= 17 g dm⁻³. Os teores de areia, argila e limo determinados pela análise granulométrica foram de 71%, 21% e 6%, respectivamente. Assim, o solo se enquadra na classe textural franco argilo arenosa (ZOOFÉRTIL, 2014).

No experimento foram utilizados seis cultivares de batata-doce (Amanda, Duda, Julia, Bárbara, Marcela e Beatriz), originárias do programa de melhoramento genético do Laboratório de Sistemas de Produção de Energias a Partir de Fontes Renováveis - LASPER/UFT. De acordo com Silveira et al. (2014), tais genótipos se destacam como biomassa bioenergética para indústria de etanol, adaptados as características edafoclimáticas do Estado de Tocantins.

O plantio foi realizado no mês de abril/2014 e a colheita realizada em outubro/2014 totalizando seis meses de cultivo. Segundo o Laboratório de Meteorologia e Climatologia da UFT (2015), a variação mensal da temperatura

durante o período foi de 28,5 a 26°C, a umidade relativa foi de 39,9 a 70,2% e a precipitação oscilou de 0 a 163,9 mm³. Na adubação prévia do solo foram utilizados 105 kg/ha⁻¹ de fósforo, 90 kg/ha⁻¹ de potássio, 40 kg/ha⁻¹ de nitrogênio e com micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn). As adubações de cobertura iniciaram 30 dias após o plantio e se repetiram por três vezes a cada 21 dias e foram utilizados 62,5 kg/ha⁻¹ de sulfato de amônia e 32,5 kg/ha⁻¹ de cloreto de potássio na proporção de 2/1, respectivamente. Quando necessário foi realizado irrigação disponibilizando uma lâmina diária de 10 mm, por aspersão.

A produção das mudas do tipo M1 (brotamento da raiz) foram realizadas em canteiro reprodutivo nos meses de março a abril de 2014, utilizando raízes saudáveis de batata-doce do Banco de Germoplasma do LASPER/UFT. As mudas do tipo M2 (estaquias das ramas) foram confeccionadas a partir da parte aérea podando-se as folhas contendo no mínimo oito nós e entrenós no mesmo dia do plantio (Apêndice 1), 28 de abril de 2014. Não foi utilizado nos dois tipos de produção de mudas nenhum tipo de hormônio ou qualquer estimulante de enraizamento.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 6, referentes a dois tipos de mudas (brotamento de raiz e estaquias das ramas) e seis cultivares de batata-doce (Júlia, Duda, Marcela, Amanda, Bárbara e Beartiz). Contudo, cada parcela foi constituída por quatro linhas com 2 m de comprimento, espaçadas por 0,90 m com intervalo de 1,5 m entre cada parcela. Em cada linha foram cultivadas quatro plantas igualmente espaçadas, totalizando uma área de 5,4 m² por parcela.

Portanto, com base na área útil da parcela, representada pelas duas linhas centrais, foram coletados os seguintes dados:

II.1 - Da Produtividade de Ramas e Raízes

Utilizando-se de um quadrado de madeira de 1m² de dimensão como limitador de amostra (Apêndice 2), coletou-se a parte aérea (ramas) matéria verde (PMV) das plantas de cada parcela acondicionou-se em sacos plásticos identificados e pesados. Posteriormente foram colhidas as raízes (PTR) obedecendo ao 1m² de área colhida de ramas, observando a característica anatômica (formato e coloração de casca e polpa) e excluindo-se as batatas

intrusas de outro tratamento. As batatas foram limpas e acondicionadas em sacos plásticos, identificados, pesadas e os resultados foram expressos em t.ha⁻¹.

II.2 - Do Rendimento Estimado de Etanol

Para estimar o rendimento de etanol teórico em m³.ha⁻¹ foi realizado o cálculo usando a média 724,45 litros de etanol por tonelada de carboidrato conforme descrito por Cereda (2001), a partir dos resultados obtidos da produtividade (%) de matéria seca e do amido analisados em cada genótipo.

II.3 - Teor de Matéria Seca (TMS)

O teor de matéria seca das raízes e ramas foi quantificado seguindo a metodologia de A.O.A.C. (1975), com adequações. Primeiramente os recipientes de papel alumínio foram secos a temperatura de 105°C durante 1 hora. Cada cadinho previamente identificado recebeu cerca de 10g de amostra fresca ralada, no caso das raízes, e picadas no caso das ramas. Depois, as amostras foram colocadas em estufa modelo TE-394/2 a 60°C durante 24 horas, e finalmente esfriadas em dessecador e pesados em balança analítica modelo AY220.

II.4 - Produção de Substrato Amiláceo (farinha de batata-doce)

Na preparação da farinha, após a coleta no campo, as raízes foram lavadas com água e fatiadas um processador de alimento em forma de chips. O material resultante foi disposto em bandejas de alumínio para desidratação em estufa ventilada a 55°C, durante 36 horas conforme Savelli et al. (1995), com adequações. Em seguida, as amostras secas foram moídas em um moinho modelo TE-631. Passando por peneira série 100 mesh/tyler.

A partir do substrato amiláceo (farinha de batata-doce) foram realizados a análise bromatológica a seguir:

II.4.1 - Teor de Amido

A determinação de amido na farinha de batata-doce foi realizada na Fundação ABC (Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário), que consistiu em realizar uma hidrólise ácida da amostra, transformando o amido em

açúcar, utilizando ácido clorídrico 0,3 M para realizar o processo por desvio polarimétrico. O polarímetro utilizado foi da marca BELLINGHAM+STANLEY LIMITED. Para realização do cálculo usou-se 195,4 como fator de correção.

II.4.2 - Teor de Lipídeos

Pesou-se 2,5 g de farinha de batata-doce em papel de filtro e amarrou-se colocando dentro de um cartucho no interior do aparelho Soxhlet, previamente desengordurado e seco. Foi colocado hexano dentro do rebolier até cobrir o cartucho utilizando um extrator de óleos e graxas, modelo MA 044/8/50 a 105°C por 4 horas. Secou-se os rebolier em estufa modelo 420-4D a 105°C até atingir peso constante (A.O.A.C.,1995).

II.4.3 - Teor de Proteínas

A determinação de proteína foi realizada pelo método Kjeldahl utilizando 0,5 g de amostra. Utilizou-se em cada amostra 1,5 g da mistura catalítica de sulfato de zinco e sulfato de cobre na proporção de 1/1. Adicionou-se 10 mL de H₂SO₄ a 37% e colocou em um bloco digestor modelo MA-541 a 420°C por 4 horas. Após a digestão adicionou-se 40 mL de água destilada e em um digestor de nitrogênio modelo MA-036, adicionou-se 25 mL de NaOH a 40%, acoplado ao digestor foi colocado em um Erlenmeyer de 250 mL com 15 mL de ácido bórico a 4% e 3 gotas do indicador Tashiro. Titulou-se com solução de HCl a 0,1198 N, e utilizou-se o fator de correção 6,25 para o cálculo de proteína (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

II.4.4 - Teor de Fibra Bruta

Para o teor de fibra bruta pesou-se 1g da amostra seca e desengordurada, colocou-se em um saco de tecido de TNT, digeridas com H₂SO₄ a 1,25% e com NaOH a 1,25% utilizando o digestor de fibras modelo MA-444/CI a 90°C. Após a digestão as amostras foram secas em estufa a 105°C por 12 horas e pesadas. Por fim, incineradas em forno mufla a 550°C (A.O.A.C, 1995).

II.4.5 - Teor de Cinzas

Na determinação de cinzas foi pesado 5g da amostra em cadinho de porcelana previamente seco a 105°C por 6 horas, previamente aquecida em forno mufla a 550°C por 5 horas, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. No qual as cinzas apresentaram coloração acinzentadas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

II.5 - Análise Estatística

Para todas as características foi testada a normalidade dos dados segundo método Shapiro-Wilk. Para os valores de produtividade de matéria fresca e matéria seca de raízes e parte aérea, teores de amido, proteína, fibras, cinzas, lipídeos, matéria seca de raízes e rendimento teórico em etanol foi realizada a análise de variância e a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas utilizando o software ASSISTAT 7.7 beta registro INPI-0004051-2 (SILVA e AZEVEDO, 2009).

III - Resultados e discussão

Em relação à produtividade de massa verde - PMV (ramas) e de batata-doce, não houve diferença entre o tipo de mudas (M1 e M2) com média 19,12 t.ha⁻¹ e 18,01t.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Não há interação entre o tipo de muda (M1 e M2) com as cultivares analisadas, ou seja, os dois fatores atuam independentemente um do outro. Porém, houve diferenças significativas entre as cultivares formando dois grupos, ao qual podemos destacar Amanda com média 22,68 t.ha⁻¹ e Duda 20,96 t.ha⁻¹. Os valores da pesquisa ficaram superiores aos verificados no estudo sobre parâmetros e seleção genótipos de batata-doce de Azevedo et al. (2015), que variaram entre 0,56 a 8,14 t.ha⁻¹, respectivamente.

Houve diferença estatística para produtividade total de raízes (PTR) entre os tipos de mudas (M1 e M2), o tipo de muda do brotamento da raiz foi 13,24 t.ha⁻¹ superior a muda de estaquias de ramas, com média geral de 60,21 t.ha⁻¹ para (M1) e 46,97 t.ha⁻¹ para M2 (Tabela 1). Não ocorreu interação entre o tipo de muda (M1 e M2) com as cultivares analisados no que tange a (PTR). Entretanto podemos destacar dentro da mesma cultivar uma diferença superior para o tipo de muda M1 com relação ao tipo de muda M2 de 32,25 t.ha⁻¹ (Duda), 24,92 t.ha⁻¹

(Júlia) e 15,08 t.ha⁻¹ (Amanda). Contudo, a diferença entre (M1 e M2) de algumas cultivares supracitadas ultrapassam a melhor média de produtividade de raízes totais de genótipos como BD-15 com 19,77 t.ha⁻¹ e BD-25TO com 19,32 t.ha⁻¹, utilizados no estudo de Azevedo et. al. (2015), em experimento de desempenho agrônômico de genótipos de batata-doce.

Tabela 1. Produtividade de massa verde (PMV), produtividade total de raízes (PTR) de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015.

Cultivares	PMV (t.ha ⁻¹)		TM Cultivares	PTR (t.ha ⁻¹)		TM Cultivares
	M1	M2		M1	M2	
Júlia	15,86	15,89	15,87 B	43,81	18,89	31,35 C
Duda	23,44	18,44	20,94A	86,05	53,80	69,92 A
Marcela	21,94	17,29	19,61 A	63,87	55,87	59,83A
Amanda	22,34	23,02	22,68 A	52,25	37,17	44,71 B
Bárbara	12,77	13,24	13,01 B	26,34	34,96	30,65 C
Beatriz	18,36	20,17	19,27 A	89,00	81,13	85,06 A
TM (M1-M2)	19,12 a	18,01a	---	60,21 a	46,97 b	---
Média	18,56		---	53,59		---
CV (%)	26,92		---	37,43		---

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Média (TM) Scott-Knott a nível ($p > 0,05$). Tratamento M1 (mudas do brotamento da raiz) tratamento M2 (mudas de estaquias de ramas).

A média geral para (PTR) foi de 53,59 t.ha⁻¹, havendo diferença entre as cultivares formando três grupos com média que variaram entre 30,65 a 85,06 t.ha⁻¹ (Bárbara) e (Beatriz), respectivamente (Tabela 1). Tais resultados ficaram superiores aos do estudo de Carmona et al., (2015), que determinou a divergência genética de 50 clones de batata-doce e teve como melhor média o genótipo CNPH69 com 47,54 t.ha⁻¹. Entretanto, ficaram semelhantes aos valores apresentados por Kalkmann (2011), obteve média de 76,58 t.ha⁻¹ ao qual realizou estudo em clones de batata-doce testado a produtividade e resistência a pragas, em cultivo de 6 meses.

Podemos destacar as cultivares Beatriz, Duda e Marcela que apresentaram a maior produtividade total de raiz entre as cultivares avaliadas em torno de 85,06, 69,92 e 59,83 t.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). As médias obtidas ficaram semelhantes aos valores apresentados por Amaro et al., (2014), para

variedades como Beauregard (101,06 t.ha⁻¹), Brazlândia Branca (84,28 t.ha⁻¹) e Uruguaiana (86,82 t.ha⁻¹), em cultivo de 7 meses.

Conforme Erpen et al., (2013), existem fatores preponderantes que afetam diretamente a produtividade bem como desenvolvimento do tamanho das raízes principalmente se os genótipos forem adaptados às condições edafoclimáticas do local de cultivo, temperatura, fotoperíodo, radiação solar incidente e duração do ciclo da cultura. Conforme verificado por Silveira (2014), as cultivares Beatriz e Duda se mostraram adaptados às condições ambientais do Estado do Tocantins, confirmado neste experimento na época de cultivo, pois de acordo com Amaro et al. (2014), o outono caracteriza-se por temperaturas amenas e fotoperíodos mais curtos que podem ter promovido à rápida tuberização.

Para a matéria seca de ramas (MS-Ramas) houve interação entre o tipo de muda e as cultivares analisados, contendo no mínimo um contraste. A média geral pra a MS-Ramas foi de 17,78%, no tipo de muda M1 dentro das cultivares houve a formação de dois grupos com média que variaram entre 15,2 a 21,1% de matéria seca (Tabela 2). No tipo de muda M2 dentro das cultivares também formou dois grupos com destaque para Duda com 20,6%, Beatriz com 18,8% e Bárbara com 18,1%. Com relação às cultivares dentro do tipo de muda foi observado o contraste na Duda e Bárbara. Tais valores semelhantes aos encontrados por Andrade Junior et al. (2014), que avaliou a produtividade de matéria seca de ramas o efeito do emurchecimento na composição bromatológica de ramas de batata-doce visando a produção de silagens, obtendo médias que variaram de 16,4 a 26,2% de matéria seca de ramas. Os resultados de MS-ramas ficaram semelhantes também à média geral de 21% encontrados por Pedrosa (2012).

O teste comparativo de médias (Scott-Knott) para o teor de matéria seca de raiz (MS-raiz) obteve interação entre os tipos de mudas e as cultivares analisados com no mínimo um contraste entre esses dois fatores. Houve diferença entre as cultivares dentro do tipo de muda M1 que variaram entre 27,6% (Júlia) a 36,6% (Duda) (Tabela 2). No tipo de muda M2 ocorreu diferença significativa entre três cultivares das seis analisados. Não houve diferença entre os tipos de muda dentro das cultivares. As médias foram semelhantes ao estudo de Martins et al. (2012), que avaliou a variabilidade fenotípica e a divergência genética entre 50 clones de

batata-doce, apresentando uma variação entre 24,53% a 39,13% nos genótipos 106.25 e PA.18, respectivamente. Portanto, esses níveis de matéria seca fazem destes genótipos, segundo Momenté et al., (2004) adaptados à produção de biomassa, voltado para produção de álcool, pois se enquadram dentro da variação percentual matéria seca entre 22,95 a 38,05%.

Tabela 2. Teores de matéria seca de ramos (MS-Ramas) e matéria seca de raízes (MS-Raiz) de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015.

Cultivares	MS Ramos (%)		TM (Cultivares)	MS Raiz (%)		TM (Cultivares)
	M1	M2		M1	M2	
Júlia	15,2 aB	16,9 aB	16,1 B	27,6 aC	28,2 aC	27,9 D
Duda	16,3 bB	20,6 aA	18,5 A	36,6 aA	36,8 aA	36,7 A
Marcela	16,6 aB	15,9 aB	16,3 B	32,3 aB	32,4 aB	32,3 C
Amanda	16,9 aB	17,3 aB	17,1 B	33,8 aB	34,4 aB	34,1 C
Bárbara	21,1 aA	18,1 bB	19,6 A	33,7 aB	33,8 aB	33,8 C
Beatriz	19,6 aA	18,8 aA	19,2 A	35,2 aA	34,6 aB	34,9 B
TM (M1-M2)	17,6 a	17,9 a	---	33,22 a	33,38 a	---
Média	17,78		---	33,29		---
CV (%)	7,22*		---	5,04*		---

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Média (TM) Scott-Knott a nível ($p > 0,05$). Tratamento M1 (mudas do brotamento da raiz) tratamento M2 (mudas de estaqueias de ramos). *A normalização dos dados foi realizada pela fórmula $\arcsen(x/100)$.

Com relação às cultivares podemos destacar a Duda com média de 36,7%, Beatriz com 34,9% e Amanda com 34,1% de matéria seca que apesar de ter uma diferença entre as cultivares, as médias ficaram com valores muito próximos, com exceção da Júlia (Tabela 2). Tais valores ficaram semelhantes ao encontrados em estudo sobre produção de clones de batata-doce realizado por Oliveira (2013), ao qual variaram entre 28,02% (IPB-007) a 36,68% (IPB-149).

Ocorreu interação com relação ao teor de amido na farinha de batata-doce entre os fatores (mudas x cultivares), ou seja, os fatores atuam dependentemente um influenciando o outro. As cultivares dentro do tipo de muda M1 diferiram estatisticamente pelo teste de médias Scott-Knott em quatro grupos com relação ao teor de amido, variando entre 61,3 a 65,6% de amido (Tabela 3). Houve diferença também com relação às cultivares dentro do tipo de muda M2 com formação de cinco grupos, com média de 63,9%. Quando fazendo a relação do tipo de mudas dentro dos genótipos percebemos diferenças entre quatro das seis

cultivares estudadas. As médias ficaram superiores as apresentadas no trabalho de Viana (2009), as quais variaram na faixa de 47,60 a 60,56%.

Tabela 3. Composição centesimal da farinha, teores Amido, proteína bruta (PB), Lipídeos de raízes de cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015.

Cultivares	Amido%		TM Cult.	PB%		TM Cult.	Lipídeos%		TM Gen.
	M1	M2		M1	M2		M1	M2	
Júlia	61,3aD	61,6aD	61,41D	3,2aC	3,1aB	3,1 C	1,3bA	1,5aA	1,42 A
Duda	65,6bA	66,4aA	65,98 A	2,6aD	2,7aC	2,7 D	0,8aC	0,7aC	0,75 D
Marcela	64,3bB	64,9aC	64,57 B	3,4aB	3,1bB	3,3 B	0,7bD	0,8aC	0,72 D
Amanda	65,9aA	65,4bB	65,66 A	3,1aC	3,2 aB	3,1 C	1,0aB	0,9aB	0,97 B
Bárbara	62,9aC	60,9bE	61,93 C	4,0bA	4,4aA	4,2 A	1,1aB	0,9bB	1,01 B
Beatriz	64,7aB	64,8aC	64,77 B	2,6aD	2,6 aC	2,6 E	0,8aC	0,9aB	0,83 C
TM (M1-M2)	64,1a	63,9 a	---	3,15 a	3,18 a	---	0,95a	0,96a	---
Média	64,05*		---	3,21*		---	0,95		---
CV%	0,54		---	3,51		---	7,77		---

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Média (TM) Scott-Knott a nível ($p > 0,05$). Tratamento M1 (mudas do brotamento da raiz) tratamento M2 (mudas de estaquias de ramas). *Os dados foram transformados a pela fórmula $\arcsen(x/100)$. Cult. Cultivares.

Contudo, apesar das diferenças observadas no teste de média para o teor de amido, os valores obtidos ficaram bem próximos. Podendo destacar as média das cultivares Duda (65,98%), Amanda (65,66%), Beatriz (64,77%) e Marcela (64,57%) de amido (Tabela 3). Os valores ficaram inferiores aos resultados encontrados por Martins (2013), que avaliou a resistência de oito cultivares e dois genótipos de batata-doce especificamente voltados para indústria de etanol, adaptadas as condições do Tocantins, ao qual variaram entre 70,98 a 75,43% de amido.

Entretanto, apesar de alguns resultados ficarem estatisticamente abaixo do autor, todas as cultivares mantiveram teores de amido acima dos 60% nas farinhas analisadas, conforme Silveira (2009) endossa que tal faixa de amido é determinante para que o genótipo tenha bom rendimento na produção de etanol.

Ocorreu interação estatística em relação ao teor de proteína da farinha de batata-doce nos tipos mudas dentre as cultivares analisados e vice-versa. As médias dos tipos de mudas M1 e M2 foram 3,15% e 3,18% de proteína, respectivamente (Tabela 3), ocorrendo diferença entre os genótipos dentro dos

tipos de mudas e dos tipos de mudas dentro das cultivares. A variação entre os genótipos foi na faixa de 2,6% (Beatriz) e 4,2% (Bárbara) de proteína. Tais teores de proteínas foram inferiores a média geral de 5,48% apresentada por Nascimento et al., (2013), que determinou a composição química e a informação nutricional de fécula de batata-doce orgânica e biofortificada. No entanto, ficaram superiores as médias apresentada em um estudo realizado por Ahmed et al., (2010), que obteve variação do teor de proteínas entre 0,95-2,53%.

Para o teor de lipídeos na farinha de batata-doce, a interação entre os tratamentos e as cultivares foi significativa, ou seja, o tipo de muda influenciou as cultivares e este influenciou nos tipos de mudas. Para as cultivares dentro dos tipos de mudas (M1 e M2) diferiram com destaque para os teores de (Júlia–M2), (Júlia–M1), (Bárbara–M1), com 1,5%, 1,3%, 1,1%, respectivamente. As médias com menores teores de lipídeos foram encontradas nas cultivares (Duda–M2) e (Marcela–M1) ambas com 0,7% de lipídeos (Tabela 3). De forma geral tais resultados foram similares aos de Andrade e Martins (2002), que para fécula de batata-doce, onde apresentou média geral de 1,11% de lipídeos. Quando comparamos com os resultados de Deng et al., (2013), que realizou a composição centesimal da fécula de raízes de batata-doce visando a produção de uma bebida láctea, apresentando médias que variaram entre 0,07 a 0,16% de lipídeos, muito abaixo as encontradas no presente estudo.

Quanto aos teores de fibra bruta nas raízes não apresentou interação significativa entre tratamentos dentro das cultivares e vice-versa. Entre os tipos de mudas (M1 e M2) as médias foram de 4,06% e de 4,14% fibra bruta (Tabela 4), não apresentando diferença. Mas ocorreu diferença entre as cultivares, podemos destacar as cultivares Júlia (5,38%) e Marcela (4,84%) de fibra bruta e Duda (3,07%) e Beatriz (3,27%) de fibra bruta. Os resultados dos teores de fibra bruta são inferiores aos apresentados por Andrade Junior et al., (2012), que avaliou a produção de massa verde e massa seca da parte aérea para utilização na alimentação animal e a produtividade e a qualidade das raízes tuberosas de clones de batata-doce para utilização na alimentação humana, encontrando teores em torno de 7,9% de fibra bruta. Entretanto, os valores médios do presente estudo são semelhantes aos apresentados por Viana (2009), que apresenta valores entre 5,35 a 7,34%.

Tabela 4. Composição centesimal da farinha, teores Fibra Bruta e de Cinzas de raízes de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015.

Cultivares	Fibra bruta (%)		TM (Cultivares)	Cinzas (%)		TM (Cultivares)
	M1	M2		M1	M2	
Júlia	5.18	5.58	5.38 A	2,9 bA	3,3 aA	3,1 A
Duda	3.23	3.07	3.15 D	2,3 aD	2,2 bD	2,3 D
Marcela	4.65	5.02	4.84 B	2,5 bC	2,7 aC	2,6 C
Amanda	3.79	4.11	3.95 C	2,8 bB	3,0aB	2,9 B
Bárbara	4.20	3.81	4.01 C	2,8 bB	3,0 aB	2,9 B
Beatriz	3.34	3.27	3.30 D	2,2 aD	2,1 bD	2,2 E
TM (M1-M2)	4.06 a	4.14 a	---	2,58 b	2,73 a	---
Média	4,11		---	2,66		---
CV (%)	8,53		---	3,04		---

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Média (TM) Scott-Knott a nível ($p>0,05$). Tratamento M1 (mudas do brotamento da raiz) tratamento M2 (mudas de estaquias de ramas).

Houve interação entre o tipo de muda com as cultivares analisados para o teor de cinzas da farinha de batata-doce, assim um fator (tipo de muda) influenciou o outro (cultivares). As diferenças das cultivares dentro do tipo de mudas (M1 e M2), a variação para o tipo de muda M1 ficou entre 2,2% a 2,9% de cinzas e de muda M2 entre 2,1% a 3,3% de cinzas (Tabela 4). Apesar dos valores ficarem bem próximos, ocorreu diferença em todos os tratamentos com relação ao tipo de muda dentro da cultivares. Essas variações podem ocorrer devido a aspectos como constituição química vegetal, na interação com o solo na absorção de micronutrientes disponíveis, que podem influenciar na hidrólise enzimática. Os resultados de teor de cinzas do trabalho ficaram próximos ao descrito por Andrade Junior et al. (2012), que variou de 2,3-3,7%.

A análise centesimal da farinha possibilita afirmar que todos as cultivares apresentam características de biomassa destinada a produção de etanol. Isso se dá devido a suas altas concentrações de Amido com média de 64% e, baixas concentrações de proteínas, fibra bruta, cinzas e lipídeos, com médias gerais de 3,21%, 4,11%, 2,66% e 0,95%, respectivamente (Tabela 3 e 4). Os valores ficaram próximos ao estudo de Nascimento et al. (2013), que obtiveram média de 65,18% amido, 5,48% de proteína, 0,6% de lipídeos, 2,88% e cinzas. Segundo Silveira et al. (2014), as raízes de batata-doce podem apresentar entre 16 a 40%

de massa seca, dos quais 75 a 90% são carboidratos, que são os produtos utilizados no processo fermentativo.

Um dos parâmetros mais importantes para a produção de etanol em escala industrial de fontes amiláceas é a quantidade biomassa produzida por hectare, ao qual resultará em etanol. Quanto à produtividade amido por hectare, não houve interação significativa (tipo de muda x cultivares). Mas segundo o teste de média Scott Knott as mudas diferiram quanto à produtividade amido por hectare, com média de $12,16 \text{ t.ha}^{-1}$ (muda do tipo M1) contra $9,53 \text{ t.ha}^{-1}$ (muda do tipo M2) (Tabela 5). Entre as cultivares houve diferenças variando de $4,22$ a $18,13 \text{ t.ha}^{-1}$ de amido. Os resultados do estudo foram superiores aos apresentados por Oliveira (2013), com média que variam entre $2,93$ a $6,18 \text{ t.ha}^{-1}$ de amido, em cultivo de 7 meses.

As diferenças entre produtividade de amido por hectare dentro da mesma cultivar estão relacionadas com a produtividade de raízes totais (Tabela 1), o teor de matéria seca (Tabela 2) e teor de amido (Tabela 3). Pode-se observar no presente estudo que o tipo de muda M1 obteve uma melhor resposta com relação à produtividade para a maioria das cultivares. No estudo de Silva (2010), revela que o teor de matéria seca da raiz e o teor de amido são determinantes no rendimento de etanol. Por conseguinte, existem diferenças na composição referente à matéria seca e o teor amido, que qualificam alguns genótipos ao qual podemos destacar Duda e Beatriz. Entretanto as diferenças entre os tipos de mudas dentro de uma mesma cultivar são pequenas, principalmente para o teor de amido.

Com relação à estimativa de etanol $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$, não houve Interação com relação ao tipo de mudas com as cultivares analisadas. Também não diferem na comparação de média entre os tipos de muda (M1 e M2) com médias $8,81 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ e $6,90 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ de etanol, respectivamente (Tabela 5). Porém, ocorreu diferenças entre as cultivares na produtividade de etanol por hectare, com médias que variam entre $3,06$ a $13,14 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ de etanol. Contudo, em três cultivares no presente estudo a médias ficaram superiores as apresentadas por Martins (2013), que apresentou valores que variaram entre $2,17$ a $7,21 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ de etanol, em plantio convencional de seis meses. Esses resultados fomentam a possibilidade

da otimização da produção em escala industrial, destinada à geração de etanol combustível.

Tabela 5. Produção de amido em toneladas por hectare ($t \cdot ha^{-1}$), produtividade de etanol teórico em m^3 por hectare de raízes de batata-doce. Palmas, TO. 2015.

Cultivares	Amido $t \cdot ha^{-1}$		TM (Cultivares)	Etanol $m^3 \cdot ha^{-1}$		TM (Cultivares)
	M1	M2		M1	M2	
Júlia	5,77	2,67	4,22 C	4,18	1,94	3,06 B
Duda	20,15	12,70	16,43 A	14,59	9,20	11,90 A
Marcela	12,10	10,61	11,36 B	8,76	7,69	8,22 A
Amanda	10,42	7,75	9,09 B	7,55	5,61	6,58 B
Bárbara	5,20	6,48	5,84 C	3,77	4,69	4,23 B
Beatriz	19,31	16,96	18,13 A	13,99	12,28	13,14 A
TM (M1-M2)	12,16 a	9,53 b	---	8,81 a	6,90 a	---
Média	10,84		---	7,85		---
CV (%)	27,84		---	27,83		---

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Média (TM) Scott-Knott a nível ($p > 0,05$). Tratamento M1 (mudas do brotamento da raiz) tratamento M2 (mudas de estaqueias de ramas).

Estudos realizados por Ziska et al. (2009), sobre as fontes potenciais de carboidratos, amiláceas para produção de etanol nos Estados do Alabama e Maryland nos EUA, alcançaram em seu experimento $8,84 m^3 \cdot ha^{-1}$ de etanol, que mostram a cultura da batata-doce como uma fonte promissora para produção de etanol. Quando comparamos com os resultados de destaque do presente estudo Marcela $8,22 m^3 \cdot ha^{-1}$, Duda $11,90 m^3 \cdot ha^{-1}$ e Beatriz $13,14 m^3 \cdot ha^{-1}$ de etanol, podemos afirmar que tais cultivares são aptas a produção de etanol em escala industrial, pois ficaram muito acima da média supracitada. Ficam também superiores, conforme Kohlhepp (2010), estudo de análise da situação da produção de etanol Brasil constatou um rendimento médio de $6,8 m^3 \cdot ha^{-1}$ na produção de etanol de cana-de-açúcar.

IV – Conclusões

As mudas provenientes do brotamento das raízes foram 22% mais produtivas que as do sistema de plantio tradicional (estaquias das ramas), referente a toneladas de raízes totais por hectare.

No teor de matéria seca de raiz e ramas a cultivar Duda apresentou maior teor entre as demais cultivares.

As cultivares Marcela, Duda e Beatriz com o tipo de mudas originada do brotamento das raízes apresentaram maior produtividade de amido por hectare.

As diferenças entre as cultivares com relação à matéria seca e teor de amido, aliada a produtividade, fazem das cultivares Marcela, Duda e Beatriz neste estudo as mais promissoras para a produção industrial de etanol.

V - Referências

AHMED, M.; AKTER, S.; EUN, J. B. Effect of pretreatments and drying temperatures on sweet potato flour. **International Journal of Food Science & Technology**, n.45, p.726-732, 2010.

AMARO, G. B., CARMONA, P. A. O., & RAUSCH, F. Desempenho de cultivares de batata-doce no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO HORTICULTURA, 53., Palmas. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 1796 – 1803, 2014.

ANDRADE, R. L. P.; MARTINS, J. F. P. Influência da adição da fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sobre a viscosidade do permeado de soro de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.3, p.249-253, 2002.

ANDRADE JÚNIOR, V. C., et al. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 91-97, 2014.

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Methods of analysis of the Association of official Analytical Chemists. 12 ed., Washington, 1975. 1094 p. 1994.

AZEVEDO, A. M., JÚNIOR, et al. Parâmetros genéticos e ganhos com seleção em batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1 jan./mar. p.84-90, 2015.

CARMONA, P. A. O. et al. Divergence of sweet potato accessions based on morpho-agronomic descriptors of the roots. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 241-250, 2015.

CASTRO, L. A. S. de; TREPTOW, R.; BECKER, A. Potencialidade da cultivar de batata-doce BRS-cuia como matéria prima para a produção de etanol. In: **Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 4.; REUNIÃO TÉCNICA DE AGROENERGIA, 4., 2012, AMRIGS: Porto Alegre. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2012.

CRISTINA, R. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 4. 2012.

CEREDA, M.P. **Potencial das tuberosas americanas**. Simpósio nacional sobre as culturas do inhame e do cará, 1.2001, Venda Nova do imigrante. Anais... Venda Nova do Imigrante; Empresa de pesquisa agropecuária do Espírito Santo, 2001.

DENG, FU-MING, et al. Composition, structure, and physicochemical properties of sweet potato starches isolated by sour liquid processing and centrifugation.

Starch/Starke, 65, 2012.p.162–171. Disponível: www.starch-journal.com. Acesso: 14 de maio de 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.(2015). FAOSTAT | © FAO Statistics Division. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 04 de mai. 2015.

FUNDAÇÃO ABC. Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário. Rodovia PR 151 Km 288 - Cx. postal 1003 - CEP 84166-981. Comercial/Fax: (42) 3233-8600.Home Page: <http://www.fundacaoabc.org.br/>

GOMES, J. A. A. Resistência de clones de batata-doce a nematoides (*Meloidogyne* spp.). 2014. 79f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Murici, Diamantina, MG.

GUPTA, A.; VERMA, J. P. Sustainable bio-ethanol production from agro-residues: A review. In: **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.41 p.550–567, 2015. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.032>. Acesso em 12 de abril de 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3ª ed. V.1. São Paulo. 1985.

_____. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 4ª edição, p.1020, 2008.

IBGE. (2014). Produção agrícola municipal. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2012/default.shtm/>. Acesso em: 10 de dezembro de 2014.

KALKMANN, Danielle Cristina. Produtividade, qualidade de raiz, resistência aos insetos de solo e aos nematóides-das-galhas, e estimativas de parâmetros genéticos em clones de batata-doce cultivados no Distrito Federal. 2011. 144f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos avançados**, v.24, n.68, p. 223-253, 2010.

ERPEN, L., et al. Tuberização e produtividade de batata-doce em função de datas de plantio em clima subtropical. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 396-402, 2013.

MASIERO, Sara Scomazzom. Microusina de Batata-doce: Viabilidade econômica e técnica. 2012. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Escola de Engenharia, Faculdade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

MARTINS, E. C. A., et al. Variabilidade fenotípica e divergência genética em clones de batata doce no estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 691-697, 2012.

MARTINS, L. P. Avaliação da resistência ao mal-do-pé (*Plenodomus destruens*) em clones de batata-doce destinados a indústria de etanol. 2013.42f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas.

MOMENTÉ, V. G. et al. Seleção de cultivares de batata-doce adaptados à produção de biomassa via programa de melhoramento, visando à produção de álcool no Estado do Tocantins. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 44, 2004, Campo Grande. Anais... Campo Grande: **Horticultura Brasileira**, v. 22. 2004.

MONTES, S. M. N. M., et al. Custos e rentabilidade da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) na Região Oeste do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 4, p. 15-23, 2006.

MOREIRA, J.N.; et al. Caracteres morfofisiológicos e produtivos de cultivares de batata-doce, em Mossoró-RN. **Revista Verde** v.6, p.161-167, 2011.

NASCIMENTO, K. D. O. do et al. Caracterização química e informação nutricional de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) orgânica e biofortificada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 132-138, 2013.

NETO, Á. C. G. et al. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília-DF, Brasil. v.46, p.1513-1520, 2011.

OLIVEIRA, Alisson M. S. de. Produção de clones de batata-doce em função do ciclo de cultivo. 2013. 39 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE.

Pedrosa, C. E. Silagens de ramos e raízes de batata-doce. 2012. 54p. Dissertação (Mestrado - em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM. Diamantina-MG.

ROBERTS, J. J., et al. Assessment of dry residual biomass potential for use as alternative energy source in the party of General Pueyrredón, Argentina **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v.41, 2015. p.568–583. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.066>. Acesso em 10 de maio de 2015.

SANTANA, W. R. de, et al. Identificação agronômica de genótipos de batata-doce em banco de germoplasma para fins industriais de etanol carburante. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n.1, p.31-34, 2013.

SAVELLI, R. A.; et al. Análise texturométrica e microestruturais de pães franceses, contendo farinha de batata doce. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 395-400, 1995.

SILVA, F. M. Avaliação e seleção de clones batata doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam) quanto a produtividade e capacidade de bioconversão de amido em etanol. 2010. 60f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) Universidade Federal do Tocantins - UFT, Palmas.

SILVA, F. DE A. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. DE. (2009). Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers,. ASSISTAT Versão 7.7 beta - UFCG-Brasil – Atualizado em 01/03/2015. Disponível: <http://www.assistat.com>

SILVEIRA, M.A. Batata-Doce: A Bionergia da Agricultura Familiar. p.19. 2009.

SILVEIRA, M. A. et. al., (Coord.). A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para o etanol. **Boletim Técnico UFT**. Palmas - TO, 64 p., 2014.

VIANA, D. J. S. Produção e qualidade de raízes, ramas e silagem de ramas de clones de batata-doce em diferentes locais e épocas de colheita. 2009. 69p. Dissertação. Faculdade de Ciências Agrárias. Diamantina: UFVJM.

ZOOFÉRTIL. Laboratório Agropecuário: Empresa especializada em análises de solos de macro e micronutrientes, textura e acidez. 212 Norte Alameda 5, Lote 23, S/N - Plano Diretor Norte, Palmas - TO, 77006-310.

WIDODO, Y., WAHYUNINGSIHA, S., UEDAB, A. Sweet Potato Production for Bio-ethanol and Food Related Industry in Indonesia: Challenges for Sustainability. **Procedia Chemistry**. v.14, p.493–500, 2015. Disponível: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>. Acesso em 13 de abril de 2015.

ZISKA, L. H.; et al. An evaluation of cassava, sweet potato and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland - **BIOMASSA and BIOENERGY**. Auburn, USA, v. 33. p.1-6, 2009.

Capítulo III

CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DAS RAMAS DE SEIS CULTIVARES DE BATATA-DOCE, VISANDO A INDÚSTRIA DE ETANOL

CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DAS RAMAS DE SEIS CULTIVARES DE BATATA-DOCE, VISANDO A INDÚSTRIA DE ETANOL

CHARACTERISTICS OF CENTESIMAL RAMAS SIX CULTIVARS SWEET POTATO, AIMED AT ETHANOL INDUSTRY

Resumo

A batata-doce é uma fonte de biomassa agroenergética podendo ser destinada ao setor de biocombustíveis, entretanto as ramas atualmente são subutilizadas na lavoura desta cultura. O objetivo do estudo foi analisar a parte aérea (contendo ramas e folhas) de seis cultivares de batata-doce no que tange a composição. As variáveis avaliadas foram à produtividade de matéria fresca e matéria seca de ramas. A partir do substrato seco e moído de ramas foram realizadas as análises bromatológicas quantificando o teor de fibras em detergente ácido, fibras em detergente ácido neutro, hemicelulose, proteína, lipídeos e cinzas. Pode-se destacar a produtividade de ramas ($23,02 \text{ t ha}^{-1}$), teor de matéria seca (20,62%), fibras de detergente ácido (39,37%), fibras de detergente neutro (45,59%) e proteína bruta (11,47%). As ramas das cultivares analisadas, além da propagação vegetativa (confeção de mudas no plantio convencional) se mostraram altamente promissoras para ração animal, produção de alimentos e possível uso na geração de etanol de 2^o geração.

Palavras chaves: *Ipomoea batatas*, biomassa, aproveitamento de resíduo, co-produto.

Abstract

The sweet potato is a source of biomass agroenergética it may be intended for the biofuels sector, though the branches are currently underutilized in the fields of this culture. The aim of the study was to analyze the shoot (containing branches and leaves) six sweet-potato cultivars with respect to composition. The variables evaluated were the productivity of fresh and dry matter of branches. From the dried and ground substrate branches were carried out chemical analysis quantifying the fiber content in acid detergent fiber in neutral detergent acid, hemicellulose, protein, lipids and ashes. Can highlight the branches of productivity ($23,02 \text{ t ha}^{-1}$), the dry matter content (20.62%), acid detergent fiber (39.37%), neutral detergent fiber (45.59%) and crude protein (11.47%). The branches of the cultivars analyzed, beyond the vegetative propagation (making seedlings in conventional tillage) were highly promising for animal feed, food production and possible use in the generation 2nd generation ethanol.

Keywords: *Ipomoea batatas*, biomass, waste utilization, co-product.

1. Introdução

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é cultivada em 116 países com produção mundial de 110,7 milhões de toneladas, sendo a China é o maior produtor, conforme a safra referente ao ano de 2013 (FAO, 2014). A planta possui caule herbáceo de hábito prostrado, com ramificações de tamanho, cor e pilosidade variáveis; folhas largas, com formato, cor e recortes variáveis; pecíolo longo; flores hermafroditas, mas de fecundação cruzada devido à sua autoincompatibilidade; frutos do tipo cápsula deiscente com duas, três ou quatro sementes. Da fertilização da flor à deiscência do fruto transcorrem seis semanas (EDMOND; AMMERMAN, 1971).

O principal produto comercial da batata-doce são as raízes tuberosas, portanto é de fundamental importância que o material genético utilizado para cultivo comercial apresente, além de alta produtividade, formato de raízes comercialmente aceitáveis e resistência aos insetos de solo, que danificam as raízes, podendo torná-las imprestáveis até mesmo para o consumo animal (MASSAROTO et al, 2014).

No entanto, o potencial de utilização da batata-doce na alimentação humana não se limita ao consumo das raízes tuberosas. A cultura da batata-doce produz raízes tuberosas e quantidades apreciáveis de ramas, que na maioria das vezes são simplesmente descartadas como resíduo inaproveitável. As folhas e pecíolos frescos podem ser consumidos durante um longo período como qualquer outra hortaliça de folha (MONTEIRO, 2007).

O aproveitamento das ramas de batata-doce pode ser na forma fresca ou na forma de silagem. Para a produção de silagens de ramas, é importante que o teor de matéria seca da forragem esteja entre 25 e 30%, contudo, frequentemente encontram-se nas ramas de batata-doce teores abaixo dessa faixa (VIANA *et al.*, 2011; FIGUEIREDO et al., 2012).

Partes das ramas com boa sanidade são usadas na produção da cultura, pois para a implantação de uma lavoura de batata-doce, o produtor tem três

opções para obter novas plantas: brotação de batatas selecionadas, utilização de ramas-semente de uma cultura em desenvolvimento ou aquisição de mudas de um viveiro (MASIERO, 2012). No plantio convencional usam-se as ramas-sementes (estacas da planta) retiradas das partes mais novas do caule contendo seis a oito entrenós (cerca de 30 cm). Pois nesta região as chances são maiores de enraizamento rápido, além de apresentarem um menor índice de contaminação por fungos, pragas e outros patógenos (SILVEIRA et al., 2014).

A composição centesimal de ramas (folha e caules) de batata-doce apresenta fibra bruta 14,26% e gordura bruta 5,28%. É observado também bom teores de micronutrientes (K, Na, Mg) e constituiu uma excelente fonte de polifenóis. As folhas de batata-doce contêm vários nutrientes e compostos bioativos, e devem ser consumidas como folhagens (alface) em uma tentativa de reduzir a desnutrição, especialmente nos países em desenvolvimento (SUN *et al.*, 2014). Além disso, em comparação com vegetais de folhas verdes, folhas de batata-doce são mais tolerantes a doenças, pragas e condições de alta umidade. A batata-doce constitui uma fonte alternativa de folhas verdes vegetais durante o seu período de entressafra e poderia aliviar a escassez de alimentos (TAIRA, TAIRA, OHMINE, & NAGATA, 2013).

Conforme Xiaoding (1995), as folhas de batata-doce são consumidas em grande escala em países africanos; são excelentes fontes de proteína, glicídios, cálcio, fósforo e ferro, além de vitamina A e vitamina C.

Em contra partida, alternativa viável seria a produção de biocombustíveis com as ramas (etanol carburante), pois as ramas apresentam um alto teor de carboidratos complexos: celulose (27,8%), hemicelulose (7,3%) e lignina (13,9%). (ANDRADE JUNIOR et al., 2014). Materiais lignocelulósicos podem ser aproveitados para a produção de etanol de 2^o geração ou outros compostos de valor agregado, entretanto se discute as vantagens econômicas destas aplicações (DIAS et al., 2011; CHANDEL et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi conhecer a biomassa das ramas (caules e folhas) de seis genótipos de batata-doce do Banco de Germoplasma do LASPER/UFT, quantitativamente, realizando uma análise da composição bromatológica deste material, visando agregar valor a este co-produto, indicando

possíveis utilizações, enfim, corroborando para efetivar a sustentabilidade desta biomassa destinada a produção de etanol.

2. Metodologia

O Experimento de campo foi realizado no Centro Tecnológico Agroindustrial e Ambiental - CTAA do Campus Universitário de Palmas da Universidade Federal do Tocantins UFT (Latitude: 10° 10' 40" S; Longitude: 48°21' 43" O; Altitude: 216 m) em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Análise química do solo apresentou: pH (água) = 5,40 ; P= 49,00 mg dm⁻³; K= 65,00 mg dm⁻³ ; Ca= 3,20 cmol dm⁻³; Mg= 2,3 cmg dm⁻³; Al= 0,0 cmol dm⁻³; H+Al= 1,6 cmol dm⁻³; MO= 17 g dm⁻³. Os teores de areia, argila e limo determinados pela análise granulométrica foram de 71%, 21% e 6%, respectivamente. Se enquadrando na classe textural franco argilo arenosa (ZOOFÉRTIL, 2014).

Na adubação prévia do solo foram utilizados 105 kg/ha⁻¹ de fósforo, 90 kg/ha⁻¹ de potássio, 40 kg/ha⁻¹ de nitrogênio e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Quando necessário foi realizada irrigação disponibilizando uma lâmina diária de 10 mm, por aspersão.

No experimento foram usadas as cultivares de batata-doce originadas do programa de melhoramento genético do Laboratório de Sistemas de Produção de Energias a Partir de Fontes Renováveis - LASPER/UFT, que de acordo com Silveira *et al.* (2014), apresentam adaptação as características edafoclimáticas do Estado de Tocantins, se destacando como biomassa bioenergética para indústria de etanol. As cultivares utilizadas foram: Amanda, Beatriz, Bárbara, Duda, Julia e Marcela.

O plantio foi realizado no início do mês de maio/2014 e a colheita realizada no início de novembro/2014, totalizando 6 meses de cultivo. Foi utilizado estaquias de ramas contendo oito entrenós, plantio convencional. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis cultivares de batata-doce (Júlia, Duda, Marcela, Amanda, Bárbara e Beatriz). Contudo, cada parcela foi constituída de quatro linhas com 1,5 m de comprimento, espaçadas por 0,90 m e com intervalo de 1,5 m entre cada parcela.

Portanto, com base na área útil da parcela, representada pelas duas linhas centrais, foram avaliadas as seguintes variáveis:

2.1 - Produtividade de Ramas Frescas (PRF)

Utilizando-se de um quadrado de madeira de 1m² de dimensão como limitador de amostra (APÊNDICE 2), coletou-se a parte aérea (ramas) das plantas de cada parcela e acondicionou-se em sacos plásticos identificados e pesados, estimando a produtividade de ramas fresca. Observou-se a característica anatômica (formato e coloração da rama e folha) e excluiu-se as ramas intrusas de outro tratamento.

2.2 - Teor de Matéria Seca (TMS)

A matéria seca foi determinada por peso seco a 105°C segundo método 012/IV do Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2005). Essa análise foi realizada em triplicatas, utilizando cerca de 10g de amostra fresca ralada, no caso das raízes, e picadas no caso das ramas. Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa modelo TE-394/2 a 105°C durante 12 horas, e finalmente esfriadas em dessecador e pesados em balança analítica modelo AY220.

2.3 – Produção de Substrato Celulósico Desidratado (SCD) (farinha de ramas)

Na preparação do SCD, após a coleta no campo, a parte aérea vegetal foi lavada com água corrente e picada manualmente em pequenos pedaços contendo folhas e ramas. O material resultante foi disposto em bandejas de alumínio para desidratação em estufa ventilada a 60°C, durante 24 horas, até atingir peso constante. Em seguida, as amostras secas foram moídas em um moinho modelo TE-631 e passadas em peneira conforme Mesh/Tyler 50.

2.4 – Análise Bromatológica do SCD

Foram realizadas análises bromatológicas de cinzas, fibras em detergentes ácidos, fibras em detergente neutro, hemicelulose, proteína bruta e lipídeos de acordo com os métodos da Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) (1995). Essas determinações foram feitas no Laboratório de Análises de Alimentos (LANA) na Universidade Federal do Tocantins.

2.5 – Produtividade da Proteína Bruta (PPB)

Foi realizada a estimativa de PPB fazendo o cálculo do teor de proteína bruta (%) pela produtividade de matéria seca por hectare, vislumbrado a quantidade de proteína que cada cultivar produz.

2.6 – Produtividade da Biomassa Lignocelulósica (BLC)

A produtividade de BLC foi estimada com base na relação entre o teor de fibras totais (FDN) em (%) com a produtividade de matéria seca por hectare.

2.7 – A Análise Estatística

Para todas as características foi testada a normalidade dos dados segundo método Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente para todos os dados foi realizada a análise de variância e a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas utilizando o software ASSISTAT 7.7 beta registro INPI-0004051-2 (SILVA e AZEVEDO, 2009).

3. Resultados e Discussão

Não houve diferença significativa entre as médias de produtividade de ramas fresca pelo teste de médias Snott Knott (Tabela 1). Entretanto, a produtividade de maneira geral entre os genótipos variaram consideravelmente de 13,24 t ha⁻¹ (Bárbara) a 23,02 t ha⁻¹ Amanda. Essas diferenças podem estar associadas a anatomia vegetal da parte área (ramas) com maior calibre e folhagens mais robustas que podem colaborar com o peso fresco, principalmente para as cultivares Amanda e Beatriz. Os resultados do estudo ficaram próximos aos apresentados por Gonçalves Neto (2010), com médias que variaram entre 7,08 a 25,44 t ha⁻¹ de ramas frescas. Entretanto os valores do presente trabalho ficaram muito superiores aos de Azevedo et al. (2015), que teve como melhor média 8,14 t ha⁻¹ de ramas frescas.

Ocorreu diferença referente ao teor de matéria seca das ramas, cuja média variou entre 15,88 a 20,62% (Tabela 1). A cultivar Duda se destacou com média de 20,62% de matéria seca de ramas. Contudo, todas as cultivares apresentaram

médias superiores aos resultados encontrados por Andrade Junior et al. (2014), que avaliou a produtividade de massa seca (PMS) de ramas e o efeito do emurchecimento na composição bromatológica e capacidade fermentativa (CF) de ramas de batata-doce visando a produção de silagens e obteve média de 15,7% de matéria seca.

Tabela 1. Produtividade total de ramas fresca (PTRF) t ha⁻¹, teor de matéria seca de ramas (TMSR) e produtividade de matéria seca de ramas (PMSR) t ha⁻¹, de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015.

Cultivares	PTRF	TMSR	PMSR
Júlia	15,89 a	16,92 b	2,65 b
Duda	18,44 a	20,62 a	3,81 a
Marcela	17,29 a	15,88 b	2,77 b
Amanda	23,02 a	17,32 b	3,98 a
Bárbara	13,24 a	18,14 b	2,34 b
Beatriz	20,17 a	18,77 a	3,78 a
CV (%)	29,44	6,96	27,98
Média	18,01	17,94	3,37

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a nível (p>0,05).

Referente à produtividade de matéria seca de ramas (PMSR) houve diferença significativa entre as cultivares, destacando-se as cultivares Amanda (3,98 t ha⁻¹) e Duda (3,81 t ha⁻¹) e Beatriz (3,78 t ha⁻¹) de matéria seca (Tabela 1). Os valores do presente estudo ficaram superiores aos apresentados por Andrade Junior et al. (2012), com variação de 1,2 a 3,5 t ha⁻¹ de matéria seca.

Houve diferença com relação ao teor de fibra em detergente ácido (FDA), formando dois grupos: um grupo com as cultivares Amanda (38,68%), Marcela (39,32%) e Júlia (39,37%); outro grupo com as cultivares Beatriz (37,55%), Duda (36,80%) e Bárbara (36,60%) de teor de (FDA) (Tabela 2). Para o teor de fibras em detergente neutro (FDN) ocorreu diferenças que variou entre 42,14 a 45,59%, formando três grupos distintos (Tabela 2). Os valores foram superiores aos de Andrade Junior et al. (2014), que apresentaram média geral de 29,2% para FDA e 36,4% para FDN. Porém se mostraram semelhantes ao estudo de Dornas (2012), que por sua vez encontrou média de 36,7% de FDA e de 44,0% de FDN em ramas.

Em relação ao teor de hemicelulose ocorreu diferença significativa entre as cultivares analisadas (Tabela 2). Formou dois grupos: o primeiro com as cultivares Marcela, Beatriz e Bárbara que variou entre 6,26 a 6,90% de hemicelulose; o segundo grupo é formado pelas cultivares Júlia, Amanda e Duda com a variação entre 5,22 a 5,34% de hemicelulose. Tais valores ficaram inferiores aos apresentados no estudo de Viana et al. (2011), ao qual variou entre 6,65 a 8,95%. Entretanto, ficaram semelhantes aos resultados encontrados por Andrade Junior et al. (2014), com média de 6,9% de hemicelulose.

Tabela 2. Composição centesimal do substrato seco e moído de ramas, teores de Fibra em Detergente Ácido (FDA), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Hemicelulose (HC), Proteína Bruta (PB), Cinzas (CZ), Lipídeos (LP) de seis genótipos de batata-doce de batata doce. Palmas, TO. 2015.

Cultivares	FDA%	FDN%	HC%	PB%	LP%	CZ%
MS						
Júlia	39,37 a	44,58 b	5,22 b	9,79b	2,77b	7,92a
Duda	36,80 b	42,14 c	5,34 b	9,28b	3,04a	8,04a
Marcela	39,32 a	45,59 a	6,26 a	9,88b	3,25 a	7,58b
Amanda	38,68 a	43,98 b	5,29 b	11,47 a	3,11a	7,57b
Bárbara	36,60 b	43,50 b	6,90 a	10,01 b	2,84b	7,62b
Beatriz	37,55 b	44,00 b	6,44 a	9,41b	3,18a	6,55c
CV (%)	1,56	1,07	10,01	4,93	5,89	3,05
Média	38,05	43,96	5,91	9,97	3,03	7,55

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a nível ($p>0,05$).

Com relação ao teor de proteína bruta de ramas ocorreu diferença significativa em uma das seis cultivares analisadas (Tabela 2). A média geral foi de 9,97%, podendo destacar a cultivar Amanda com o teor de 11,47% de proteína bruta. Tais resultados ficaram semelhantes aos de Viana (2011), que apresentou uma variação entre 9,63 a 12,07%, com média 10,93% de proteína bruta em ramas de batata-doce. Entretanto, ficaram levemente inferiores aos resultados encontrados por Pedrosa (2012), com média geral de 12% de proteína bruta. Esses valores são semelhantes aos dos principais alimentos usados nas rações de aves e suínos, como o farelo de arroz (13,2%), milho (8,26%) e sorgo baixo tanino (9,2%) de proteína (ROSTAGNO et al., 2005).

No Brasil, a fonte de proteínas de origem vegetal utilizada na alimentação animal e humana são as culturas da soja, sorgo e feijão. Com base na safra de 2014/15 as culturas da soja, feijão e sorgo possuem produtividade em grãos com média no Estado do Tocantins de 2,88 t ha⁻¹, 1,42 t ha⁻¹ e 1,13 t ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2015). A produtividade de matéria seca de ramas tem média de 3,37 tha⁻¹ o que coloca esta biomassa com produção superior aos grãos destinados a alimentação humana e utilizados na produção de rações para animais.

Ocorreu diferença entre as cultivares em relação ao teor de lipídeo em matéria seca, média geral de 3,03% de lipídeos (Tabela 2). Houve formação de dois grupos entre as seis cultivares, ao qual podemos destacar Marcela (3,25%) e Júlia (2,77%) de lipídeos. Tais valores foram inferiores aos apresentados por Sun et al. (2014), com média geral de 5,28% de lipídeos.

O teor de cinzas variou entre 6,55 a 8,04% (Tabela 2) apesar das médias ficarem próximas ocorreu diferença segundo o teste Snott Knott. Essa diferença entre as cultivares formou três grupos ao qual podemos destacar Duda (8,04) e Júlia (7,92%) de cinzas. Os valores ficaram semelhantes às médias de cinzas apresentadas por Pedrosa (2012), que variaram entre 6,4 a 8,8%.

Segundo Massaroto (2008), ao avaliar clones de batata-doce para alimentação animal, verificou que a cultura da batata-doce tem um grande potencial para utilização, tanto na forma de ramas, como também na forma de silagem. As silagens dos clones avaliados apresentaram proteína bruta variando entre 9,6 a 13,2%, fibra em detergente neutra entre 37,9 a 58,2% e matéria seca variando entre 16,0 a 26,3%. Tais resultados são próximos aos encontrados no presente estudo, potencializando as ramas das cultivares analisadas como alimento animal e humano.

Na produtividade estimada de proteína bruta por hectares ocorreu diferença significativa. Pode-se destacar valores acima de 0,350 toneladas de proteína por hectare de batata-doce, como os valores obtidos de proteína para as cultivares Duda (0,350 t ha⁻¹), Beatriz (0,356 t ha⁻¹) e Amanda (0,457 t ha⁻¹) (Tabela 3). Este resultado agrega valor ao co-produto (ramas) ideal para produção de rações e alimentos. Tais valores ficam inferiores a soja que possui

33,24% de proteína e produtividade média de 2,88 t ha⁻¹, podendo produzir 0,957 t ha⁻¹ de proteína (GONÇALVES et al. (2014) e CONAB, 2015).

Tabela 3. Produtividade média de proteína bruta de ramas (PPB) t ha⁻¹ e produtividade estimada de biomassa lignocelulósica de ramas (PBLC) t ha⁻¹, de seis cultivares de batata-doce. Palmas, TO. 2015.

Cultivares	PPB	PBLC
Júlia	0,259 b	1,179 a
Duda	0,350 a	1,602 a
Marcela	0,272 b	1,260 a
Amanda	0,457 a	1,750 a
Bárbara	0,233 b	1,021 a
Beatriz	0,356 a	1,662 a
CV (%)	28,65	29,26
Média	0,321	1,412

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a nível (p>0,05).

Entretanto os valores de produtividade de proteína do presente estudo ficam superiores quando comparados ao feijão e sorgo e semelhante ao milho que possuem produtividade média nacional de 1,18 t ha⁻¹, 2,66 t ha⁻¹ e 5,18 t ha⁻¹ segundo a CONAB (2015) safra 2014/2015, respectivamente. Quando dividimos a produtividades pelo teor de proteína chegamos à estimativa de produção de proteína por hectare, como o feijão possui segundo Silva et al. (2014) 22,78% de proteína, pode chegar a produtividade de proteína 0,268 t há⁻¹. Segundo Rostagno et al. (2005), o sogro e milho possui cerca de 9,2% e 8,3% de proteína, podendo obter 0,244 t ha⁻¹ e 0,430t ha⁻¹ de proteína, respectivamente.

Não houve diferença entre as cultivares com relação à estimativa de produção de biomassa lignocelulósica (PBLC) por hectare de produção de ramas (Tabela 3). Devido à produtividade de carboidratos complexos como celulose, e hemicelulose ultrapassar 1,02 toneladas por hectare, o uso desta biomassa para a produção de etanol de 2º geração pode ser viável. Em destaque as cultivares Duda (1,6 t ha⁻¹), Beatriz (1,66 t ha⁻¹) e Amanda (1,75 t ha⁻¹) de biomassa lignocelulósica.

De acordo com Andrade et al. (2014), o teor de lignina nas ramas de batata-doce apresenta média geral em torno de 12%. Esse baixo teor de lignina é semelhante ao obtido no bagaço da cana-de-açúcar por Souza (2014), com média de 11,82%. Então é possível afirmar que a biomassa de ramas de batata-doce

deverá conter em torno de 31,96% (celulose + hemicelulose), carboidratos complexos que passando por uma hidrólise enzimática se tornam fermentescíveis.

No entanto, a lignina precisa ser removida do material lignocelulósico para produção de etanol, pois ela é constituída de uma complexidade molecular que a torna difícil de ser degradada. Quanto maior for a porcentagem de lignina na planta maior será sua resistência à degradação por via química ou enzimática, isso é um desafio na utilização deste tipo de biomassa (TAHERZADEH; KARIMI, 2008). Como endossa Soares (2013), a eficiência de conversão de celulose em glicose e os rendimentos na etapa de fermentação dependem do teor e distribuição de lignina no material, o que justifica maiores rendimentos para materiais com teores de lignina inferiores.

Por conseguinte, existe hoje, uma grande expectativa quanto ao uso de resíduos lignocelulósicos como alternativas para a geração de biocombustíveis, a partir de resíduos agroindustriais como o bagaço de cana-de-açúcar, palha do milho, restos de galhas constituindo substratos com grande relevância para a produção do álcool de segunda geração (SOCCOL et al, 2010; CADETE et al, 2012). Contudo, o aproveitamento da biomassa lignocelulósica colabora diretamente para a sustentabilidade do cultivo da batata-doce, destinado à produção de etanol.

4. Conclusão

As cultivares Duda, Amanda e Beatriz foram destaque na produtividade de ramas desidratadas por hectare.

Entre as cultivares ocorreu uma diferença de até 23% em relação à a matéria seca presente nas ramas.

As cultivares Amanda, Duda e Beatriz apresentaram a produtividade estimada de proteína bruta por hectare superiores as demais.

As ramas de batata-doce apresentam na sua composição centesimal aliada produtividade (proteína e biomassa lignocelulósica por hectare), que evidencia a possibilidade de sua utilização na alimentação animal, humana e produção de etanol de 2^o geração.

5. Referências

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Methods of analysis of the Association of official Analytical Chemists.12 ed., Washington.1995. p.1994.1094.

ANDRADE JÚNIOR, V.C. de et al. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 4, p.584-589, 2012.

_____. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura brasileira**, v. 32, n. 1, jan. - mar., p. 91-97, 2014.

AZEVEDO, A. M., JÚNIOR, et al. Parâmetros genéticos e ganhos com seleção em batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1 jan./mar., p. 84-90, 2015.

CADETE, R.M.; et al. Diversity and Physiological Characterization of D-Xylose-Fermenting Yeasts Isolated from the Brazilian Amazonian Forest. **PLoS ONE**, v. 7, 2012. p.1-11,

CONAB: COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2014/2015**. Oitavo levantamento: Maio 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_05_13_08_46_55_boletim_graos_mai_2015.pdf Acesso em 28 maio. 2015.

CHANDEL, A. K. et al. Sugarcane bagasse and leaves: foreseeable biomass of biofuel and bio-products. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 87, n. 1, p.11-20, 2012.

DIAS, M. O. S et al. Second generation ethanol in Brazil: Can it compete with electricity production? **Bioresource Technology**, v. 102, n 19, 2011. p.8964-8971.

EDMOND, J.B. et al. Sweet potatoes: Production, processing, marketing. 1971. Disponível: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300477700>. Acessado jun. 2015.

DORNAS, M.F.S. **Seleção de genótipos de batata-doce para a produção de silagem de ramas**. Diamantina: UFVJM. 2012. 51p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.FAOSTAT | © FAO StatisticsDivision.2013.Disponível em:

<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 04 de mai 2015.

FIGUEIREDO, J. A. et al. Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. **Horticultura Brasileira**. v. 30, p.708-712, 2012.

GONÇALVES, L. C. et al. Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 4ª edição, 2005. 1020 p.

MASIERO, Sara Scomazzom. Microusina de Batata-doce: Viabilidade econômica e técnica. 2012. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Escola de Engenharia, Faculdade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

MASSAROTO, J. A. et al. Desempenho de clones de batata-doce Behavior of roots of sweet potato clones. **Ambiência**, v. 10, n. 1, p. 73-81, 2014.

MASSAROTO, J. A. Características agronômicas e produção de silagem de clones de batata doce. 2008. 73p. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MONTEIRO, A. B. Silagens de cultivares e clones de batata-doce para alimentação animal visando a sustentabilidade da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.2, p.978-981, 2007.

Pedrosa, C. E. Silagens de ramas e raízes de batata-doce. 2012. 54p. Dissertação (Mestrado - em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM. Diamantina-MG.

Viana, D. J. S. Produção e qualidade de raízes, ramas e silagem de ramas de clones de batata-doce em diferentes locais e épocas de colheita. 2009. 69p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM. Diamantina-MG.

VIANA, D. J. S., et al. Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural**, v. 41, n. 8, p. 1466-1471, 2011.

TAIRA, J., TAIRA, K., OHMINE, W., & NAGATA, J. Mineral determination and antiLDL oxidation activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, p.117–125, 2013.

ROSTAGNO, H. S., et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 186p., 2005.

SOARES, M. L. Efeitos do teor de lignina na sacarificação e fermentação simultânea do bagaço de cana-de-açúcar para produção de etanol. 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial). Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife-PE. .

SOCCOL, C.R. et al. Bioethanol from lignocelluloses: Status and perspectives in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 13, p. 4820-4825, Jul. 2010. Disponível: <http://www.researchgate.net/publication/40730246>. Acessado jun. de 2015.

SOUZA, R. de F. R de. Produção de etanol a partir de hidrolisado enzimático do bagaço da cana-de-açúcar por leveduras isoladas do bioma amazônico. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial). Centro De Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife-PE.

SILVA, F. C. et al. Estabilidade e adaptabilidade de linhagens elite de feijoeiro-comum carioca para teor de proteína e tempo de cocção. In: **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 11., 2014, Londrina. Tecnologias para a sustentabilidade da cultura do feijão: anais. Londrina: IAPAR, 2014., 2014. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/997269>. Acesso em 22 de maio, 2015.

SILVEIRA, M. A. et. al., (Coord.). A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para o etanol. **Boletim Técnico UFT**. Palmas - TO, 2014.p.45.

SUN, H., MU, T., XI, L., ZHANG, M., CHEN, J. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. **Food Chemistry** v.56, n.1, 2014.p.380–389. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.079>. Acesso em 22 de abril, 2015.

TAIRA, J., et al. Mineral determination and anti-LDL oxidation activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, n. 2, p. 117-125, 2013.

TAHERZADEH, M.J.; KARIMI, K. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review. **Internacional Journal Molecular Science**, v.9, p. 1621-1651, 2008.

ZOOFÉRTIL. Laboratório Agropecuário: Empresa especializada em análises de solos de macro e micronutrientes, textura e acidez. 212 Norte Alameda 5, Lote 23, S/N - Plano Diretor Norte, Palmas - TO, 77006-310.

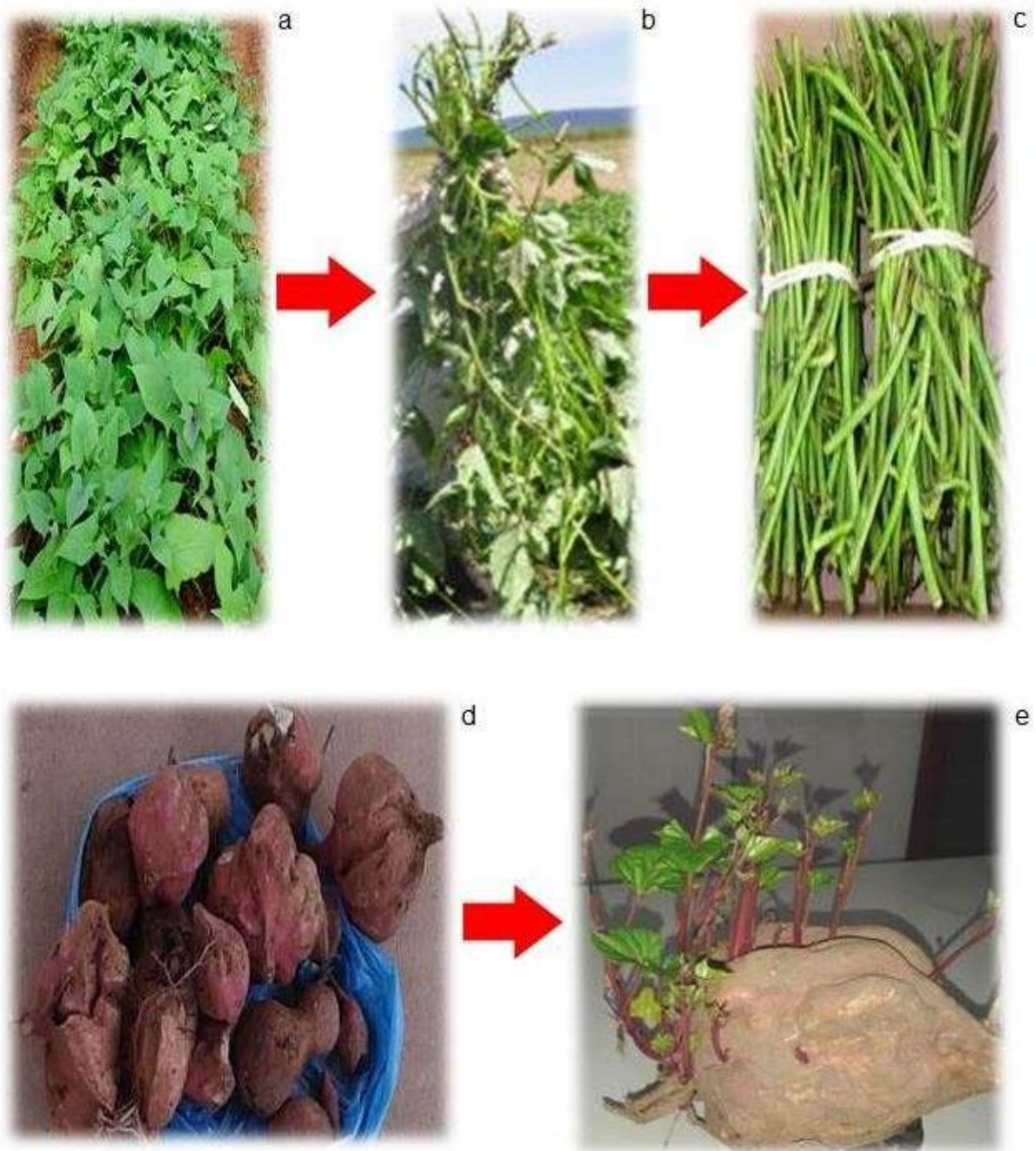
XIAODING, G. Evaluation of sweet potato tips as green vegetables. ARC Training. 1995. 9p.

APÊNDICES 1.

SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- ❑ Confeção de mudas *in vitro* livres de patógenos.
- ❑ Teste de propagação vegetativa com hormônios enraizadores.
- ❑ Desenvolvimento de silagem de ramas, rações e co-produtos alimentícios.
- ❑ Realização de teste com a biomassa lignocelulósica de ramas em bio-reator na produção de etanol de 2^o geração.

APÊNDICES 2.



- a) Parte aérea (ramas e folhas) de batata-doce cultivadas em leiras
- b) Retirada de ramas no campo pra a confecção de mudas
- c) Feixe de mudasde estaquias de ramas
- d) Batatas colhidas em campo usadas na germinação de broto
- e) Mudas de propagação vegetativa de raízes de batata-doce.

APÊNDICE 3. :



Quadrante feito de madeira medindo 1 m², usado na colheita de ramas e raízes de batata-doce.