



**Universidade Estadual do Centro-Oeste**

**GRAZIELLA DOS SANTOS PORTES SILVA**

**COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BATATA-DOCE  
(*Ipomoea batatas*) E RENDIMENTO NA PRODUÇÃO DE  
ETANOL EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

**MESTRADO EM  
BIOENERGIA**

**GUARAPUAVA**

**2013**

**GRAZIELLA DOS SANTOS PORTES SILVA**

**COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BATATA-DOCE  
(*Ipomoea batatas*) E RENDIMENTO NA PRODUÇÃO DE  
ETANOL EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, área de concentração em Biocombustíveis, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
Orientador

Prof. Dr. Paulo Rogério Pinto Rodrigues  
Co – Orientador

GUARAPUAVA

2013

## Ficha Catalografica

**GRAZIELLA DOS SANTOS PORTES SILVA**

**COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BATATA-DOCE  
(*Ipomoea batatas*) E RENDIMENTO NA PRODUÇÃO DE  
ETANOL EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, área de concentração em Biocombustíveis, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em XX de fevereiro de 2013

---

Prof.º Dr. Xzxxxxxx  
UEL

---

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
Orientador

---

Prof. Dr. Paulo Rogério Pinto Rodrigues  
Co – Orientador

GUARAPUAVA  
2013

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

*Florivaldo Portes e Soelinda dos Santos Portes*

Que tanto amo e me espelho, pelas dores e aflições que causei, pelas preocupações e dedicação a mim durante a minha vida. Obrigada pela força e estímulo.

Ofereço

Ao meu marido, Rodrigo Cordova Silva, pela paciência e compreensão nos momentos de angústia e desespero.

A minha filha, Livia Portes Cordova Silva, peço desculpas pelas ausências em sua vida.

Agradeço por fazerem da minha VIDA mais completa.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS pela minha existência e por tudo que tem me proporcionado nesta caminhada: família, amor, crescimento espiritual, união e por me rodear de pessoas com quem posso compartilhar meus anseios e vitórias.

Agradeço ao meu marido, Rodrigo, aos meus pais, ao meu irmão Marcello e a minha cunhada Maria Fernanda, que muitas vezes dividiram seu tempo para ficarem com a minha filha, Lívia.

Agradeço a minha irmã, Isabelle, que mesmo longe, me ajudou e me motiva a adquirir mais conhecimento.

Agradecimentos especiais ao meu orientador Prof.º Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende pela paciência, pelos ensinamentos, pelo acompanhamento nesta caminhada e principalmente pela confiança depositada no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Rogério Pinto Rodrigues sempre prestativo, obrigado pelo apoio, incentivo e orientação sempre que por mim foi solicitado.

Agradecimento a minha “companheira de caminhada”, parceira, assistente, hoje posso dizer minha amiga, a graduanda de agronomia, Edina Neumann, que durante todo o desenvolvimento do mestrado me ajudou, sempre disponível nos momentos que precisei, sem sua ajuda este trabalho não seria realizado. Muito obrigada!

Aos professores e pesquisadores da Unicentro, principalmente da área da Agronomia, que de uma forma ou de outra contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho, com orientações, conselhos, empréstimos de equipamentos, informações e até mesmos com a realização de algumas análises.

Aos alunos de iniciação científica do Laboratório de Fisiologia Vegetal da Unicentro, pelo apoio, carinho e disponibilidade por cuidarem das minhas “crianças” durante a realização do experimento, principalmente na semana de Natal e Ano Novo. Lembro-me de alguns, como Luiz Fernando, Rafael, Gabriel Dona, que durante alguns sábados passamos peneirando 2 toneladas de solo...

Aos alunos do mestrado de Agronomia da Unicentro, que de uma forma direta dividiram o espaço do laboratório com as minhas análises, e indiretamente me ajudaram. A Juliana Tauffer, pelos treinamentos nas análises; ao Alex pelo aprendizado no software de estatística.

Ao amigo Jorge Luiz Carollo Teixeira pelo apoio e compreensão, por tantas vezes que precisei de disponibilidade de tempo para a realização dos créditos e pelo acompanhamento

do experimento.

As companheiras do Instituto das Águas, Camila e Paola, pela ajuda no preparo das amostras de batata-doce.

Ao Laboratório Tecsolo, dos meus amigos Luiz Guilherme e Luiz Felipe, pela disponibilidade de infraestrutura para realização de algumas análises.

A todos que, por medo de esquecê-los por falha de memória, neste momento não me atrevo a citar nomes, contribuíram de forma direta ou indiretamente na realização deste trabalho, que caracteriza mais uma etapa de crescimento em busca do conhecimento. Meu muito obrigada!

*“Na vida, não vale tanto o que temos, nem tanto importa o que somos. Vale o que realizamos com aquilo que possuímos e, acima de tudo, importa o que fazemos de nós.”*

*Chico Xavier*

## SUMARIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	ii
LISTA DE EQUAÇÕES .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	4
2.1 Objetivo geral .....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	5
3.1 Bioenergia.....	5
3.2 Biocombustíveis.....	5
3.3 Matérias primas para biocombustíveis .....	6
3.4 A Cultura da batata doce .....	10
3.5 Composição Química e características da raiz de batata-doce .....	11
3.6 Adubação da Cultura.....	12
3.7 Potássio.....	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1 Local do experimento.....	16
4.2 Obtenção e tratamento da matéria-prima .....	16
4.3 Delineamento Experimental .....	18
4.4 Preparo do Solo .....	18
4.5 Adubação (fontes e doses).....	19
4.6 Colheita.....	21
4.7 Avaliações .....	22
4.7.1 Determinação de massa fresca das folhas (MFF).....	22
4.7.2 Determinação de massa seca das folhas (MSF).....	22
4.7.3 Determinação de massa fresca de raiz (MFR).....	22
4.7.4 Determinação de massa seca das raízes (MSR) .....	22
4.7.5 Determinação de potássio foliar (TKF) .....	23
4.7.6 Determinação de potássio na raiz (TKR).....	23
4.7.7 Determinação de sólidos solúveis (SS).....	24

4.7.8	Determinação da concentração de amido (CA).....	24
4.7.9	Determinação da produção de etanol (PE) .....	25
4.8	Análises Estatísticas .....	26
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	27
5.1	Características Agronômicas .....	27
5.1.1	Análise em relação à fonte de potássio .....	27
5.1.2	Análise em relação à variável dose de potássio.....	29
5.2	Teor de Potássio .....	31
5.2.1	Análise em relação aos clones .....	31
5.2.2	Análise em relação à fonte de potássio .....	32
5.2.3	Análise em relação à variável dose de potássio.....	34
5.3	Amido .....	34
5.3.1	Análise em relação à variável fonte de potássio.....	35
5.3.2	Análise em relação à variável dose de potássio.....	36
5.4	Produção de Etanol .....	37
5.5	Correlações entre as características avaliadas .....	40
6.	CONCLUSÃO .....	43
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rotas tecnológicas para produção de bioetanol.....	8
Figura 2 - Experimento de batata-doce em casa de vegetação. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2011.....	17
Figura 3 - Experimento de batata-doce, identificação do tratamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2011.....	17
Figura 4 - Experimento de batata-doce em casa de vegetação – disposição dos vasos com diversos tratamentos em bancada. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	18
Figura 5 - Instalação das mudas em vasos com aplicação de calagem. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2011.....	19
Figura 6 - Aplicação de micronutrientes em vasos do experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	20
Figura 7 - Vaso com Batata-doce no momento da colheita. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	21
Figura 8 - Batata-doce após colheita, descanso em galpão. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	21
Figura 9 - Amostra de batata-doce após colheita, aguardando para trituração em liquidificador. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	23
Figura 10 - Processo de titulação para obtenção de amido .....	25
Figura 11 - Efeito das diferentes doses sobre as características massa fresca de folha(MFF); massa seca de folha (MSF); massa fresca de raiz (MFR); massa seca de raiz (MSR) e sólidos solúveis (SS). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	30
Figura 12 - Efeito das diferentes doses sobre as características teor de potássio na folha (TKF) e teor de potássio na raiz (TKR). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	34
Figura 13 - Efeito das diferentes doses sobre a característica concentração de amido (CA);..	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo utilizado no experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	19
Tabela 2 - Fontes e doses de potássio aplicadas no experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	20
Tabela 3 - Efeito da fonte de potássio sobre os clones. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012 .....	27
Tabela 4 - Efeito da fonte de potássio sobre massa seca de raiz e sólidos solúveis. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	28
Tabela 5 - Efeito da fonte de variação clone sobre o teor de potássio na folha (TKF) e teor de potássio na raiz (TKR) . Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	32
Tabela 6 - Efeito da fonte de potássio sobre o teor de potássio na folha (TKF) e teor de potássio na raiz (TKR) . Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	32
Tabela 7 - Efeito da fonte de potássio sobre a concentração de amido (CA). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	35
Tabela 8 - Produção de etanol a partir de concentrações de amido (CA) e diversas fontes de adubação potássica para o clone UGA118. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	38
Tabela 9 - Produção de etanol a partir de concentrações de amido (CA) e diversas fontes de adubação potássica para o clone UGA119. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.....	39
Tabela 10 - Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte KCl. Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. ....	40
Tabela 11 - Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte KNO <sub>3</sub> . Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. ....	41
Tabela 12 - Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. ....	42

**LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação 1 – Determinação do fator (Título do Licor – TL) .....	24
Equação 2 – Determinação da Concentração de amido (CA) .....	25
Equação 3 – Determinação da Produção de Etanol (PE) .....	26

## RESUMO

SILVA, Graziella dos Santos Portes. **Composição físico-química da Batata-Doce (*Ipomoea batatas*) e rendimento na produção de etanol em função da adubação potássica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2013.

O etanol como fonte alternativa de energia pode ser produzido a partir de diversas matérias-primas, a batata-doce apresenta ótima produção de biomassa para obtenção de álcool combustível, associada à rusticidade do plantio. O álcool de batata-doce é competitivo e possui maior rendimento por tonelada, além da possibilidade de duas safras anuais, perdendo em relação à cana de açúcar devido à produtividade. Tornam-se necessários estudos para melhoria dos processos produtivos que influenciem na síntese de amido em raízes, incrementando a conversão a etanol. O objetivo principal deste trabalho é avaliar o efeito de fontes e doses de potássio na composição química de raízes de batata-doce. Os clones de batatas-doces, identificados como UGA118 e UGA119, foram cultivados em vasos em casa de vegetação e adubados com diferentes fontes (KCl, KNO<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e doses (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) de potássio na forma de K<sub>2</sub>O. Foram avaliadas as seguintes características: massa fresca de folha e raiz, massa seca de folha e raiz, sólidos solúveis, teor de potássio nas folhas e nas raízes, concentração de amido nas raízes além da produção de etanol. Os resultados demonstraram que o clone UGA119 obteve maior adaptabilidade às condições do experimento, pois apresentou maior massa fresca de folha e raiz, massa seca de raiz, teor de potássio na folha e raiz além de maiores valores de concentração de amido e produção de etanol. Com relação a fonte, o sulfato de potássio se destacou como mais promissor, gerando os maiores valores de massa fresca de folha e raiz, massa seca de folha e raiz, sólidos solúveis, concentração de amido e produção de etanol. Entretanto para a característica teor de potássio na folha o cloreto foi superior. Para as doses aplicadas evidencia-se a superioridade nos resultados nas doses entre 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> para todas as características avaliadas. Portanto para incremento nas características desejadas o melhor resultado obteve-se no clone UGA119 quando utilizada a fonte sulfato de potássio na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> produzindo 24.781 L ha<sup>-1</sup> de etanol.

**Palavras-Chaves:** Álcool, Amido, Biocombustíveis, Matéria-prima

## ABSTRACT

SILVA, Graziella dos Santos Portes. **Physico-chemical composition of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) and yield in ethanol production due to fertilization.** 2013. Dissertation (Master's Degree in Bioenergy) – Midwest State University, Guarapuava, 2013.

Ethanol as an alternative source of energy can be produced from various raw materials, the sweet potato has great biomass production to obtain ethanol, associated with hardiness planting. Alcohol from sweet potato is competitive and has a higher yield per ton, besides the possibility of two annual harvests, losing in relation to sugarcane due to productivity. Studies are necessary for improving production processes that influence the synthesis of starch in roots, increasing the conversion to ethanol. The main objective of this study is to evaluate the effect of sources and doses of potassium on the chemical composition of sweet potato roots. The clones of sweet potatoes were identified as UGA118 and UGA119, they were grown in pots in the greenhouse and fertilized with different sources (KCl, KNO<sub>3</sub> and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) potassium as K<sub>2</sub>O. It was evaluated the following characteristics: fresh mass of leaf and root, dry mass of leaf and root, soluble solids, potassium content in leaves and roots, starch concentration in roots as well as the production of ethanol. The results showed that the clone UGA119 got greater adaptability to the conditions of the experiment, showed higher fresh mass of leaf and root, root dry mass, potassium content in leaf and root as well as higher values of starch concentration and ethanol production. Related to the source, the potassium sulphate stood out as the most promising, generating the highest values of fresh mass of leaf and root, dry mass of leaf and root, soluble solids, starch concentration and ethanol production. However for the characteristics of potassium content on the leaf, the chloride was superior. For the doses applied it was verified the superiority of the results, at the doses between 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> for all the characteristics analyzed. However for the increasing of the desired characteristics, best result was obtained in clone UGA119 when used the source of potassium sulfate at a dose of 150 kg ha<sup>-1</sup> producing 24,781 L ha<sup>-1</sup> of ethanol.

**Key Words:** Alcohol, Starch, Biofuels Feedstock.

## 1. INTRODUÇÃO

O desafio de alterar as fontes energéticas que movem a economia mundial, onde o petróleo e o gás natural representam mais de 50 % da matriz energética e apenas 13 % destas são provenientes de fontes renováveis (hidroeletricidade, energia eólica e solar), segundo a International Energy Agency, tornou-se uma necessidade global (IEA, 2008).

Para todos os países, o desafio das políticas públicas para energia é basicamente o de garantir o abastecimento em longo prazo e obter menores preços e diversificação de fontes mantendo a competitividade da energia produzida localmente.

De acordo com IEA (2008), a demanda mundial por energia vai crescer a uma média taxa anual de 1,6 % até 2030, alavancada pelo crescimento exponencial do consumo energético dos países em vias de desenvolvimento.

A Bioenergia é uma das mais promissoras fontes de energias alternativas renováveis passíveis de ser inserida na matriz energética mundial e direcionada à compatibilização da expansão da oferta de energia com a mitigação das alterações climáticas, isto se deve a sua maturidade tecnológica de geração e possibilidade de exploração e desenvolvimento em abundância, além de maior competitividade em comparação às demais fontes alternativas de energia.

Os biocombustíveis se apresentam como a forma mais disseminada de utilização da bioenergia. O Brasil apresenta todas as condições para o desenvolvimento de um programa nacional amplo e sustentável de produção de biocombustíveis: elevada diversidade de matérias primas adequadas às diferentes regiões, amplo potencial para expansão agrícola, recursos humanos capacitados, amplo setor industrial de óleos vegetais e de álcool, experiência e liderança mundial no negócio de biocombustíveis (etanol).

A exploração de outras fontes de matéria prima, para produção de etanol, se faz necessária, dada à dimensão do Brasil. A diversificação da matriz bioenergética pode ser uma nova oportunidade de emprego e geração de renda. A busca de novas fontes de matéria prima para produção de etanol deve ser estudada, de forma a oferecer mais opções as diferentes realidades de solo e clima do país.

Dentro das discussões ambientais o etanol produzido a partir da biomassa tem sido reconhecido mundialmente como uma das possíveis soluções para a mitigação de problemas ambientais, apresentando-se como um candidato a ser apoiado com políticas de financiamento – Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL – conforme estabelecido no Protocolo de

Kyoto, no qual os países membros da União Europeia comprometeram-se a reduzir 5 a 8 % das emissões de CO<sub>2</sub>, até 2010, em relação aos níveis de 1990 (MAGALHÃES, 2007).

O álcool surge como uma fonte alternativa de energia podendo ser produzido a partir de várias fontes de biomassa, tais como cana-de-açúcar, que é a mais usual, e também por origem de outras culturas, por exemplo, as amiláceas como batata, batata-doce, mandioca, dentre outras (CARVALHO, 2001).

A produção de glicose a partir do amido da batata-doce tem por finalidade a produção de etanol. A ideia de produção de etanol a partir da batata-doce não é nova. Desde os anos 1970, muitos pesquisadores já buscavam desenvolver combustível dessa forma, mas sempre se esbarrou na baixa produtividade, responsável por inviabilizar os projetos (VITAL, 2008). Atualmente, muitas pesquisas são desenvolvidas para o melhoramento das variedades de batata-doce e técnicas para aumento da produtividade por hectare para lavouras comerciais.

Dentre todas estas fontes de matérias-primas citadas, a batata-doce talvez seja a cultura que apresente o menor número de pesquisadores no Brasil envolvidos no seu estudo, seja para fins de consumo in natura, ou para indústria (SOUZA *et al.*, 2005). Entre os fatores que contribuem para destacar as características favoráveis da batata-doce estão: um ciclo curto de produção (4 a 5 meses), rusticidade no campo, adaptada às condições tropicais e subtropicais, possibilidade de produção em condições de solo de baixa a média fertilidade, e principalmente, baixo custo de produção (SOUZA *et al.*, 2005).

Como fonte alternativa de bioenergia a batata-doce apresenta ótima produção de biomassa para obtenção de álcool combustível, associada à rusticidade do plantio. Resultados preliminares têm mostrado que um hectare de raiz de batata-doce rende de 30 a 40 toneladas de biomassa, que pode ser transformada em combustível. O álcool de batata-doce é muito competitivo e rende por tonelada mais que o da cana-de-açúcar. Com uma produção de 170 litros por tonelada, contra apenas 80 litros por tonelada da cana, a batata ainda tem a vantagem de ter duas safras anuais, a cada 150 dias. Mas, como a cana rende muito mais por hectare, ainda leva uma pequena vantagem: oito mil litros anuais por hectare, ante 6,3 mil litros/ano da batata (SILVEIRA, 2008).

Portanto é altamente desejável a identificação de características que possam prever a potencialidade produtiva, de maneira a viabilizar a seleção de matérias-primas. Neste contexto o potássio torna-se interessante frente aos estudos sobre a sua influência na síntese de amido e carboidratos em raízes, viabilizando a batata-doce como uma fonte de energia de biomassa ao processo de conversão do açúcar a etanol.

O atual desafio da pesquisa de sistemas agrícolas é sugerir cultivos de matérias-primas

para produção de bioenergia que se encaixem no atual sistema de produção, sem tomar área dos cereais cultivados no Brasil, com a finalidade de incrementar e viabilizar a produção de biocombustíveis.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o efeito de fontes e doses de potássio na composição química de raízes de batata-doce.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Avaliar os teores de amido em clones de batata-doce em função de fontes e doses de fertilizantes.
- ✓ Determinar a concentração de massa seca em clones de batata-doce cultivados sob diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos.
- ✓ Correlacionar os teores de potássio na parte aérea com o rendimento de amido nas raízes.
- ✓ Determinar o rendimento de etanol a partir dos tratamentos utilizados, estabelecendo correlações com o teor de amido obtido em função do potássio aplicado na adubação.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Bioenergia

O consumo de energia pode ser considerado como um índice de evolução dos padrões de conforto e produtividade econômica na sociedade humana. Paralelamente, a combustão crescente de combustíveis fósseis, iniciada há 60 anos, tem gerado, juntamente com o desmatamento, o acúmulo na atmosfera de gases poluentes, particularmente de CO<sub>2</sub>, responsáveis pelo efeito estufa e consequentes alterações climáticas. Esse atual quadro exige mudanças nos padrões de industrialização e de consumo da sociedade humana, de forma a reduzir a emissão de gases de efeito estufa (PEREIRA Jr. *et al.*, 2005).

A sociedade humana depara-se, agora, com a escassez e com o aumento do preço desta fonte não renovável de energia. Avaliações mais pessimistas afirmam que em torno de 41 anos chegar-se-ia à sua total depleção (ODAC, 2007).

Neste contexto, a busca por fontes renováveis de energia e de alternativas ao uso do petróleo está mobilizando internacionalmente e de forma ímpar setores acadêmicos, industriais, sociais e governamentais com ênfase no desenvolvimento de processos biotecnológicos de menor impacto ambiental (PEREIRA Jr. *et al.*, 2005).

A bioenergia, em suas diferentes formas, energia térmica, elétrica e química, tem a capacidade de promover mudanças e transformações quase sempre comandadas pelo homem. Destaca-se a conversão da energia solar em energia química, que se realiza nos vegetais durante a fotossíntese. Chama-se biomassa a esta forma de energia transformada e armazenada de forma infinita e sem perdas, capaz de ser convertida em combustíveis gasosos, líquidos e sólidos por meio de tecnologias conhecidas (LEITE; LEAL, 2007).

#### 3.2 Biocombustíveis

O interesse pelos biocombustíveis é evidente e está sendo discutido em diversos aspectos por muitos países, sendo em função de algumas razões como: diminuição da dependência externa de petróleo, por razões de segurança de suprimento ou impacto na balança de pagamentos; minimizar os efeitos das emissões veiculares na poluição local, principalmente nas grandes cidades; controlar a concentração de gases de efeito estufa na

atmosfera (LEITE; LEAL, 2007).

A crescente preocupação com o ambiente coloca em xeque a própria sustentabilidade do atual padrão mundial de consumo energético, o qual ainda é fortemente voltado para as fontes de carbono fóssil, aproximadamente 80 %, compreendendo 36 % de petróleo, 23 % de carvão mineral e 21 % de gás natural (IEA,2011).

Os biocombustíveis são inerentemente mais biodegradáveis do que os combustíveis fósseis, seu cultivo e processamento emite menos dióxido de carbono para o ambiente, bem como para os prejuízos individuais para a água, para o clima e para a saúde (LEITE; LEAL, 2007).

Os biocombustíveis constituem apenas um segmento das bioenergias que incluem ainda o carvão vegetal, o biogás, a lenha e a cogeração da energia elétrica e calor a partir das biomassas. Por importantes que possam vir a ser, as bioenergias como um todo constituem apenas um segmento do conjunto das produções derivadas da exploração ecologicamente sustentável do complexo da biodiversidade, que abrange florestas nativas e reservas naturais, florestas plantadas, áreas destinadas aos cultivos perenes, as destinadas aos cultivos sazonais e as pastagens (SILVEIRA *et al.*,2008).

A cana-de-açúcar é a segunda maior fonte de energia renovável do Brasil, com 12,6 % de participação na matriz energética atual, considerando-se o álcool combustível (bioetanol) e a cogeração de eletricidade, a partir do bagaço (BRASIL, 2005). O etanol, empregado na indústria química, fabricação de bebidas e como carburante, é hoje a principal bioenergia utilizada no mundo. Entre 2000 e 2010, a produção mundial de etanol cresceu aproximadamente 317 %, atingindo 92 bilhões de litros, dos quais quase 73 % foram usados como combustível. Os maiores produtores e consumidores do etanol são o Brasil e os Estados Unidos que, juntos, foram responsáveis por quase 90 % da produção e do consumo mundial em 2011, seguido pela China (8,9 %), pela União Europeia (5,3 %) e pela Índia (4 %), que utilizam o biocombustível misturado à gasolina em diferentes percentuais (UNICA, 2012).

### **3.3 Matérias primas para biocombustíveis**

A busca por novas matérias-primas para produção de etanol, assim como a tecnologia industrial utilizada para fontes amiláceas, já faz parte da agenda dos países detentores de alta tecnologia, como Alemanha, Dinamarca, Bélgica, Suécia, França e Estados Unidos, desde o final da década de 90. No caso dos EUA, mesmo com uma agricultura subsidiada, foram

deixados de lado os questionamentos acerca da eficiência da produção de etanol a partir do milho, optando-se por investimentos maciços em toda a cadeia, tanto no campo da ciência e tecnologia como no incentivo à produção propriamente dita (SILVEIRA, 2008).

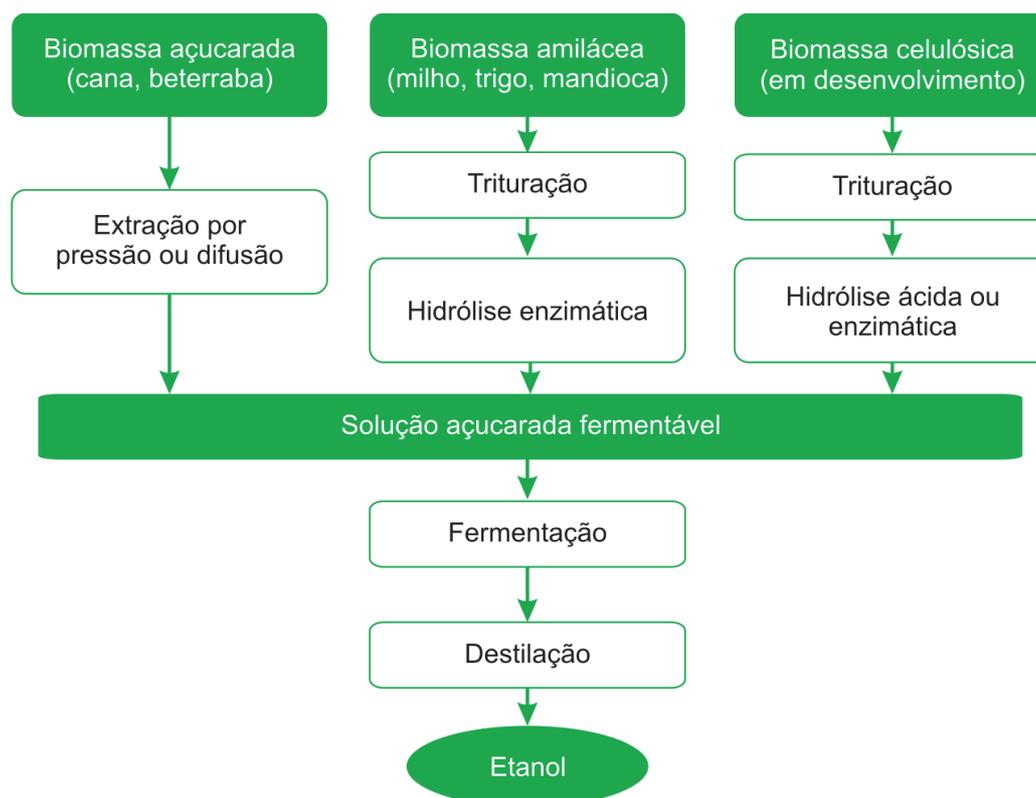
Segundo Leite *et al.* (2007), etanol pode ser obtido de diferentes matérias primas que contenham açúcares ou polímeros de açúcares, como cereais, frutas, tubérculos, raízes, gramíneas como a cana-de-açúcar, sorgo sacarino etc. Essas matérias primas podem ser divididas, quanto ao insumo básico em:

a) Açúcares - cana-de-açúcar, melaço, sorgo sacarino, frutas, beterraba. Os açúcares são convertidos diretamente em etanol via fermentação, após o processo de extração;

b) Amidos - grãos como o milho, trigo, cevada, arroz, raízes como mandioca, batata, batata-doce. Os amidos são convertidos em açúcares via hidrólise e posteriormente fermentados;

c) Lignocelulósicos - resíduos agro-florestais, gramíneas como o capim elefante, resíduos orgânicos do lixo urbano e florestas plantadas. A celulose e a hemicelulose precisam ser convertidas em açúcares via hidrólise para posterior fermentação.

O processo é mais simples quando a biomassa é açucarada envolvendo um número menor de operações unitárias, pois o açúcar já se encontra na forma fermentescível, dispensando etapas de hidrólise que ocorrem em biomassa amiláceas, conforme figura abaixo.



**Figura 1** - Rotas tecnológicas para produção de bioetanol.  
Fonte: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2008).

Para Moreira (2005), os carboidratos, inclusive o açúcar, estão entre os componentes mais abundantes dessas matérias-primas. Eles são classificados como mono, di, tri, tetra e polissacarídeos, dependendo do número de moléculas de glicose que os compõem. Praticamente todos os polissacarídeos naturais contêm cinco ou seis átomos de carbono, denominados pentoses e hexoses, respectivamente.

Na cana o açúcar mais abundante é a sacarose, um dissacarídeo formado por glicose e frutose. No milho, aproximadamente 70 % do carboidrato de composição é o amido, o qual é formado por polímeros de glicose, tanto de cadeia reta como de cadeia ramificada. Nas biomassas celulósicas, uma mistura complexa de polímeros de carboidratos (celulose e hemicelulose), lignina e uma pequena quantidade de outros compostos, conhecidos como extratos, fazem parte da estrutura física do vegetal. Em geral, a celulose é a maior porção e representa cerca de 40 a 50 % do material, em massa. A quantidade de hemicelulose representa de 20 a 40 % do material. As partes remanescentes são formadas predominantemente por lignina e uma quantidade menor de extratos. De todas as matérias-primas citadas anteriormente, a cana-de-açúcar e o milho dominam a produção de etanol no mundo, com cerca de 95 % do total (MOREIRA, 2005).

Alguns critérios devem ser considerados na escolha da matéria-prima para obtenção do etanol, destaca-se a produtividade do processo, o custo de produção, os requisitos de qualidade de solo e clima para a produção em larga escala da matéria-prima, os resíduos gerados no processo com valor energético, a sazonalidade, os usos alternativos dos resíduos e da matéria-prima, o nível de difusão da cultura, o nível tecnológico e os impactos ambientais (Leite *et al.*, 2008).

A batata-doce também foi escolhida como fonte promissora em razão, principalmente, do seu ciclo curto de produção (4 meses a 5 meses). Na década de 80, a destilaria Santa Maria, em Lençóis Paulista (SP), produziu etanol de batata-doce, obtendo um rendimento de 150 litros por tonelada de raiz. Em 1978, os pesquisadores do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Divisão de Açúcar e Fermentações, obtiveram em condições laboratoriais um rendimento médio de 158 litros de álcool por tonelada de raiz. Em função desses resultados, essa cultura se mostrou promissora para a fermentação alcoólica – assim como a mandioca, o sorgo e a cana-de-açúcar – por apresentar em sua composição 20 % de carboidratos fermentescíveis, o que otimiza a concentração de enzimas, proporcionando, assim, grande economia no processo. Entretanto, apesar dos pontos fortes, havia um gargalo tecnológico que limitou – praticamente excluiu – essa cultura da matriz bioenergética. Isso ocorreu em função da sua baixa produtividade agrícola, que na época girava em torno de 11 a 13 toneladas por hectares. No Brasil, a batata-doce, considerando o seu potencial, foi pouco estudada em termos de melhoramento, com o registro de alguns programas iniciados na década de 50. Na realidade, salvo raras exceções, foi uma cultura esquecida pelos órgãos de pesquisa e de fomento (SILVEIRA, 2008).

Evidencia-se a importância e a viabilidade de se utilizar a biomassa de batata-doce como uma fonte alternativa de energia renovável, em contrapartida à poluição atmosférica causada pelos produtos da combustão da gasolina.

Em média, tanto a mandioca como a batata inglesa, com teor de amido em base seca de 25 % a 28 % produzem entre 120 a 150 litros de álcool por tonelada de raiz. Relativamente à batata doce, em razão de seu teor de açúcares, é possível ter uma produtividade ainda maior, podendo atingir até 170 litros de álcool por tonelada de raiz (BISBRAZIL, 2010).

Araújo *et al.*, (1978) obtiveram 158 litros de etanol por tonelada de raiz de batata-doce na década de 70. Se comparados os ciclos de produção, a batata-doce com seu curto ciclo reprodutivo (4 a 5 meses) poderiam ultrapassar a cana-de-açúcar (12 e 18 meses) e a mandioca (10 a 20 meses) em sua produtividade global.

### 3.4 A Cultura da batata doce

A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L) Lam] é uma planta originária da América Tropical, sendo a região nordeste da América do Sul, o centro de origem mais aceito. Pertencente à família botânica convolvulaceae é uma hortaliça tuberosa (raiz) popular, rústica, de ampla adaptação, alta tolerância à seca e de fácil cultivo. Além disso, é uma das plantas com maior capacidade de produzir energia por unidade de área e tempo. Fonte de energia, minerais e vitaminas, a batata-doce pode ser consumida cozida, assada ou frita, ou no preparo de doces (SILVA *et al.*, 2002).

A batata-doce pode ser propagada por mudas, ramos, raízes, sementes ou por cultura de tecidos. A propagação por sementes só tem importância em trabalhos de melhoramento genético, não interessando ao produtor comercial. Desenvolve-se e produz bem em qualquer tipo de solo, desde os franco-arenosos até os mais argilosos. Entretanto, consideram-se como ideais os solos mais leves, soltos, bem estruturados, com média ou alta fertilidade, bem drenados e com boa aeração (MIRANDA *et al.*, 1987).

Apresenta boa produtividade em regiões com 750 a 1000 mm anuais de chuva, com cerca de 500 a 600 mm bem distribuídos durante os cinco meses de ciclo da cultura (MIRANDA *et al.*, 1987). O potencial de produção da batata-doce é enorme. Vários autores relatam diferentes produtividades para a cultura, geralmente variando entre 10 e 30 t ha<sup>-1</sup> (MIRANDA *et al.*, 1987; CAMARGO, 1962). No Brasil, a batata-doce é cultivada em todas as regiões. Embora bem disseminada no país, está mais presente nas regiões Sul e Nordeste, notadamente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Pernambuco e Paraíba.

No Brasil, o investimento na cultura de batata-doce é muito baixo, e o principal argumento contrário ao investimento em tecnologia é que a lucratividade da cultura é baixa. Isso decorre do pequeno volume individual de produção, ou seja, os produtores ainda tendem a cultivar a batata-doce como cultura marginal, com o raciocínio de que, gastando-se o mínimo, qualquer que seja a produção da cultura constitui um ganho extra. Dessa forma, é obtido um produto de baixa qualidade e sofre restrições na comercialização, tanto por parte dos atacadistas, que tendem a reduzir o preço, quanto por parte do consumidor, que refuga parte do produto exposto à venda (SILVEIRA, 2008).

Ao se comparar os custos de produção e os índices de produtividade, percebe-se que uma questão básica é a falta de determinação, por parte do produtor, em pesquisar mercados e descobrir oportunidades de estabelecer compromissos de produção com alta qualidade, para

ter um canal seguro de comercialização, com possível regularidade de uma produção (SILVEIRA, 2008).

### 3.5 Composição Química e características da raiz de batata-doce

A batata-doce é rica em carboidratos (amido principalmente), com teores de 13,4 a 29,2 %, açúcares redutores de 4,8 a 7,8 %, fornecendo em cada 100 gramas, 110 a 125 calorias, e apresenta baixos teores de proteínas (2,0 a 2,9 %) e de gorduras (0,3 a 0,8 %). Como fonte de minerais, a batata-doce fornece em cada 100 gramas, os seguintes teores: Cálcio (30mg), fósforo (49 mg), potássio (273mg), magnésio (24mg), enxofre (26mg) e sódio (13mg), vitaminas C e do complexo B, podendo apresentar altos teores de vitamina A (MIRANDA *et al.*, 1987; SOARES *et al.*, 2002; SILVA, 2002).

O amido é considerado o principal componente da raiz da batata-doce, seguido dos açúcares mais simples, sacarose, glicose, frutose e maltose (CEREDA *et al.*, 2001). O amido é constituído por moléculas de glicose e é uma mistura de dois polissacarídeos denominados amilose e amilopectina. Segundo Surmely *et al.*, (2003) os amidos podem ser hidrolisados por via química ou por via enzimática, sendo os hidrolisados por via enzimática os mais importantes amidos modificados comerciais. Porém na produção de amido hidrolisado por conversão enzimática as enzimas representam um alto custo, enquanto que a conversão por hidrólise ácida, que produz como produtos finais glicose e dextrina, o custo é baixo.

Os teores de amido nas raízes das plantas podem variar, em função da adubação, entre outros aspectos. Logo, o conhecimento aprofundado sobre a influência da adubação na acumulação de amido nas raízes das plantas, acarretará melhoria na qualidade e no rendimento do produto (SILVA *et al.*, 2002).

Possui dois tipos de raízes: as de reservas ou tuberosas, que constituem a principal parte de interesse comercial, e as raízes absorventes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes do solo. As raízes tuberosas se formam desde o início do desenvolvimento da planta, sendo facilmente identificadas pela maior espessura, pela pouca presença de raízes secundárias e por se originarem dos nós. As raízes absorventes se formam a partir do meristema cambial, tanto nos nós quanto nos entrenós. São abundantes e altamente ramificadas, o que favorece a absorção de nutrientes (SILVA *et al.*, 2002).

As raízes tuberosas, também denominadas de batatas, são identificadas anatomicamente por apresentarem cinco ou seis feixes de vasos, sendo por isso denominadas

de hexárquicas, enquanto que as raízes absorventes apresentam cinco feixes ou pentárquicas. As batatas são revestidas por uma pele fina, formada por poucas camadas de células; uma camada de aproximadamente 2 mm denominada de casca e a parte central denominada de polpa ou carne. A pele se destaca facilmente da casca, mas a divisão entre a casca e a polpa nem sempre é nítida e facilmente separável, dependendo da variedade, do estágio vegetativo da planta e do tempo de armazenamento (EMBRAPA, 1995).

As raízes podem apresentar o formato redondo, oblongo, fusiforme ou alongado. Podem conter veias e dobras e possuir pele lisa ou rugosa. Além das características genéticas o formato e a presença de dobras são afetados pela estrutura do solo e pela presença de torrões, pedras e camadas compactadas do solo, justificando-se a preferência por solos arenosos (EMBRAPA, 1995).

### 3.6 Adubação da Cultura

A planta de batata-doce possui sistema radicular ramificado, o que a torna eficiente na absorção de nutrientes. Contudo, sua resposta à adubação depende das condições do solo. Quando cultivada em solos com fertilidade natural de média a alta, geralmente não há resposta. No entanto, em solos pouco férteis, o uso de fertilizantes minerais e orgânicos proporciona incremento significativo na produtividade (MONTEIRO, 1997).

De acordo com Embrapa (1995) as exigências minerais da cultura da batata-doce são em ordem decrescente: potássio, nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio. As quantidades de nutrientes extraídas do solo variam segundo as cultivares, solo, clima, ciclo da cultura e principalmente produção (considerando a parte aérea mais as raízes).

Quando a cultura é instalada em sequência a outra que tenha recebido altas doses de fertilizantes, como é o caso da maioria das hortaliças, geralmente não são feitas adubações e nem correções de acidez. Entretanto, com base na análise do conteúdo mineral, a cultura extrai 60 a 113 kg de N; 20 a 45,7 kg de  $P_2O_5$ ; 100 a 236 kg de  $K_2O$ ; 31 a 35 kg de CaO e 11 a 13 kg de MgO, para uma produção de 13 a 15 t  $ha^{-1}$ . Para uma produção de 30 t  $ha^{-1}$  de raízes, extrai cerca de 129 kg  $ha^{-1}$  de N; 50 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e 257 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$  (MIRANDA *et al.*, 1987). Contudo deve-se considerar que a extração de nutrientes depende da cultivar, das características químicas e físicas do solo, do clima e do ciclo da cultura.

A nutrição equilibrada, tanto em macro como em micronutrientes, aumenta a produção e melhora a qualidade do produto em vários aspectos (MALAVOLTA, 1981). A resposta à

adubação pela batata-doce depende das condições do solo. Ao ser cultivada em solos com fertilidade natural de média a alta, geralmente não há resposta à adubação; mas, em solos pouco férteis, o uso de fertilizantes minerais e orgânicos proporciona incrementos significativos na produtividade (MONTEIRO, 1997).

### 3.7 Potássio

O potássio é um nutriente importante para o crescimento da planta, a translocação do açúcar, síntese do amido e a promoção de um melhor rendimento, resultando assim em um produto de boa qualidade (REIS JUNIOR; MONNERAT, 2001).

Considerado como o segundo nutriente mais absorvido pela maioria das plantas e pode ser encontrado em todos os tecidos vegetais. Apresenta alta mobilidade intracelular e nos tecidos, translocando-se dos mais velhos para os mais novos e, no transporte a longa distância via xilema e floema, o K pode ativar ou participar de inúmeros processos em diversos compartimentos da planta (MEURER, 2006).

É um dos nutrientes principais das culturas, pois tem um papel importante na fisiologia das plantas (TAIZ e ZIEGER, 2004). O papel principal do K nas plantas é ativar enzimas, sendo que mais de 50 enzimas são dependentes do K para sua atividade normal. A deficiência de K acarreta algumas mudanças químicas, como a acumulação de carboidratos solúveis, decréscimo no nível de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis. A nutrição adequada de K regula o potencial osmótico das células, a expansão celular e a abertura e fechamento dos estômatos que dependem de um ótimo turgor celular, no qual o K é indispensável (FAQUIM, 2005).

Níveis adequados de K promovem também incremento no teor de proteína, de amido nos grãos e tubérculos, na coloração e aroma dos frutos, no teor de ácido ascórbico e de sólidos solúveis e na redução de distúrbios fisiológicos (MEURER, 2006).

O excesso desse nutriente pode causar desequilíbrio nos níveis de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), ou mesmo, queima nas margens e no ápice das folhas velhas, evidenciando a importância de um bom programa de adubação para garantir a absorção equilibrada de K pela cultura (PEREIRA; FONTES, 2005).

No solo apresenta-se apenas como íon monovalente ( $K^+$ ), numa dinâmica relativamente simples. Segundo Malavolta (1981) o potássio tem importância nas reações de equilíbrio que se estabelecem entre as formas fixadas, trocável e solúvel. Dentre as formas

que o potássio ocorre no solo, o K trocável e o K na solução do solo são as que estão disponíveis para a planta. A perda de potássio no solo ocorre pelo processo de lixiviação, podendo chegar até 30 % do total de K aplicado. Para minimizar estes efeitos, o parcelamento da adubação potássica é recomendado.

O Cloreto de Potássio (KCl) é o fertilizante potássico mais utilizado, aproximadamente 95 % de todo potássio usado na agricultura (POTAFOS, 1990). Apresenta um elevado índice salino, que varia conforme a textura do solo, teor de matéria orgânica, umidade, distância de aplicação do fertilizante em relação a semente ou planta e da sensibilidade da espécie vegetal (FURTINI NETO *et al.*, 2001).

Os efeitos de K e da calagem dolomítica sobre o crescimento e absorção da batata-doce foram pesquisados por Jackson & Thomas (1960), os quais observaram que a produção de raízes é muito mais dependente da dose de KCl do que a parte aérea. A qualidade das raízes, quando estimada pela percentagem de raízes comerciáveis, cor de casca e cor intensa da batata, foi melhorada, também, por altas doses de K. Estes autores registraram, ainda, que a absorção de K pelas plantas foi estreitamente correlacionada com o desenvolvimento das raízes.

A resposta à adubação pela batata-doce depende das condições do solo. Ao ser cultivada em solos com fertilidade natural de média a alta, geralmente não há resposta à adubação; mas, em solos pouco férteis, o uso de fertilizantes minerais e orgânicos proporciona incrementos significativos na produtividade (MONTEIRO *et al.*, 1997).

Em relação ao potássio, por ser um elemento solúvel e bastante móvel no solo, é recomendado que se faça a aplicação da metade da dose no plantio e o restante aos 45 dias (MIRANDA *et al.*, 1987).

Segundo Malavolta (1981), o potássio é necessário para a formação dos açúcares e do amido e para seu transporte até os órgãos de reserva, portanto adubações com esse nutriente são de fundamental importância para cultura da batata-doce, principalmente, no que tange o aumento dos teores de carboidratos, constituinte fundamental para a produção de etanol.

A produção e a translocação de fotoassimilados nas plantas tem revelado uma relação de causa-efeito com a nutrição potássica (HUBER, 1985; MARSCHNER, 1986). O decréscimo da taxa de translocação de fotoassimilados parece anteceder os efeitos da deficiência de potássio sobre as taxas da fotossíntese (HARTT, 1969; ASHLEY e GOODSSEN, 1972) Esse decréscimo pode estar associado ao requerimento de açúcares, em substituição ao potássio na osmorregulação das folhas (HUBER, 1985). As evidências sugerem que a função do potássio nesse processo é a de promover a liberação ativa da

sacarose das células do mesófilo para o apoplasto (DOMAN e GEIGER, 1979; MENGEL, 1985), provavelmente por meio do mecanismo de co-transporte sacarose/ $K^+$  (HUBER e MORELAND, 1981), ou o carregamento de sacarose do apoplasto para dentro das células companheiras dos elementos crivados (MENGEL, 1985). Aparentemente, esse carregamento do floema ocorre por um mecanismo de co-transporte sacarose/ $H^+$ , com o potássio movendo-se em resposta ao potencial de membrana. Assim a menor eficiência na translocação de fotoassimilados pode elevar os teores de açúcares solúveis e de amido nas folhas (MENGEL, 1985).

De acordo com Duncan *et al.* (1958), doses crescentes de K aumentam a produção de raízes e diminuem a percentagem de massa seca. Estes autores encontraram maior acumulação de K em raízes adubadas com cloreto de potássio e concluíram ser esta fonte de K utilizada mais eficientemente pela batata-doce.

Estudos sobre a nutrição mineral de batata-doce, conduzidos em campo por Leonard *et al.* (1949), mostraram que a disponibilidade de N e K no solo foi associada com os teores destes nutrientes no limbo e com a produção de raízes. Hammett *et al.* (1984) estudaram a influência de fontes e doses de N e K sobre a produção, e concentração mineral de batata-doce e encontraram uma relação quadrática significativa entre produção comerciável e doses de K.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no setor de Olericultura do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO, em Guarapuava, Paraná, em casa de vegetação com 276 m<sup>2</sup> com cobertura plástica transparente de 150 micras de espessura, com coordenadas geográficas 25°41'12''S de latitude, 51°38'45''W de longitude e aproximadamente 1100 m de altitude.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo subtropical úmido mesotérmico Cfb, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C, com verões frescos e temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C, inverno moderado com ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca definida. A temperatura média máxima anual é de 23,5°C e a temperatura média mínima anual é de 12,7°C (IAPAR, 2012).

### 4.2 Obtenção e tratamento da matéria-prima

As mudas foram produzidas no setor de Olericultura do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO, em Guarapuava, PR em bandejas mantidas sob casa de vegetação.

Foram utilizadas estacas para a realização do experimento a partir de clones de batata doce os quais são identificados como UGA 118 e UGA 119, proveniente do banco de germoplasma da UNICENTRO. As estacas foram preparadas com aproximadamente 15 cm ou com pelo menos quatro gemas de brotação. Posteriormente, as estacas foram plantadas em bandejas de polipropileno de 50 células preenchidas com substrato comercial Plantmax®. As bandejas foram dispostas em bancadas a 1,20 m de altura do solo, regadas com o auxílio de um regador diariamente ou conforme a necessidade hídrica das plantas.

Após a formação das mudas, estas foram transferidas para vasos de 10 dm<sup>3</sup> para a condução do experimento, compreendendo o período de novembro de 2011 a abril de 2012, conforme figuras 2 e 3.



**Figura 2** - Experimento de batata-doce em casa de vegetação. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2011.



**Figura 3** - Experimento de batata-doce, identificação do tratamento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2011.

### 4.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com 4 repetições, em esquema fatorial de 5x3x2, sendo cinco doses de K<sub>2</sub>O (0, 50, 100, 150 e 200 %), onde 100 % refere-se à dose recomendada de 100 kg ha<sup>-1</sup> (MIRANDA *et al*, 1987), três fontes de potássio (KCl, KNO<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e dois clones (UGA 118 e UGA 119), totalizando 30 tratamentos. Os tratamentos foram distribuídos em 120 parcelas, sendo que cada parcela foi constituída por dois vasos contendo uma planta cada.



**Figura 4** - Experimento de batata-doce em casa de vegetação – disposição dos vasos com diversos tratamentos em bancada. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

### 4.4 Preparo do Solo

O solo utilizado para cultivo é classificado como Latossolo Bruno Álico Distrófico, segundo a Embrapa (2006). A análise química do solo apresentou os valores conforme tabela 1.

**Tabela 1** - Resultados da análise química do solo utilizado no experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

	pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO g dm <sup>-3</sup>	P (Mehlich) mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC (pH 7,0)
							emol <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup>			
0–20 cm	5,1	34,9	0,7	0,06	0,3	0,3	0,2	3,01	0,73	3,67

MO-Matéria Orgânica; P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg – Magnésio; Al – Alumínio; H+Al- Acidez Potencial; SB-Soma de Bases; CTC-Capacidade de Troca de Cations.

Para o preenchimento dos vasos, o mesmo foi peneirado em malha 4 mm e acrescentado de uma calagem com cal hidratada na quantidade de 9,6 g vaso<sup>-1</sup> e 0,15 g vaso<sup>-1</sup> de carbonato de magnésio por vaso no momento do enchimento com base nos resultados da análise química do solo.



**Figura 5** - Instalação das mudas em vasos com aplicação de calagem. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2011.

#### 4.5 Adubação (fontes e doses)

A adubação potássica foi aplicada após 10 dias do transplante. A aplicação seguinte se deu com 20 dias após a primeira e sucessivamente a cada 30 dias até completarem seis aplicações com doses conforme distribuídas na tabela 2.

**Tabela 2** - Fontes e doses de potássio aplicadas no experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

FONTES	DOSE RECOMENDADA (%)				
	0	50	100	150	200
KCl	0	431*	862	1293	1724
KNO <sub>3</sub>	0	568	1136	1705	2273
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	521	1042	1563	2083

(\*) g do fertilizante aplicado por vaso para equivalência de K<sub>2</sub>O

As adubações de nitrogênio (fonte – Ureia comercial) e fósforo (fonte – Fosfato Super Triplo) seguiram um padrão de aplicação quinzenal com doses fixas de 1,6 g vaso<sup>-1</sup> e 1,0 g vaso<sup>-1</sup>, respectivamente durante todo o período do experimento, conforme análise do solo.

Para suprir os micronutrientes foram realizadas aplicações de boro, cobre, manganês e zinco nas doses de 2 mg kg<sup>-1</sup> de solo, 1 mg kg<sup>-1</sup> de solo, 1 mg kg<sup>-1</sup> de solo e 1,5 mg kg<sup>-1</sup> de solo respectivamente durante todo o experimento com aplicações regulares quinzenalmente (figura 6).

A irrigação foi realizada por sistema de gotejamento, com turno de rega de acordo com as condições climáticas e o estágio de crescimento das plantas. Até os 30 dias após o transplante foi irrigado durante 15 minutos ao dia, em períodos de 12 horas, em seguida a irrigação foi realizada de acordo com a necessidade das plantas até o final do ciclo.



**Figura 6** - Aplicação de micronutrientes em vasos do experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

#### 4.6 Colheita

A colheita foi realizada aos 180 dias após o plantio, período caracterizado pela maturação fisiológica da batata-doce. As raízes colhidas foram acondicionadas em galpão para obtenção das características de produção.



**Figura 7** - Vaso com Batata-doce no momento da colheita. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.



**Figura 8** - Batata-doce após colheita, descanso em galpão. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

## 4.7 Avaliações

### 4.7.1 *Determinação de massa fresca das folhas (MFF)*

Para determinação de massa fresca na parte aérea, as folhas foram coletadas e pesadas. Os resultados expressos em gramas (g) de massa fresca (folhas) por vaso.

### 4.7.2 *Determinação de massa seca das folhas (MSF)*

Para determinação de massa seca na parte aérea, as folhas foram coletadas, pesadas (100 g) e colocadas em estufa de circulação forçada de ar modelo 5L/02/480 marca Solab, na temperatura de 65°C, até massa constante. Os resultados expressos em porcentagem (%).

### 4.7.3 *Determinação de massa fresca de raiz (MFR)*

A determinação da massa fresca das raízes foi obtida por meio da pesagem das raízes produzidas em cada vaso. Os resultados expressos em gramas (g) de massa fresca (raízes) por vaso.

### 4.7.4 *Determinação de massa seca das raízes (MSR)*

Para determinação de massa seca das raízes, as mesmas foram colhidas, lavadas, pesadas (100 g) e colocadas em estufa de circulação forçada de ar modelo 5L/02/480 marca Solab, na temperatura de 65°C, até massa constante. Os resultados expressos em porcentagem (%).

#### 4.7.5 Determinação de potássio foliar (TKF)

A determinação do teor de potássio nas folhas foi realizada por digestão ácida a quente (MALAVOLTA *et al.*, 1997). A coleta das folhas se deu ao término do ciclo, foram retiradas a 3ª e a 4ª folhas compostas, sem o pecíolo, de cada vaso, totalizando oito folhas por parcela. As amostras foram secas até atingirem massa constante, em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C e moídas em moinho tipo “Willey” para encaminhamento das análises. Os resultados expressos em g de potássio kg<sup>-1</sup> de massa seca de folha.

#### 4.7.6 Determinação de potássio na raiz (TKR)

O teor de potássio na raiz foi determinado por digestão ácida a quente (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Após a colheita e acondicionamento, as raízes foram lavadas, cortadas e moídas em liquidificador comumente utilizados em cozinhas doméstica, em seguida colocadas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até atingirem massa constante (Figura 9).

Em seguida, as amostras foram trituradas até atingirem aspecto de pó e posteriormente encaminhadas à análise, sendo os valores expressos em g de potássio kg<sup>-1</sup> de massa seca de raiz.



**Figura 9** - Amostra de batata-doce após colheita, aguardando para trituração em liquidificador. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

#### 4.7.7 Determinação de sólidos solúveis (SS)

A determinação da concentração de sólidos solúveis nas amostras foi realizada diretamente das raízes depois de trituradas em liquidificador, conforme método refratométrico, utilizando refratômetro digital portátil faixa de medição 0,0 a 53,0 °Brix – modelo PAL1. Os resultados expressos em °Brix, segundo metodologia da AOAC (1992).

#### 4.7.8 Determinação da concentração de amido (CA)

A determinação do amido foi realizada pelo método Eynon/Lane, com adaptações (ABAM, 2004), utilizando as amostras de raízes em forma de farinha.

O método de Eynon/Lane é um método de titulação baseado na redução do cobre, por meio das soluções de Fehling, onde se promove o rompimento da cadeia com um álcali. O açúcar redutor reduz o íon cúprico a óxido cuproso dando um precipitado vermelho.

Este método é volumétrico e menos trabalhoso em relação a outros métodos como Somogy Nelson (método colorimétrico) que exige grandes diluições. Inicialmente deve-se preparar as soluções de Fehling A (34,639 g de sulfato de cobre  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ , transferir para balão volumétrico de 1000 mL e completar o volume com água destilada) e B (173 g de tartarato de sódio e potássio  $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) e dissolver em 250 mL de água destilada.

Adicionar 250 mL de solução de NaOH, a 20 % e completar o volume para um litro. Determinar o fator (Título do Licor - TL) com solução de glicose anidra em água a 1 % (o peso de glicose usado deverá ser estabelecido até a terceira casa decimal). A titulação é feita uma vez só, e o Título do Licor pode ser utilizado enquanto durar a solução, ou seja, para cada nova solução A e B deve-se fazer novamente o padrão glicose.

O cálculo de TL foi realizado segundo a equação (1):

$$\text{TL} = \frac{\text{L.P}}{100}$$

Onde,

L - mL da solução de glicose gastos

P - peso da glicose usada (g)

Nota: O valor de f de vera ser próximo a 0,05 g.

Em seguida pesou-se cerca de 1 g de amostra, transferiu-se o material para um erlenmeyer com 50 mL de HCl 1M. Os frascos contendo as amostras foram colocados em

microondas por 20 min na potência máxima. Posteriormente as amostras foram neutralizadas com NaOH 10 % usando três gotas de fenolftaleína até que a solução fique com a coloração rosa. Após este processo foram preparados três frascos para cada amostra com o licor de Fehling. Estes frascos foram aquecidos até ebulição sobre um agitador magnético com aquecimento (Figura 10). Acrescentou-se com o auxílio de uma pipeta a solução contendo a amostra neutralizada até que a mesma ficasse com a cor vermelho tijolo, desta forma foram realizadas as demais titulações prosseguindo assim os cálculos para a determinação do amido por meio do volume gasto na titulação conforme a seguinte equação (2):

$$\text{Concentração de Amido (\%)} = \frac{250 \times \text{TL} \times 0,9 \times 100}{\text{LM} \times \text{PA}}$$

Onde:

250 - é o volume total da diluição da amostra da fécula;

TL - o título do licor de Fehling;

0,9 - o fator que transforma os açúcares redutores em amido;

100 - é para expressar o amido em % na amostra;

LM (leitura média) - é a leitura da titulação da amostra de fécula;

PA - é o peso da amostra de fécula usada, seca ou úmida.



**Figura 10** - Processo de titulação para obtenção de amido

Fonte: ABAM, 2004.

#### 4.7.9 Determinação da produção de etanol (PE)

A capacidade de conversão do amido a etanol, em cada amostra, foi determinada pela correlação entre as quantidades de amido disponível e os dados já citados por diversos autores.

Segundo Silveira (2008), amostras de clones de batata doce com produtividade média de  $65,5 \text{ t ha}^{-1}$ , concentração de amido média de 24,4 %, a conversão em etanol se dá em torno  $160 \text{ L ha}^{-1}$ .

Em estudo realizado por Lázari (2011) em avaliação das características agronômicas e físico-químicas de 100 acessos de batata-doce industrial do programa de melhoramento da UFT (Universidade Federal do Tocantins), em laboratório utilizando fermentômetros obteve rendimentos médios de etanol de 151,67 e 234,33  $\text{L t}^{-1}$  de raiz.

Amostras com variações de amido entre 25 a 28% produzem até 170 L de etanol. Com utilização de leveduras modificadas no processo de fermentação é possível atingir até 200 L de etanol, para produtividade de 50 a 60  $\text{t ha}^{-1}$  (BISBRAZIL, 2010).

Baseado nestes valores de concentração de amido e conversão a etanol, considerando uma produtividade média de 60  $\text{t ha}^{-1}$ , obteve-se a seguinte fórmula de conversão (equação 3):

$$PE = (10,349 \cdot CA - 89,349) \cdot 60$$

Onde,

PE - produção de etanol em  $\text{L ha}^{-1}$ .

CA - concentração de amido em %.

60 - constante de transformação da produtividade.

Com  $R^2 = 0,9855$ .

#### 4.8 Análises Estatísticas

Os dados obtidos pelas avaliações realizadas foram submetidos à análise de variância, utilizando o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010) e as características que apresentaram médias com diferença significativa em resposta a fontes de adubação potássica foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para avaliação da influência das doses de K foi realizada análise de regressão e neste caso, quando necessário, as equações foram derivadas para determinação dos pontos de máxima e mínima e os valores de  $R^2$  das equações de regressão tiveram suas significâncias testadas pelo teste F.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Características Agronômicas

#### 5.1.1 Análise em relação à fonte de potássio

Com relação à fonte de potássio houve efeito significativo entre os clones UGA118 e UGA119 para as características massa fresca de folha (MFF), massa seca de folha (MSF) e massa fresca de raiz (MFR).

Estes resultados estão em concordância com os dados obtidos por Pauletti e Menarin (2004), que afirmaram que a fonte de K (sulfato e cloreto) promovem efeitos variados no teor de massa seca de tubérculos de batatas.

**Tabela 3** - Efeito da fonte de potássio sobre os clones. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Fonte	Massa Fresca de Folha (MFF) (g)		Massa Seca de Folha (MSF) (%)		Massa Fresca de Raiz (MFR) (g)	
	Clone UGA118	Clone UGA119	Clone UGA118	Clone UGA119	Clone UGA118	Clone UGA119
KCl	147,01 A a	155,81 A a	9,77 B a	12,10 A b	146,53 B b	215,09 A b
KNO <sub>3</sub>	126,30 B b	163,00 A a	11,93 B a	11,97 A a b	194,38 A a	181,77 B b
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	116,95 B b	160,03 A a	11,21 B a	13,21 A a	192,69 B a	262,71 A a

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 5% de significância. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de significância.

O clone UGA119 proporcionou maior teor de MFF independente da fonte potássica utilizada, sendo significativamente superior ao clone UGA118, quando aplicadas as fontes de KNO<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. O clone UGA119 não sofreu efeito significativo para a característica avaliada, quando submetido a presença das diferentes fontes, no entanto, o clone UGA118 produziu maior MFF quando aplicada a fonte de KCl, sendo estatisticamente superior.

Observa-se também que para a característica de MSF, o clone UGA119 se destacou pela superioridade em relação ao clone UGA 118, acumulando maior teor de MSF. Para essa característica, observou-se maior efeito da fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> que diferiu estatisticamente da fonte KCl. Para o clone UGA118 não foi observado efeito significativo para a fonte aplicada.

Com relação a MFR, verificou interação significativa entre o clone e a fonte de

potássio utilizada. Para o clone UGA119 as fontes de KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foram mais efetivas em incrementar o teor de MFR, diferindo da fonte de KNO<sub>3</sub>. Entretanto, o KNO<sub>3</sub> proporcionou maior concentração de MFR para o clone UGA118.

A superioridade do clone UGA119 para as características MFF e MSF é explicada em função da constituição genotípica do mesmo e quando da sua interação com o ambiente de cultivo, tendo em vista sua maior adaptabilidade, quando comparado ao clone UGA118, este fato foi citado por Maschner, (1995), quando relata que a absorção iônica é caracterizada por seletividade (certos elementos são absorvidos preferencialmente) e genótipo (existem diferenças entre espécies de plantas nas características de absorção). O aumento na MSF observada para o clone UGA 119 quando aplicada a fonte de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, pode ser explicada pela absorção do sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) o qual é reduzido ao íons S<sup>-2</sup> que tem efeito benéfico para a formação de alguns aminoácidos (cisteína, metionina e cistina), constituintes de proteínas importantes no processo metabólico dos vegetais (MASCHNER, 1995).

Cada material (clone) apresenta respostas diferenciadas quando submetidos ou influenciados por fatores abióticos e mesmo bióticos. A batata-doce por exemplo, demonstrou isso, sendo que o clone UGA119 foi mais produtivo quando na presença das fontes KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, enquanto o clone UGA118 acumulou mais MFR quando adubado com KNO<sub>3</sub>. Esse fato pode ser explicado pela ação isolada de cada íon acompanhante na fisiologia de cada clone, proporcionando maior ou menor efeito, conforme explicado por Faquin (2005).

Para as características massa seca de raiz e sólidos solúveis não houve efeito interativo entre fonte de potássio e clone, conforme tabela 4.

**Tabela 4** - Efeito da fonte de potássio sobre massa seca de raiz e sólidos solúveis. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Fonte	Massa Seca de Raiz (MSR) (%)	Sólidos Solúveis (SS) (°Brix)
KCl	31,68 b	8,73 c
KNO <sub>3</sub>	30,59 b	9,17 b
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	38,66 a	9,73 a

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de significância.

Observa-se que a fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> proporciona maior teor de massa seca de raiz (MSR), em relação às demais fontes avaliadas, sendo o resultado estatisticamente superior. Os efeitos

de K sobre o crescimento e absorção iônica da batata-doce foram pesquisados por Jackson & Thomas (1960), os quais observaram que a produção de raízes é muito mais dependente da dose de K do que a parte aérea.

O valor superior encontrado na fonte corrobora com o que constatou Mallmann (2001), que na escolha de melhor fonte, pesquisas mostram que a forma de cloreto reduz o conteúdo de massa seca dos tubérculos, o que não ocorre com sulfato. O enxofre do sulfato é um macronutriente essencial, sendo eficiente no acúmulo e teores de massa seca e amido da batata (ZEHLER *et al*, 1981).

Para a característica sólidos solúveis (SS), os valores encontrados (tabela 4) reafirmam a superioridade da fonte sulfato, sendo esta fonte a responsável pelo maior valor, não apresentando diferença significativa entre os clones UGA118 e UGA119.

O sulfato acarreta um resultado superior em relação às demais fontes de K, repetindo-se também para esta característica avaliada. Os valores demonstram semelhança com os encontrados por Cardoso (2007), que obteve resultados superiores em °Brix para a cv. Ágata com a fonte sulfato e ao trabalho de Pinelli *et al.*, (2005), que obtiveram valores variando entre a mesma cultivar sob diferentes fontes de potássio, sendo o sulfato a fonte que contribuiu para o maior teor de sólidos solúveis. Evidenciando desta forma o comportamento do íon S como favorecedor de sólidos solúveis em tubérculos e raízes.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), sólidos solúveis são utilizados como uma medida indireta do teor de açúcares, variando de 2 a 25 % a depender do clima, estágios de maturação e a espécie analisada.

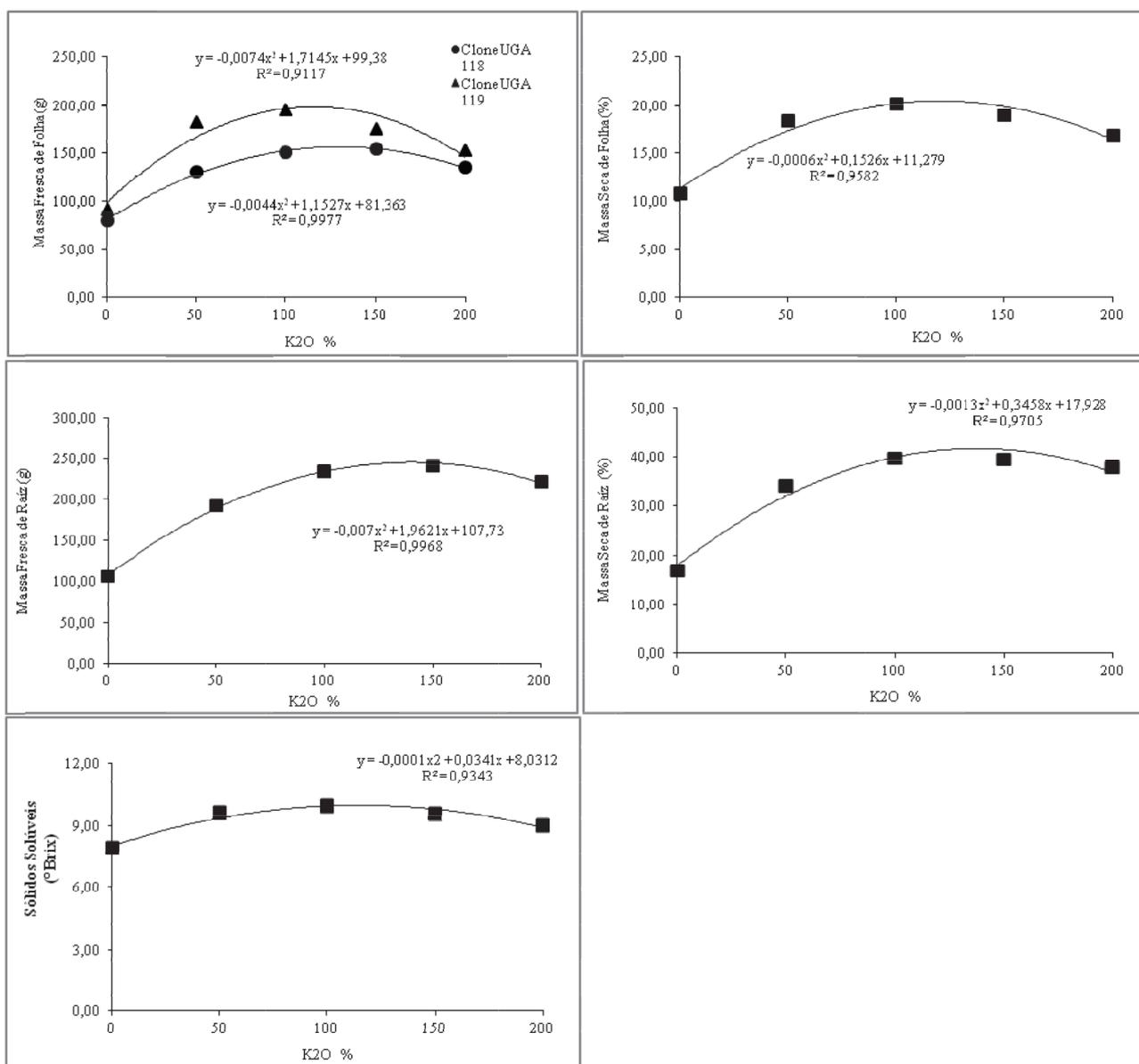
Os resultados obtidos na presente pesquisa são superiores aos valores encontrados por Souza Junior *et al.*, (2005), que avaliando a composição centesimal de diversas cultivares de batata doce encontraram valores entre 5,5 e 7,0 %. No trabalho de Cereda *et al.*, (1984), os teores variaram de 5,5 a 13,5 %, porém as cultivares foram colhidas aos 10 meses de ciclo, portanto, mais doces. Os valores encontrados apresentam-se em conformidade com o propósito deste trabalho, no qual se espera um aumento do valor de sólidos solúveis indicando a possível viabilidade para produção de açúcares a qual se converterá a etanol.

### 5.1.2 Análise em relação à variável dose de potássio

Com relação à dose de potássio houve efeito significativo entre os clones somente para a característica massa fresca de folha (MFF), sendo que as demais características não

apresentaram diferenças significativas. As relações entre as características observadas e as doses de potássio foram de natureza quadrática (Figura 11).

A maior produção de MFF foi obtida com a dose de 6,44 g vaso<sup>-1</sup> (equivalente a 130,98 kg ha<sup>-1</sup>) de K<sub>2</sub>O para produção de 156,86 g para o clone UGA 118 e dose de 5,79 g vaso<sup>-1</sup> (aproximadamente 118 kg ha<sup>-1</sup>) para produção de 198,66 g de massa fresca de folha para a UGA119. Para a produção de MSF não houve diferença entre os clones e o valor máximo foi de 20,98 g para dose de 6,36 g vaso<sup>-1</sup> (129 kg ha<sup>-1</sup>) de K<sub>2</sub>O.



**Figura 11** - Efeito das diferentes doses sobre as características massa fresca de folha(MFF); massa seca de folha (MSF); massa fresca de raiz (MFR); massa seca de raiz (MSR) e sólidos solúveis (SS). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Para MFR a produção máxima foi de 245,22 g para uma dose de  $K_2O$  de aproximadamente  $7,00 \text{ g vaso}^{-1}$  e para MSR o melhor resultado foi 40,92 g correspondente a dose de  $6,549 \text{ g vaso}^{-1}$ . Houve um forte crescimento da massa seca de raiz, reflexo da translocação e do acúmulo de nutrientes, sendo que após este período houve diminuição da massa seca da raiz. Este fato se explica pelo ciclo perene da cultura, pois nessa fase a planta redireciona os fotoassimilados e investe no crescimento vegetativo. (HUAMANN, 1992).

Esses resultados estão de acordo às curvas de acumulação de massa seca de algumas espécies de olerícolas, que geralmente possuem três fases distintas: na primeira fase a absorção é lenta; seguida de intensa absorção até atingir o ponto máximo, a partir do qual ocorre um pequeno declínio (ARAÚJO *et al.*, 2001)

A característica avaliada sólidos solúveis (SS) apresentou valor máximo de 10,94 °Brix para uma dose de  $8,75 \text{ g vaso}^{-1}$  ( $178 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Os resultados sugerem que a adubação potássica exerce influência sobre o teor de SS. Isso porque uma das funções do potássio na planta é intensificar o armazenamento de solutos no floema em órgãos como sementes, tubérculos, raízes e frutos, sendo que a velocidade aumenta no suprimento de potássio (POTAFOS, 1990).

Nos casos avaliados a dose elevada de K ( $10 \text{ g vaso}^{-1}$ ) não representou o melhor resultado. Isso porque a adubação excessiva de potássio, pode levar ao aumento da concentração salina do solo e à redução na absorção de outros cátions, principalmente  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$ , promovendo redução na produtividade da cultura (Pereira & Fontes, 2005).

## 5.2 Teor de Potássio

O teor de potássio na folha (TKF) e o teor de potássio na raiz (TKR) não apresentaram diferenças significativas para a interação clone-fonte e para a interação tripla clone-fonte-dose.

### 5.2.1 Análise em relação aos clones

Para o teor de potássio na folha (TKF) e para teor de potássio na raiz (TKR) houve diferença significativa entre os clones UGA118 e UGA119 (Tabela 5).

**Tabela 5** - Efeito da fonte de variação clone sobre o teor de potássio na folha (TKF) e teor de potássio na raiz (TKR) . Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Clone	Teor de potássio na folha (TKF) (g kg <sup>-1</sup> )	Teor de potássio na raiz (TKR) (g kg <sup>-1</sup> )
UGA118	15,94 b	10,75 b
UGA119	21,09 a	12,75 a

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de significância.

Conforme apresentado na tabela 5, o clone UGA119 apresentou teores de potássio estatisticamente maiores tanto na folha quanto na raiz. Estes resultados confirmam a maior adaptabilidade deste material (clone) às condições ambientais do experimento.

### 5.2.2 Análise em relação à fonte de potássio

Com relação à fonte de potássio houve efeito significativo para as características TKF e TKR (Tabela 6).

**Tabela 6** - Efeito da fonte de potássio sobre o teor de potássio na folha (TKF) e teor de potássio na raiz (TKR) . Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Fonte	Teor de potássio na folha (TKF) (g kg <sup>-1</sup> )	Teor de potássio na raiz (TKR) (g kg <sup>-1</sup> )
KCl	20,78 a	11,92 a
KNO <sub>3</sub>	19,20 b	12,36 a
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15,56 c	10,97 b

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de significância.

O teor de K nas folhas é consequência da disponibilidade do nutriente no solo, das condições de absorção pelas raízes (ERNANI *et al.*,2007), como o cultivo foi irrigado, admite-se que a aplicação parcelada do K diminui as perdas deste nutriente, por lixiviação, o qual permaneceu mais disponível para a planta durante todo o ciclo vegetativo.

As folhas analisadas de batata-doce apresentaram teores de K estatisticamente diferentes em resposta as diferentes fontes de potássio aplicadas, sendo o cloreto de potássio a fonte que proporcionou o maior teor de K nas folhas (20,78 g kg<sup>-1</sup>), seguido do nitrato de

potássio ( $19,20 \text{ g kg}^{-1}$ ) e, por último o sulfato de potássio, com  $15,56 \text{ g kg}^{-1}$ .

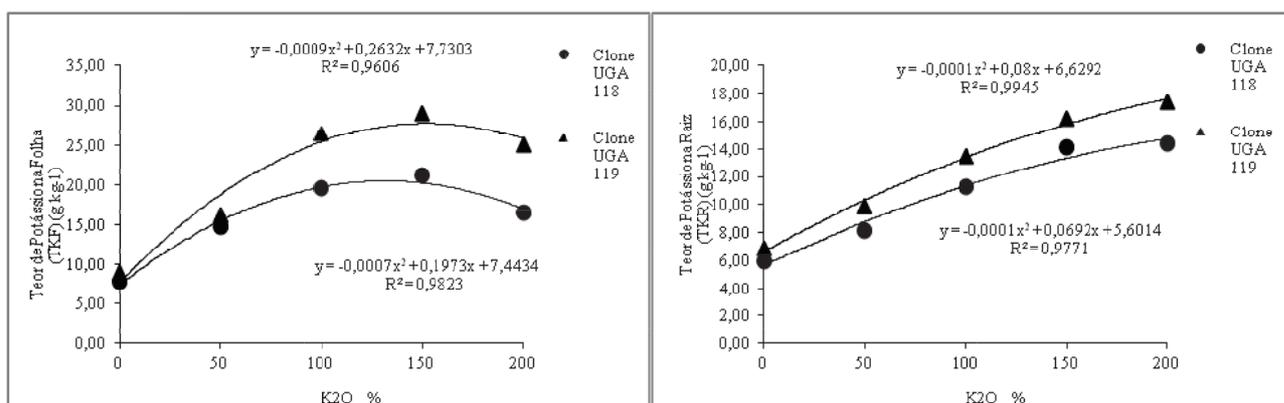
Para a quantidade de K nas raízes, verifica-se que houve diferença significativa apenas para a fonte sulfato, e que, as fontes cloreto e nitrato apresentaram valores estatisticamente iguais. Os resultados encontrados se assemelham aos encontrados por Duncan *et al.*; (1958), onde houve maior acumulação de K em raízes adubadas com cloreto de potássio e estes autores concluíram ser esta fonte de K utilizada mais eficiente para o aumento de K nas raízes de batata-doce.

### 5.2.3 Análise em relação à variável dose de potássio

Em resposta as doses aplicadas, as médias do teor de K foliar e na raiz se ajustaram a equação de regressão linear e, aumentaram conforme as doses de K sendo observado teor de K foliar de 21,19 g kg<sup>-1</sup> na dose de 7,50 g vaso<sup>-1</sup> para o clone UGA118 e de 29,01 g kg<sup>-1</sup> na dose de 7,50 g vaso<sup>-1</sup> para o clone UGA119 (Figura 12).

Estes teores de K foliar estão de acordo com os obtidos por Leonard *et al.*, (1949), que revelou aumentos de teor de K na folha e na produção de raízes com aplicação de doses crescentes de K<sub>2</sub>O.

Para os teores de K na raiz foram os valores de 14,35 g kg<sup>-1</sup> na dose de 10 g vaso<sup>-1</sup> para o clone UGA118 e de 17,43 g kg<sup>-1</sup> na dose de 10 g vaso<sup>-1</sup> para o clone UGA119 (Figura 12). Ainda, segundo Malavolta (1981), o potássio é necessário para a formação dos açúcares e do amido e para seu transporte até os órgãos de reserva, principalmente no que tange o aumento dos teores de carboidratos, constituinte fundamental para a produção de etanol.



**Figura 12** - Efeito das diferentes doses sobre as características teor de potássio na folha (TKF) e teor de potássio na raiz (TKR). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

### 5.3 Amido

O amido é o principal carboidrato de reserva produzido pelas plantas e consumido pelo homem. O fato de ser armazenado em grânulos insolúveis em água e de ser facilmente extraível torna-o único na natureza, com ampla possibilidade de utilização diretamente na dieta humana ou na indústria alimentícia (CORDENUNSI, 2005), tem sido estudado nas últimas décadas como possível alternativa para produção de etanol, devido sua capacidade de conversão a açúcar.

Os teores de amido nas raízes das plantas podem variar, entre outros aspectos, em

função da adubação. Portanto, o estudo e conhecimento sobre a influência desse fator na acumulação de amido nas raízes das plantas, proporcionará melhoria na qualidade e no rendimento industrial do produto (MALAVOLTA, 1987).

A concentração de amido (CA) na batata doce foi influenciada significativamente pelas fontes, doses e clones e pela interação entre estas fontes de variação.

### 5.3.1 Análise em relação à variável fonte de potássio

De acordo com a tabela 7, verifica-se que o clone UGA119 forneceu maior teor de amido independente da fonte de potássio, sendo significativamente superior ao clone UGA118, em todas as fontes aplicadas. Tanto o clone UGA118 quanto o clone UGA119 sofrem efeitos significativos quando submetidos a diferentes fontes, sendo a fonte  $K_2SO_4$  fornecedora de maiores teores de amido estatisticamente. O valor máximo encontrado para o clone UGA 119 foi de 45,22 % para a fonte sulfato e de 40,35 % para o clone UGA 118 para a mesma fonte.

Os valores encontrados de amido são superiores aos teores de amido em batatas-doces encontrados por Silveira, 2008, aproximadamente 33,07 % em variedades de batata-doce com polpas alaranjadas, confirmando o efeito positivo do incremento de potássio.

**Tabela 7** - Efeito da fonte de potássio sobre a concentração de amido (CA). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Fonte	Concentração de Amido (CA) (%)	
	Clone UGA118	Clone UGA119
KCl	34,02 B b	37,20 A c
KNO <sub>3</sub>	31,06 B c	40,63 A b
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	40,35 B a	45,22 A a

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 5% de significância. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si em nível de 5% de significância.

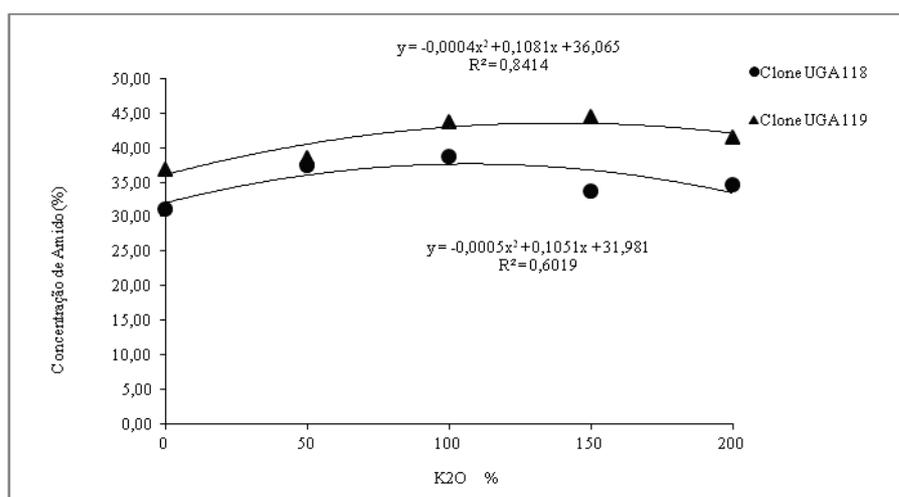
Para a fonte de adubação potássica, maiores quantidades de amido foram observadas na fonte de sulfato em relação ao cloreto e nitrato, estes resultados se assemelham a Quadros

(2009), que obteve diferença significativa entre as fontes, sendo a fonte sulfato com quantidades de amido superior a fonte cloreto. Geralmente o uso de adubos com  $K_2SO_4$  propicia estruturas de armazenamento com teores de amido superiores aos que utilizam KCl (IMAS; BANSAL, 1999). Isto se deve ao fato de que o floema transporta muitos nutrientes minerais ( $Mg^{+2}$ ,  $PO_4^{-3}$ ,  $Cl^{-1}$  e  $K^+$ ) mas não transporta  $Ca^{+2}$ , Fe e  $SO_4^{-2}$ , sendo o enxofre contribuidor para o acúmulo de amido nas estruturas de reserva (TAIZ e ZIEGER, 2004).

### 5.3.2 Análise em relação à variável dose de potássio

A concentração de amido (CA) apresentou diferença entre as doses aplicadas indicando que os teores são dependentes do incremento de K empregado no cultivo. Estes resultados podem ser explicados por Heemst (1986), quando relata que diferentes quantidades de amido podem ser observadas entre cultivares, na cultivar e até mesmo entre as estruturas de armazenamento de uma mesma planta.

Provavelmente, o nível de potássio responsável pela máxima concentração de amido nas raízes, juntamente com os nutrientes contidos no solo fornecidos durante a calagem, supriu de forma equilibrada a batata-doce. O equilíbrio entre os elementos nutritivos proporciona maiores produções do que maiores quantidades de macro-nutrientes isoladamente (PRIMAVESI, 1985).



**Figura 13** - Efeito das diferentes doses sobre a característica concentração de amido (CA);

O potássio em altas doses reduz o amido, em decorrência do aumento da absorção e

acúmulo desse nutriente na planta, acarretando redução do potencial osmótico e aumento da absorção de água, o que causa diluição dos teores de amido nas estruturas de reserva (REIS JUNIOR, 1995). No inhame *Dioscorea cayennensis* (OLIVEIRA *et al.*, 2002), observaram relação direta do K com o teor de amido nos rizóforos. Também, a redução no teor de glicose, em níveis acima de 198 kg ha<sup>-1</sup>, pode ter contribuído para a redução do teor amido, isso porque a glicose nas raízes é polimerizada em amido (CEREDA *et al.*, 2001).

#### **5.4 Produção de Etanol**

A batata-doce vem sendo considerada como uma das espécies mais eficientes no processo de conversão de energia solar em energia química (SILVA *et al.* 1995). Cultivares de batata-doce, obtidas por meio de melhoramento genético, têm apresentado índices de produção etílica por hectare duas vezes maior que os de cana-de-açúcar (SILVEIRA, 2008).

Contudo o enorme potencial da cultura para a produção do etanol torna-se necessário a identificação de condições que favoreçam este processo como uma alternativa para regiões onde a cana-de-açúcar não se adapta.

A partir da adubação potássica, escolha da melhor fonte e conseqüentemente o seu favorecimento ao acréscimo de amido nas raízes, as tabelas 8 e 9 demonstram os possíveis valores de produção de etanol a partir dos estudos realizados neste trabalho (segundo equação 3) com a identificação do clone mais adaptado a condição do experimento.

**Tabela 8** - Produção de etanol a partir de concentrações de amido (CA) e diversas fontes de adubação potássica para o clone UGA118. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Fonte	Dose	AMIDO (%)	ETANOL (L ha <sup>-1</sup> )
KCl	0	30,56	13617,06
KCl	50	30,86	13799,20
KCl	100	35,41	16626,55
KCl	150	35,89	16926,67
KCl	200	36,24	17144,00
KNO <sub>3</sub>	0	26,07	10826,97
KNO <sub>3</sub>	50	34,45	16028,37
KNO <sub>3</sub>	100	35,93	16949,43
KNO <sub>3</sub>	150	28,15	12118,52
KNO <sub>3</sub>	200	30,73	13718,48
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	36,55	17334,42
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50	44,69	22386,80
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	44,82	22467,52
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	150	37,24	17764,94
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	36,01	17001,18

**Tabela 9** - Produção de etanol a partir de concentrações de amido (CA) e diversas fontes de adubação potássica para o clone UGA119. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Fonte	Dose	AMIDO (%)	ETANOL (L ha <sup>-1</sup> )
KCl	0	32,67	14927,24
KCl	50	36,10	17057,06
KCl	100	39,40	19104,10
KCl	150	41,56	20447,40
KCl	200	37,38	17851,87
KNO <sub>3</sub>	0	37,10	17675,93
KNO <sub>3</sub>	50	34,65	16156,70
KNO <sub>3</sub>	100	45,27	22751,08
KNO <sub>3</sub>	150	43,27	21507,13
KNO <sub>3</sub>	200	42,83	21235,99
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	41,05	20128,65
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50	47,12	23897,75
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100	46,58	23564,51
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	150	48,54	24781,56
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	45,25	22738,66

As tabelas demonstram que o clone UGA119 apresentou resultados superiores de concentração de amido e conseqüentemente maiores produção de etanol em relação ao clone UGA118 para todas as fontes, sendo para a fonte KCl uma dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> correspondente a 7,5 g por vaso, com produção de 20.447,40 L ha<sup>-1</sup>, para a fonte KNO<sub>3</sub> uma dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> (5 g por vaso), com produção de 22.751,08 L ha<sup>-1</sup> e para a fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> com produção de 24.781,56 L ha<sup>-1</sup>.

Os resultados encontrados de etanol em L ha<sup>-1</sup> foram superiores aos encontrados por Silveira, 2008, onde para uma concentração de amido de 24,4 % e produtividade de 65,5 t ha<sup>-1</sup> produziu 10.467 L de etanol, variando de 20.448 a 24.779 L de etanol variando as fontes potássicas.

A responsabilidade pelo aumento da produtividade em etanol, deve-se ao incremento de concentração de amido fomentado através da adubação potássica que elevou a média encontrada nas raízes dos clones avaliados no experimento. Desta forma constata-se o efeito benéfico do potássio no aumento da produção de etanol a partir da batata-doce.

### 5.5 Correlações entre as características avaliadas

As correlações entre as características avaliadas conforme as fontes de adubação potássica estão apresentadas nas Tabelas 10, 11 e 12.

**Tabela 10** - Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte KCl. Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(5.)	(6.)	(7.)	(8.)
(1.) Massa Fresca de Folha (MFF)	-	0,99 **	0,89 *	0,94 **	0,98 **	0,79 *	0,54 ns	0,74 *
(2.) Massa Seca de Folha (MSF)		-	0,84 *	0,94 **	0,98 **	0,73 *	0,46 ns	0,66 ns
(3.) Massa Fresca de Raiz (MFR)			-	0,92 **	0,85 *	0,94 **	0,81 *	0,95 **
(4.) Massa Seca de Raiz (MSR)				-	0,97 **	0,89 *	0,53 ns	0,83 *
(5.) Sólidos Solúveis (SS)					-	0,81 *	0,42 ns	0,72 *
(6.) Teor de Potássio na Folha (TKF)						-	0,69 *	0,98 **
(7.) Teor de Potássio na Raiz (TKR)							-	0,82 *
(8.) Concentração de Amido (CA)								-

ns – não significativo, \* - significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de t, \*\* - significativo a 1 % de probabilidade pelo teste t.

A massa fresca de folha (MFF) apresentou correlação positiva e significativa com o teor de K na raiz (TKR) apenas para a fonte  $\text{KNO}_3$  confirmando que o transporte de nitrogênio no floema ocorre apenas na forma de aminoácidos e amins e não ocorre na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^{-1}$ ).

O teor de K na raiz apresentou correlação positiva e significativa com o teor de K na folha para as três fontes utilizadas, KCl (0,69) (Tabela 10),  $\text{KNO}_3$  (0,93) (Tabela 11) e  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0,98) (Tabela 12). Este fato confirma os resultados apresentados na Tabela 8, onde os valores de K na raiz acompanha o aumento de K nas folhas.

O teor de sólidos solúveis apresentou correlação positiva e significativa para todas as características avaliadas para as três fontes, (Tabelas 10, 11 e 12), exceto com o teor de K na raiz para a fonte KCL e com o teor de K na folha e raiz para a fonte  $K_2SO_4$ . Desta forma, evidencia-se o relacionamento de K com a ativação de diversas enzimas e síntese de proteínas, melhorando a fotossíntese e acumulando maior fotoassimilados e consequentemente maior teor de SS, aumentando a massa seca de folhas e raízes, bem como a interferência dos anions  $Cl^{-1}$  e  $SO_4^{-2}$  no transporte do floema.

Para a fonte  $K_2SO_4$  a correlação com a concentração de amido foi baixa e positiva, confirmando que o K disponível na raiz foi utilizado na translocação de açúcares e amido, sendo esta fonte a que maior proporcionou amido.

**Tabela 11** - Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte  $KNO_3$ . Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(5.)	(6.)	(7.)	(8.)
(1.) Massa Fresca de Folha (MFF)	-	0,99 **	0,85 *	0,77 *	0,98 **	0,96 **	0,80 *	0,82 *
(2.) Massa Seca de Folha (MSF)		-	0,85 *	0,78 *	0,98 **	0,96 **	0,80 *	0,79 *
(3.) Massa Fresca de Raiz (MFR)			-	0,99 **	0,91 **	0,95 **	0,96 **	0,72 *
(4.) Massa Seca de Raiz (MSR)				-	0,86 *	0,90 **	0,94 **	0,66 ns
(5.) Sólidos Solúveis (SS)					-	0,97 **	0,84 *	0,80 *
(6.) Teor de Potássio na Folha (TKF)						-	0,93 **	0,79 *
(7.) Teor de Potássio na Raiz (TKR)							-	0,73 *
(8.) Concentração de Amido (CA)								-

ns – não significativo, \* - significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de F, \*\* - significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 12** - Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  
Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

	(1.)	(2.)	(3.)	(4.)	(5.)	(6.)	(7.)	(8.)
(1.) Massa Fresca de Folha (MFF)	-	0,99 **	0,96 **	0,95 **	0,92 **	0,69 *	0,59 ns	0,87 *
(2.) Massa Seca de Folha (MSF)		-	0,97 **	0,96 **	0,91 **	0,72 *	0,63 ns	0,86 *
(3.) Massa Fresca de Raiz (MFR)			-	0,98 **	0,80 *	0,83 *	0,77 *	0,73 *
(4.) Massa Seca de Raiz (MSR)				-	0,76 *	0,87 *	0,81 *	0,69 *
(5.) Sólidos Solúveis (SS)					-	0,36 ns	0,25 ns	0,99 **
(6.) Teor de Potássio na Folha (TKF)						-	0,98 **	0,26 ns
(7.) Teor de Potássio na Raiz (TKR)							-	0,14 ns
(8.) Concentração de Amido (CA)								-

ns – não significativo, \* - significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de F, \*\* - significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

## 6. CONCLUSÃO

- (1) O aumento nas doses de K promoveu incremento no teor de massa fresca dos clones UGA118 e UGA119 de batata-doce;
- (2) O aumento nas doses de K promoveu incremento no teor de massa seca dos clones UGA118 e UGA119 de batata-doce;
- (3) O incremento de potássio promoveu melhorias em alguns atributos, aumentou o teor de sólidos solúveis até a dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  (7,5 g por vaso);
- (4) O incremento de potássio aumentou a concentração de amido até a dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  (7,5 g por vaso);
- (5) Para incremento nas características avaliadas neste trabalho, a fonte mais indicada é  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , pois proporcionou os valores máximos de massa fresca de folha e raiz, massa seca de folha e raiz, sólidos solúveis além da concentração de amido nas raízes;
- (6) Para esta fonte, a dose de  $\text{K}_2\text{O}$  que proporcionaria maior produção de amido aliada a maior produção de etanol está estimada em  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ;
- (7) O clone que melhor se adaptou às condições do experimento e forneceu os melhores resultados foi o UGA119;
- (8) A adubação potássica do cultivo de batata-doce compreende um possível método de melhoramento de manejo viabilizando-a como uma fonte de energia de biomassa ao processo de conversão de amido a açúcar e conseqüentemente a etanol.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA, 2004. **Metodologia de determinação de amido digestão ácida em microondas**. Disponível em: <<http://www.abam.com.br>>. Pesquisadores Marney Pascoli Cereda; Erica Regina Daiuto; Olivier Vilpoux. Acesso em: 10 out 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL – ANP [**Biocombustíveis**]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 10 out 2010.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**: Gaithersburg, MD, USA, 1984. Official method 43.064.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry**. 11.ed. Washington, 1992. p. 1015.

ARAÚJO, Nancy Queiroz de et. Al. **Batata-doce**: parâmetros preliminares na tecnologia de produção de etanol. (S.L.), 1978. p. 11.

ARAÚJO, W.F., BOTREL, T.A.; CARMELLO, Q.A.C.; SAMPAIO, R.A.; VASCONCELLOS, M.R.B. Marcha de absorção de nutrientes para cultura da abobrinha conduzida sob fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.; BRASIL, R.P.C.; RESENDE, R.S. (Coord.) **Fertirrigação**: flores, frutos e hortaliças. Guaíba: Agropecuária: 1: 67-77. 2001.

ASHLEY, D.A.; GOODSON, R.D. **Effect os time and plant K status on C-labeled photosynthate movement in cotton**. Crop Sci 12: 686-690. 1972.

BARRERA, P. **Batata-doce**. Icone, São Paulo, 1986, p. 91.

**BATATÁLCOOL**: DESENVOLVIDO NO TOCANTINS, ÁLCOOL DE BATAT-DOCE SERVE TANTO COMO COMBUSTÍVEL COMO USO INDUSTRIAL E FARMACÊUTICO. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/revistadinheirorural/edicoes/38/artigo73088-1.htm>> Acesso em: 10 out 2010.

BIS – Brazil Industrial Solutions. **Usina para produção de etanol a partir da batata-doce**. Disponível em: <<http://www.bisbrazil.com.br/tecnologias/alcool.htm>> Acesso em: 10 out 2010.

BREDA FILHO, J.; FREIRE, E. S.; ABRAMIDES, E. **Adubação de batata-doce com diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio**. Bragantia, Campinas, v.25, n.26, p. 291-296, 1966.

BREDA FILHO, J; FREIRE, E. S. **Adubação da batata-doce com nitrogênio, fósforo e potássio em terrenos de cerrado**. Bragantia, Campinas, v.25, n.22, p.241-251, 1966.

CAMARGO, A. P.; FREIRE, E. S.; VENTURINI, W. R. **Efeito da calagem e de diversas adubações na batata-doce e no cará, em solos de baixa fertilidade, derivados do Arenito Botucatu.** *Bragantia*, Campinas, v. 21, n.11. p. 143-164 . Fevereiro de 1962.

CAMARGO, A. P.; FREIRE, E. S. **Adubação da batata-doce em São Paulo - Parte IV –** Experiências comparando formas de N, P e K. *Bragantia*, Campinas, v. 21, n. 49. p. 849-855, outubro de 1962.

CAMARGO, A. P. **Adubação da batata-doce em São Paulo – Parte II –** Efeito da adubação mineral. *Bragantia*, Campinas, v. 11, n. 01 e 03, p. 55-76, março de 1951.

CARDOSO, A.D.; ALVARENGA, M.A.R.; MELO, T.L.; VIANA, A.E.S. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1729-1736, 2007.

CARVALHO, J.C.M de,; SATO, S. **Fermentação Descontínua, Biotecnologia Industrial:** Engenharia Bioquímica, Editora Edgar Blucher Ltda., 1º ed. v. 2. cap. 9 p.193-204, 2001.

CECILIO FILHO, A.B.; REIS, M. dos S.; SOUZA, R.J. de; PASQUAL, M. Degenerescência em cultivares de batata-doce. **Hortic. bras.**, v.16, n.1, 1998.

CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G; CONCEIÇÃO, F.D.A. Características físico-químicas e reológicas de cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 5: 61-70. 1985.

CEREDA, M.P. et al. **Propriedades gerais do amido.** São Paulo, Fundação Cargill, p. 221. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v.1), 2001.

CHITARRA, M.I.F.;CHITARRA,A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças:** fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005,785p.

COLLINS, W.W. Progress in developing sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars for fuel alcohol production. In: VI Symposium of the International Society for Tropical Roots and Crops. Lima, 1984. **Proceedings...** Lima, 1984, p.571-575,

CORDENUNSI, B.R.; GENOVESE, M.I.; NASCIMENTO, J.R.O.; HASSIMOTTO, N.M.A.; SANTOS, N.M.A.; LAJOLO, F.M. Effects on the temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food Chemistry**, v.91, p.113-121, 2005.

DOMAN, D.C.; GEIGER, D.R.; Effect of Exogenously Supplied Foliar Potassium on Phloem Loading in *Beta vulgaris* L. **Plant Physiol.** 1979 Oct;64(4):528–533.

DUNCAN, A.A.; SCOTT, L.E.; STARKE, F.C. **Effecu of potassium Chloride and potassium sulphate on yield and quality of sweet potatoes.** Proceedings of the the American Society for Horticultural Science, Maryland, v.71, p.391-398, 1958.

EDMOND, J.B.; AMMERMAN, G. R. Sweet-potato: Production, Processing, Marketing. Connecticut, **The AVI Publishing Company**, Inc. 1971, p. 334.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**. 3. ed. Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária, 1995. (Embrapa-CNPQ. Instruções Técnicas, 7).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. p. 412.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J.A. & CASSOL, P.C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:393-402, 2007.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. p.: il. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.

FELTRAN; J.C.; VALLE; T.L. **Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam):** Matéria-prima alternativa para a produção de etanol. 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR - **Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FILGUEIRA F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa, UFV. P. 412. 2003.

FOLQUER, F. **La batata (Camote):** Estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires, 1978, 144p.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. 2001. 252f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

HAMMETTT, L.K.; MILLER, C.H.; SHALLOW, W.H.; HARDEN, C. Influence os N source, N rate, and K rate on the yield and mineral concentration of sweet potato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.109, n.3, p.294-298, 1984.

HARTT, C.E. Effect of potassium deficiency upon translocation of C in attached blades and entire plants of sugarcane. **Plant Physiol**. 1969 Oct;44(10):1461–1469.

HEEMST, H.D.J. van. 1986. The distribution of dry matter during growth of potato crop. **Potato Reserch**, 29 (1): 55-66.

HUAMAN Z. 1992. **Systemic botany and morphology of the sweetpotato plant**. Technical Information Bulletin 25. International Potato Centre, Lima, Peru. 22 p.

HUBER, D.M.; D.C. ARNY. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D (Ed.). **Potassium in agriculture**. ASA, CSSA, SSA (Madison), 1985. p.467-488.

HUBER, S.C; MORELAND, D.E. Co-transport of potassium and sugars across the plasmalemma of mesophyll protoplast. **Plant Physiology**, 67, 163-169. 1981.

IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. **Agrometeorologia**. 2012. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597/>>. Acesso em: 07 nov. 2012.

IMAS, P.; BANSAL, S. K. Potassium and integrated nutrient management in potato. In: **GLOBAL CONFERENCE ON POTATO**, 6-11 dezembro, 1999, New Delh, Índia. Disponível em: <<http://www.ipipotash.org/presentn/kinmp.html>> Acesso em: 07 Nov. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 2005. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz; **Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. São Paulo. p. 183.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook**, 2008. Disponível em: <[http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008\\_es\\_english.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008_es_english.pdf)> Acesso em: 16 Jan. 2009.

JACKSON, W.A.; THOMAS, G.W. Effects of KCl and dolomitic limestone on growth and ion uptake of sweet potato. **Soil Science**, Baltimore, v.89, p.347-352, 1960.

LÁZARI, T, M. **Avaliação das características agronômicas e físico-químicas de clones de batata-doce, suas correlações e implicações no rendimento de etanol**. 2011. p. 98. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO.

LEITE, R. C. C; LEAL, M. R.L.V; **O Biocombustível no Brasil**. Novos Estudos – CEBRAP 78, p.15-21, jul.2007.

LEONARD, O.A.; ANDERSON, W.S.; GEIGER, M. Fieldstudies on the mineral nutrition of the sweet potato. **JOURNAL American Society for Horticultural Science**, Mount, v.109, n.3, p. 387-392, 1949.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.596p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALLMANN, N. **Efeito da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no centro-oeste paranaense**. 2001. p. 129. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press, New York, p. 674. 1986.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. p. 889.

MENGEL, K.; VIRO, M. Effect of potassium supply on the transport of photosynthates to the fruits of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). **Physiology Plant**, v.30, p.295-300, 1974.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (editor). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS/UFV, 2006. p. 281-298.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº5 de 23 de fevereiro de 2007**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>> Acesso em: 06 Nov. 2012.

MIRANDA, J.E.C. de; FRANCA, F.H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F.; AGUILAR, J.A.E. **Cultivo de batata-doce (*Ipomea batatas* (L.) Lam)**. Brasília, DF, EMBRAPA-CNPQ, 1987. p. 7. (EMBRAPA-CNPQ. Instruções Técnicas, 7).

MONTEIRO, F. A. Nutrição mineral e qualidade de produtos agrícolas. In: ABEAS. **Curso de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Abras-Esalq, mod. 11. 1997.

MOREIRA, J.R. Obtenção de etanol a partir de material celulósico. In ROSILLOCALE, BAJAY E ROTHMAN (org) “**Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**”. ISBN 85-268-0685-8. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2005.

ODAC – **The Oil Depletion Analysis Centre**. (2007). Disponível em <[www.odac-info.org](http://www.odac-info.org)> Acesso em: 06 Nov. 2011.

**O ETANOL DA BATATA DOCE**. Disponível em: <<http://mundodacana.blogspot.com/2010/08/o-etanol-de-batata-doce-ipomoea-batatas.html>> Acesso em: 13 Jan. 2011.

OLIVEIRA, A.P.; FREITAS NETO, P.A.; SANTOS, E.S. Produtividade de inhame, em função de fertilização orgânica e mineral e de épocas de colheita. **Horticultura Brasileira**. Brasília. V.19, n.2, p.144-147,2002.

PAULETTI, V.; MENARIN, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. **Scientia Agrária**. v.5, n. 1-2, p. 15-20, 2004.

PEREIRA, P.R.G; FONTES, P.C.R. Nutrição mineral de hortaliças. In FONTES PCR (Ed). **Olericultura: Teoria e Prática**. Viçosa: UFV.p.39-55. 2005.

PINELLI, L.L.O.; MORETTI, C.L.; ALMEIDA, G.C.; SANTOS, J.Z.; ONUKI, A.C.A.; NASCIMENTO, A.B.G. Caracterização química e física de batatas Ágata minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.40, n. 10, p. 1035-1041, out. 2005.

POTAFOS. **Potássio**: necessidade e uso na agricultura moderna. Piracicaba: POTAFOS, 1990. p.45.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, editora Nobel, 1985, p. 541.

QUADROS, D.A.; IUNG, M.C.; FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S. Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.316-323, 2009.

REIS JÚNIOR, R.A.; MONNERAT, P. H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**. Brasília. V.19, n.9, p.227-231, Nov.2001.

SACHS, I. **Brasil: desafios da energia para o desenvolvimento sustentável**. Palestra proferida no Memorial da América Latina, São Paulo, mar. 2007.

SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA, M. P.; **Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas**, São Paulo: Cargill, 2002, v.2, p. 449-503.

SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A.; MIRANDA, J.E.C. *et al.* **Batata-Doce: Instruções técnicas do CNPHortaliças, 7**. EMBRAPA/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 3 ed, 1995. p. 18.

SILVEIRA; M.A. Álcool Combustível - Série Indústria em Perspectiva. **Batata-doce: Uma Nova Alternativa para a Produção de Etanol**. v. 1. p. 109-122. Brasília 2008.

SILVEIRA, M. A., coord.; **Boletim Técnico – UFT**, Palmas, Brasil, 2008

SOARES, K.T.; MELO, A.S. de; MATIAS, E.C. **A cultura da batata-doce (Ipomea batatas (L.) Lam)**. Joao Pessoa: EMEPA-PB, 2002. p. 26. il. (EMEPA-PB. Documentos, 41).

SOMOGY, M. Determination of blood sugar. **Journal of Biological Chemistry**, v. 160, p. 69-73, 1945.

SOUZA, A. F. B. C. **Avaliação do processo de hidrólise e fermentativo de biomassa de batata-doce [Ipomoea batatas (L.)Lam] por meio de células imobilizadas para produção de etanol**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente). Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, 2005.

SOUZA, F. R.; SILVEIRA, M. A ; TAVARES, I. B; SOUZA, A. F. B. C. **Quantificação de diferentes concentrações enzimáticas de alfa.-amilase e amiloglicosidase em fermentação de meio hidrolisado para produção de álcool a partir da cultura de batata-doce**. Anais I Congresso Científico Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2005.

SOUZA JUNIOR, A. J. L.; PRAÇA, E. F.; GRANGEIRO, L. C.; **Composição centesimal de raízes de cultivares de batata-doce colhidas aos quatro meses**. Anais Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005.

SURMELY, Rodolphe *et al.* Hidrólise do amido. In: Tecnologia, **Uso e Potencialidades de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Fundação Cargill V.3. São Paulo, 2003.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 719.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao.htm>> Acesso em 10 out 2010.

VITAL, N. Batatálcool. **Revista Dinheiro Rural**, n. 38, fev. 2008. Disponível em : <<http://www.terra.com.br/revistadinheiorural/edicoes/38/artigo73088-1.htm>>. Acesso em 20 fev 2009.

ZEHLER, E. Potassium sulphate and potassium chloride: their influence on the yield and quality of cultivated plants. Bern: **International Potash Institute**, 1981. 108p. il. (IPI. Research Topics, 9).