

**SAMANTHA DE PAULA BATISTA**



**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS DE GENÓTIPOS DE  
BATATA-DOCE**

# **MESTRADO EM BIOENERGIA**

**GUARAPUAVA-PR**

**2018**

**SAMANTHA DE PAULA BATISTA**

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS DE GENÓTIPOS DE BATATA-DOCE**

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. Edson Perez Guerra  
Orientador

GUARAPUAVA-PR

2018

**SAMANTHA DE PAULA BATISTA**

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS DE GENÓTIPOS DE BATATA-DOCE**

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 16 de fevereiro de 2018

Prof. Dr. Vanderlei Aparecido de Lima – UTFPR – Campus Pato Branco

Prof(a). Dr(a). Sandra Regina Masetto Antunes – UEPG

Prof. Dr. Edson Perez Guerra

Orientador

GUARAPUAVA-PR

2018

*A minha Família, dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelos dons concebidos.

Aos meus pais, Cirzeu Antonio Batista e Ivonete Aparecida de Paula Batista, por todo incentivo e ensinamentos, base de toda a minha formação pessoal e profissional.

Às minhas irmãs Sandressa, Sariellyng e Sanubiandra pela amizade, amor e confiança na minha capacidade.

Em especial ao Guilherme Campos Carvalho pelo companheirismo, carinho, compreensão, amor e solidariedade inefável. Agradeço pelas correções, puxões de orelha, pelas dicas e por me ajudar em todas as etapas do mestrado.

Ao professor Dr. Edson Perez Guerra e sua esposa, pela orientação, oportunidade, confiança, conhecimentos e experiências divididas. Sou muito grata.

Às colegas e amigas Taís Adeil Müller, Aline Dal Pozzo, Talita Eurick pela amizade e ajuda direta ou indiretamente durante todo o mestrado.

Às minhas amigas e amigos Angélica Volski, Pâmela Regina Aurélio, Edenilson Meneguel, Allan Meneguel do curso de Química que me aguentaram muitas vezes apoiando na amizade e por me proporcionarem inesquecíveis histórias.

Ao professor Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende por ter cedido as instalações do Núcleo de Pesquisa em Horticultura e apoio da equipe para a realização do experimento.

Ao professor Dr. Raniere Vidal pelo auxílio na realização das análises físico-químicas realizadas no Laboratório de Processos na Indústria de Alimentos – Departamento de Engenharia de Alimentos.

Ao Eng<sup>o</sup> Ambiental MSc. Matheus Vitor Diniz Gueri, por todo ensinamento acerca dos equipamentos e cálculos na produção de biogás, cedidos pelo professor Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE.

Ao professor Dr. Waldir Nagel Schirmer, pelas sugestões e conhecimentos passados sobre como trabalhar com o biogás.

Aos colegas do Laboratório Israel Lustosa e Renato Barros por todo auxílio na parte experimental em campo. Não foi fácil, mas valeu a pena. Às colegas Jessica Crestani e Tania Helena Neunfeld pelo auxílio na etapa dos ensaios de produção de biogás;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito desta pesquisa.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	iv
LISTA DE EQUAÇÕES .....	v
LISTA DE QUADROS .....	vi
RESUMO .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	8
3. METODOLOGIA .....	9
3.1. Obtenção da matéria-prima .....	9
3.2. Condução do experimento em campo.....	9
3.2.1 Delineamento experimental em campo .....	11
3.2.2 Caracterização agrônômica.....	11
3.3. Processamento das amostras.....	12
3.4. Análises físico-químicas da matéria-prima.....	12
3.5. Ensaios laboratoriais para obtenção de biogás .....	13
3.5.2 Caracterização e preparação do inóculo .....	14
3.5.3 Preparação dos biodigestores.....	15
3.5.4 Monitoramento dos ensaios BMP.....	15
3.6. Análises estatísticas .....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1. Caracterização morfológica e agrônômica .....	17
4.2. Caracterizações físico-químicas .....	21
4.3. Ensaio do potencial bioquímico de metano (BMP) .....	24
4.3.1 Geração de Biogás .....	27
5. CONCLUSÕES .....	36
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
ANEXOS.....	43
ANEXO I – História do Biogás.....	44
ANEXO II – Ficha de avaliação para características morfoagronômicas sugeridos por Huamán (1991).....	45
ANEXO III – Tabela de produção de biogás dos genótipos de batata-doce com medida de deslocamento de coluna a cada seis horas durante cinco dias, com cálculo de CNTP acumulada, Guarapuava, PR.....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção agrícola de batata-doce por estado.....	1
Figura 2 - Rotas tecnológicas de conversão energética da biomassa.....	3
Figura 3 - Etapas da biodigestão anaeróbica .....	4
Figura 4 - Modelos biodigestores: A) Chinês, B) Indiano e C) Tubular .....	5
Figura 5 - Microrreatores utilizados na produção de biogás.....	6
Figura 6 - Reatores em estufa de banho d'água.....	6
Figura 7 - Biociclo.....	7
Figura 8 - Médias mensais de temperatura máxima (T. Máx.) e temperatura mínima (T. Mín.) e Precipitação mensal acumulada, no período de novembro 2016 a março de 2017.....	10
Figura 9 - Vista parcial da área experimental de genótipos de batata-doce no plantio das mudas nos canteiros (A) e durante o desenvolvimento vegetativo da cultura (B).....	11
Figura 10 - Biodigestores de Bancada .....	13
Figura 11 - Equipamento de produção de biogás .....	14
Figura 12 - Características da folha, pecíolo e rama dos genótipos de batata doce. A) Laranjeiras, B) Bela Vista, C) Rubissol, D) Cuia.....	18
Figura 13 - Raiz tuberosa. A) Cuia, B) Laranjeiras, C) Rubissol, D) Bela Vista .....	19
Figura 14 - Perfil da produção de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no primeiro dia .....	25
Figura 15 - Perfil da produção de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no segundo dia .....	25
Figura 16 - Perfil da produção diária de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no terceiro dia.....	25
Figura 17 - Perfil da produção diária de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no quarto dia ...	26
Figura 18 - Perfil da produção diária de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no quinto dia ...	26
Figura 19 - Perfil da média de produção de biogás de genótipos de batata-doce acumulado (mL/dia).....	28
Figura 20 - Perfil total de produção de biogás de genótipos de batata-doce acumulado (mL/dia).....	29
Figura 21 - Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no primeiro dia.....	30
Figura 22 - Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no segundo dia .....	30
Figura 23 - Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no terceiro dia .....	31
Figura 24 - Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no quarto dia .....	31
Figura 25 - Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no quinto dia .....	32
Figura 26 - Pesos (ou loadings) das componentes principais das variáveis físico-químicas .....	34
Figura 27 - Escores (ou scores) das variáveis com as componentes principais dos genótipos .....	34



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

%	Porcentagem
[ ]	Concentração
°Brix	Unidade de medida indireta do teor de acar
°C	Graus Celsius
ACP	Anlise de Componentes Principais
Al	Alumínio
ANOVA	Anlise de Covariância
B	Boro
BMP	Potencial Bioquímico de Metano
BRS	Brasil Sementes
Ca	Cálcio
CNTP	Condioes Normais de Temperatura e Pressão
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
dm	Decimetro
Fe	Ferro
g	Grama
H	Hidrognio
H+Al	Acidez Potencial
ha <sup>-1</sup>	Hectare
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICF	Indice de clorofila Falker
K	Kelvin
K	Potássio
Kg	Quilograma
kgf	Quilograma-força
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
mbar	Milibar
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Mn	Manganês
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria seca
NPK - Nitrogênio Fósforo Potássio	Nitrogênio Fósforo Potássio
NUPRAN	Núcleo de Produção Animal
P	Fósforo

PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
PC	Ponto Central
PF	Pressão do frasco
pH	Potencial Hidrogeniônico
S	Enxofre
SB	Soma de Bases
SS	Sólidos solúveis
T	Capacidade de Troca de Cátions
t	Tempo
TF	Temperatura do Frasco
V	Saturação em Bases
VGA	Volume de Biogás Acumulado do dia anterior
VUF	Volume Útil do Frasco
Zn	Zinco

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variações do teor dos gases constituintes do biogás .....	5
Tabela 2 - Resultados da análise química do solo para instalação do experimento de genótipos de batata-doce .....	9
Tabela 3 - Médias de parâmetros físico-químicas do inóculo, .....	14
Tabela 4 - Resumo das análises de variância físico-químicas de genótipos de batata-doce .....	20
Tabela 5 - Médias de parâmetros morfoagronômicos dos genótipos de batata-doce <i>in natura</i> , .....	20
Tabela 6 - Resumo das análises de variância físico-químicas de genótipos de batata-doce .....	21
Tabela 7 - Médias de parâmetros físico-químicas em genótipos de batata-doce <i>in natura</i> .....	21
Tabela 8 - Resumo das análises de variância físico-químicas de genótipos de batata-doce .....	23
Tabela 9 - Médias de parâmetros físico-químicas na farinha dos genótipos de batata-doce .....	23
Tabela 10 - Produção de biogás dos genótipos de batata-doce com medida de deslocamento de coluna a cada hora durante cinco dias, com cálculo de CNTP acumulada .....	27
Tabela 11 - Correlação das variáveis com as componentes principais (Loading) .....	33
Tabela 12 - Correlação das variáveis com as componentes principais (Scores).....	33

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Volume de Biogás gerado entre T+(T+1).....	16
Equação 2 - Volume de Biogás acumulado (mL).....	16

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Parâmetros de caracterização utilizados para os genótipos de batata-doce .....	12
Quadro 2 - Descritores morfológicos de parte aérea das cultivares de batata-doce.....	17
Quadro 3 - Descritores morfológicos das raízes tuberosas .....	19

## RESUMO

BATISTA, Samantha de Paula. **Potencial de geração de biogás de genótipos de batata-doce.** 2018. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO. Guarapuava-PR. 2018.

O biogás é uma tecnologia que possibilita a geração de energia através do processo de biodigestão anaeróbia, sendo uma opção a produção a partir de batata-doce como fonte energética. A presente pesquisa teve por objetivo avaliar a produção de biogás em biodigestores anaeróbios, caracterizar os parâmetros morfoagronômicos e de composição físico-química das cultivares de batata-doce BRS Cuia e BRS Rubissol e dos genótipos Bela Vista e Laranjeiras. Inicialmente foi conduzido experimento de campo em delineamento experimental em blocos casualizados. Após a colheita, os genótipos foram separados em dois grupos para a caracterização: de parte aérea e de raízes tuberosas. Os resultados da produção de raízes foi de 10.036,1 kg ha<sup>-1</sup> para o genótipo Laranjeiras, de 10.754,1 kg ha<sup>-1</sup> para a cultivar BRS Cuia, que demonstraram alto potencial produtivo, de 6.684,7 kg ha<sup>-1</sup> para a cultivar BRS Rubissol e de 1.473,6 kg ha<sup>-1</sup> para o genótipo Bela Vista. A partir das análises físico-químicas, verificou-se que houve diferenças significativas entre os genótipos nas condições ambientais locais, com a influência de umidade e de decomposição, ocorrendo variações no rendimento e qualidade das raízes tuberosas. Para os ensaios do potencial bioquímico de metano (BMP – *biochemical methane potential*) a estimativa de produção de biogás foi de 2.906,5 L ha<sup>-1</sup> para a cultivar BRS Cuia e de 2.712,4 L ha<sup>-1</sup> para Laranjeiras, de 2906,5 L ha<sup>-1</sup> para BRS Rubissol e de 398,2 L ha<sup>-1</sup> para Bela Vista. A partir da análise de componentes principais (ACP) com a produção de biogás dos genótipos de batata-doce, dos parâmetros físico-químicos e agronômicos, foi possível identificar que todos os genótipos têm correlação direta com a quantidade de açúcares redutores (ACP 1 57,50%) e umidade (ACP 2 40,27%), com explicação de 97,77% da variabilidade dos dados, e que o genótipo Laranjeiras foi o que apresentou maior potencial significativo em produzir biogás, seguido da BRS Cuia. Diante dos resultados obtidos enfatiza-se a cultura da batata-doce como fonte de biomassa para a geração de energia.

**Palavras-Chave:** *Ipomoea batatas* L.. Biodigestor. Bioenergia.

## ABSTRACT

BATISTA, Samantha de Paula. **Potential for biogas generation from sweet potato genotypes**. 2018. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO. Guarapuava-PR. 2018.

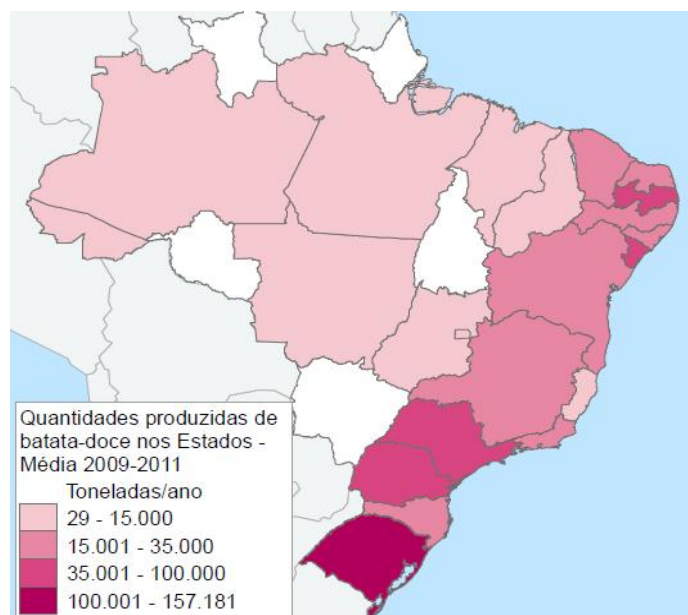
Biogas is a technology that enables the generation of energy through the process of anaerobic biodigestion, and the production from sweet potato is as option as an energy source. The present research had the objective of evaluating the biogas production in anaerobic biodigesters and characterizing the parameters morphoagronomic and physico-chemical composition of sweet potato cultivars BRS Cuia and BRS Rubissol and the genotypes Bela Vista and Laranjeiras. Initially, a field experiment was conducted in a randomized complete block design, with four genotypes and three random replicates. After the harvest the genotypes were separated into two groups for the characterization: of aerial part and of tuberous roots. The results of the total average production was 10,036.1 kg ha<sup>-1</sup> for the genotype Laranjeiras, 10,754.1 kg ha<sup>-1</sup> for the cultivar BRS Cuia, which demonstrated high productive potential. For BRS Rubissol it was 6,684.7 kg ha<sup>-1</sup> and 1,473.6 kg ha<sup>-1</sup> for the Bela Vista genotype. In the physicochemical analyzes of the composition, it was verified that there were significant differences between the genotypes, in the local environmental conditions, with influence on the absorption of moisture, decomposition, occurring variations in the yield and quality of tuberous roots. For the biochemical methane potential (BMP) assays for homogeneity, the genotypes were processed in the form of flour to facilitate the process of anaerobic biodigestion. The biogas production estimate was 2,906.5 liters ha<sup>-1</sup> for the cultivar BRS Cuia and 2,712.4 liters ha<sup>-1</sup> for the Laranjeiras, BRS Rubissol was 2,906.5 liters ha<sup>-1</sup> and for the Bela Vista it was 398,2 liters ha<sup>-1</sup>. The analysis of principal components (ACP) with biogas production of sweet potato genotypes, physical-chemical and agronomic parameters, showed all genotypes have a direct correlation with the amount of reducing sugars (ACP1 57.50%) and humidity (ACP2 40.27%), with 97.77% of the data variability explanation. The Laranjeiras genotype has the most significant potential to produce biogas, followed by BRS Cuia cultivar. In view of the obtained results, it is emphasized the sweet potato crop as a source of biomass for the energy generation.

**Key Words:** *Ipomoea batatas* L.. Biodigester; Bioenergy.

## 1. INTRODUÇÃO

A batata-doce, pertencente à família das convolvuláceas, gênero *Ipomoea* e espécie *Ipomoea batatas* L., é uma planta de constituição herbácea e originária da América Central e do Sul. Adapta-se facilmente ao clima tropical e subtropical, pois apresenta características favoráveis como: resistência a pragas, ampla adaptação em solos degradados, colheita prolongada, sendo considerada uma cultura rústica que proporciona uma manutenção favorável e de baixo custo de produção (MIRANDA et al., 1995; SILVA et al., 2004; STATHERS et al., 2013).

Segundo a International Potato Center (2011) a batata-doce está entre as culturas de maior importância do mundo, ocupando o sexto lugar depois do arroz, trigo, batata, milho e mandioca. Nos países em desenvolvimento, ocupa o quinto lugar entre as mais importantes culturas alimentares. De acordo com a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (2011) a batata-doce é a sexta hortaliça mais cultivada no Brasil classificada no grupo como raízes chamadas de tubérculos, embora predomine nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Paraíba, Sergipe, Minas Gerais e Pernambuco (Figura 1).



**Figura 1.** Produção agrícola de batata-doce por estado (IBGE, 2011).

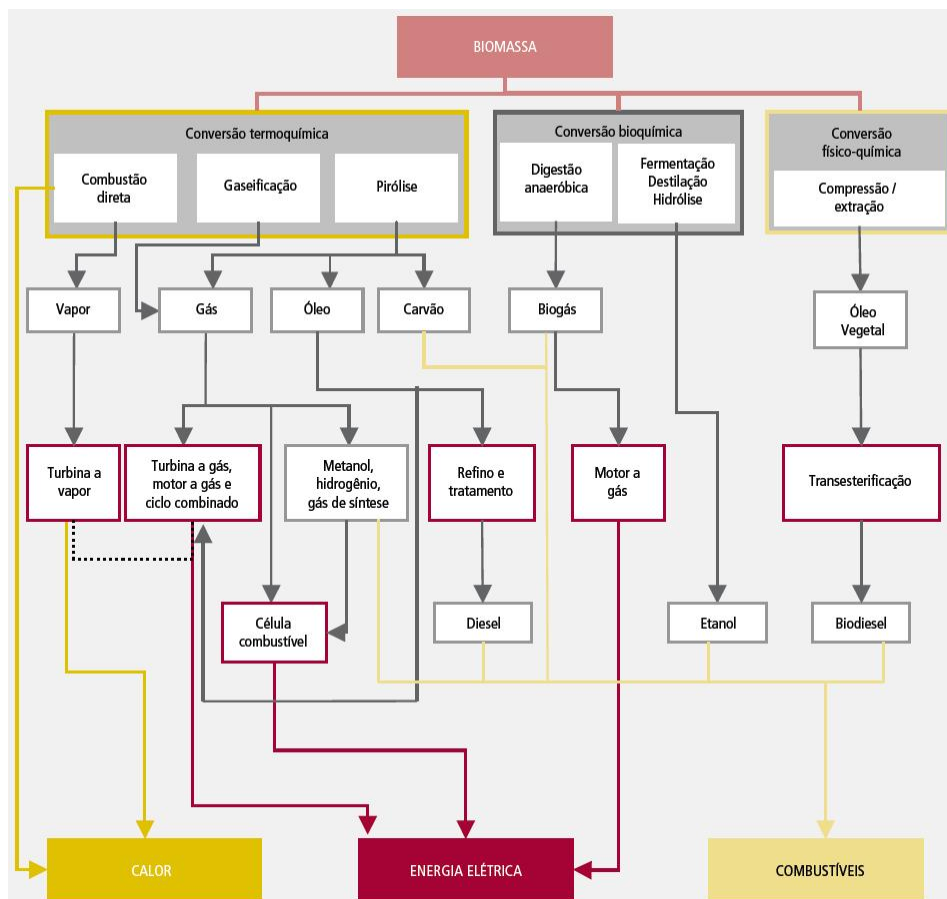


Os genótipos de batata-doce diferem em muitos aspectos como na estrutura da rama, forma da raiz, cor da casca da raiz de reserva, cor da polpa, sabor, textura, resistência a pragas e rendimentos. Estas características desempenham um papel fundamental na decisão sobre que variedade usar para comércio ou para processamento, pois o produtor deve estar ciente da adaptação regional, procura do mercado e preferência do consumidor (BORÉM, 2005; STATHERS et al., 2013).

Com a expansão de energias limpas renováveis, a produção de biocombustível proveniente da biomassa de várias culturas a partir do amido armazenado está sendo utilizada na sua produção, como: cana-de-açúcar, milho, aveia, mandioca, mamona, pinus, beterraba, girassol, entre outros. Por pertencer aos alimentos amiláceos, a batata-doce vem ganhando visibilidade para ser explorada e aplicada de uma maneira sustentável, sendo considerada matéria-prima versátil e suscetível, utilizada na alimentação humana e animal (GOLDEMBERG, 2001; MAGALHÃES, 2007; SILVEIRA, 2008).

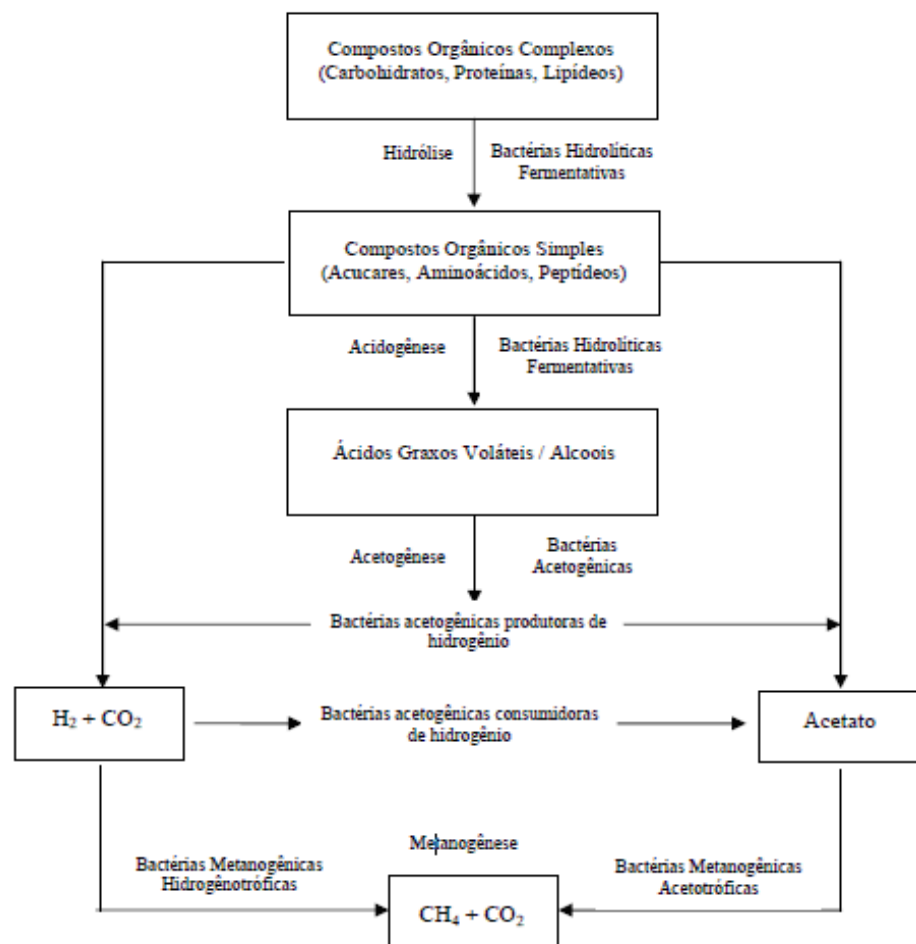
A biomassa é considerada uma fonte renovável de energia dentro da matriz energética brasileira podendo ser utilizada para gerar três outras formas de energia: calor, eletricidade e os biocombustíveis. Durante a produção do biocombustível a partir da matéria-prima vegetal o etanol é gerado como produto primário, bem como grandes quantidades de rejeitos e resíduos agroindustriais, denominados de produtos secundários os quais são agrupados em líquidos e sólidos. A maioria dos resíduos podem ser transformados em subprodutos ou em matérias-primas, agregando valor ao processo de agro-industrialização, auxiliando na redução do impacto ambiental e futuramente sendo valorizado economicamente como um co-produto (MCKENDRY, 2002; MOTA; PESTANA, 2011; IPCC, 2011).

Através de processos tecnológicos como a conversão termoquímica, físico-química e bioquímica a biomassa pode ser utilizada para gerar três tipos de energia: na forma de calor, energia elétrica e combustível. A conversão energética da batata-doce está inserida nas rotas tecnológicas de conversão energética a partir da biomassa (Figura 2). Dentro deste processo envolve-se a eficiência energética da cadeia produtiva e o custo da biomassa, porém os produtos gerados os tornam economicamente viáveis e competitivos agregando valor ao processo agrícola e minimizando os impactos ambientais (MCKENDRY, 2002; EPE, 2011).



**Figura 2.** Rotas tecnológicas de conversão energética da biomassa (EPE, 2011).

O tratamento dos resíduos e co-produtos gerados pela agroindústria pode ser realizado através do processo de biodigestão anaeróbia que é a conversão da matéria orgânica na ausência de oxigênio em energia, por meio da rota metabólica de fermentação anaeróbica de batata-doce. Esse processo pode ser dividido em quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e a metanogênese (Figura 3) gerando como produto um biogás constituído principalmente por metano e dióxido de carbono e também se obtém o biofertilizante como co-produto deste processo. As quatro fases ocorrem nos biodigestores, estruturas projetadas e construídas a partir de uma câmara fechada onde o material orgânico é depositado e sofre decomposição, gerando o biogás (YU; SCHANBACHER, 2010; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, 2015).



**Figura 3.** Etapas da biodigestão anaeróbica (CHERNICHARO, 1997).

Neste contexto, o biogás gerado através desse processo pode ser empregado em diferentes finalidades, representando um avanço importante no sentido da solução dos problemas ambientais e na disponibilidade energética no meio rural e industrial (SALOMON, 2005; CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010).

O biogás é uma mistura gasosa e sua composição irá alterar conforme as condições ambientais e as características desta matéria-prima (Tabela 1). O seu principal componente é o metano que não possui cheiro ou cor, mas outros gases como o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) presente caracterizam o odor desagradável do biogás (CHERNICHARO, 1997; GOLDEMBERG, 2009).

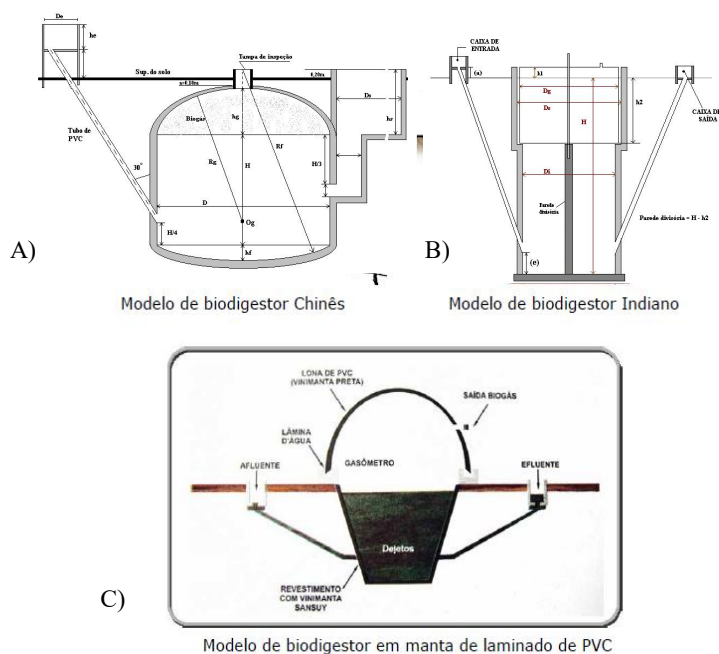
**Tabela 1.** Variações do teor dos gases constituintes do biogás

Tipo de Gás	Teor (%)
Metano	50 – 75
Dióxido de Carbono	25 – 45
Hidrogênio	1 – 3
Nitrogênio	0,5 – 3
Sulfúrico e outros	1 – 5

Fonte: FNR, (2005).

Registros históricos sobre o uso do biogás demonstram que desde as antigas civilizações, como a egípcia, utilizavam a fermentação anaeróbia para obtê-lo (SCHNEIDER, 2009; BLEY, 2015). No Anexo I, apresenta-se um breve histórico do biogás no mundo e no Brasil.

Dentre os biodigestores, os modelos chinês, indiano e tubular (Figura 4) são os mais antigos no uso agrícola com sistema de abastecimento contínuo, sendo muito utilizados no Brasil. Com a expansão da utilização de biodigestores, diversos modelos vêm sendo propostos e a tecnologia sendo adaptada à realidade e à necessidade tanto para o campo como quanto para o tratamento sanitário (DEGANUTTI et al., 2002; SARAVANAN; SREEKRISHNAN, 2006).



**Figura 4.** Modelos de biodigestores: A) Chinês, B) Indiano e C) Tubular (DEGANUTTI et al., 2002).

O ensaio do Potencial Bioquímico de Metano (BMP – *biochemical methane potential*) este ensaio avalia a biodegradabilidade de uma amostra mediante a produção total de metano em condições ótimas de degradação e se destaca por apresentar uma metodologia simples, rápida e de baixo custo realizado em pequena escala laboratorial. O ensaio BMP embora não sejam internacionalmente normatizados, os métodos volumétricos e manométricos são os mais utilizados. Pela inexistência de uma padronização metodológica, e uma precisão na obtenção de resultados confiáveis, reproduzíveis e comparáveis entre pesquisas é o método analítico mais comumente utilizado para a produção de metano (OWEN et al., 1979; MACIEL, 2009; WEILAND, 2010).

A determinação do potencial de geração de metano consiste em um método biológico sujeito a grandes variações, pois os inóculos e os resíduos utilizados não são padronizados. A produção de gás pode ser medida por diferentes técnicas: método volumétrico, método manométrico e por cromatografia gasosa utilizando detector de condutividade térmica (TCD) (ANGELIDAKI et al., 2009; ELBESHBISHY; NAKHLA; HAFEZ, 2012).

Em estudos laboratoriais realizados por Sanderson (2013) e Morell (2015), foi necessária a construção de reatores laboratoriais para a biodigestão (Figuras 5 e 6), esta é outra técnica que se pode avaliar a geração de biogás. Com base nos resultados obtidos, estes apresentaram resultados satisfatórios.



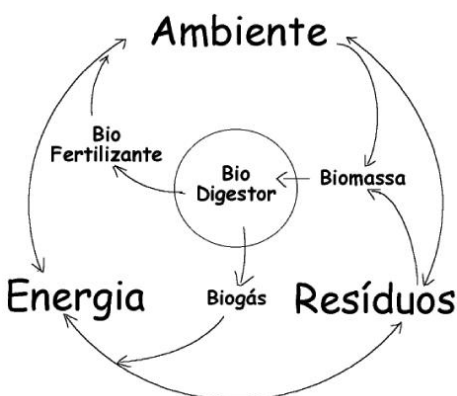
**Figura 5.** Microrreatores utilizados na produção de biogás (SANDERSON, 2012).



**Figura 6.** Reatores em estufa de banho d'água (MORELL, 2015).

O interesse pelo desenvolvimento dos biocombustíveis e de outras fontes de matéria-prima para fins energéticos renováveis têm sido exploradas. A diversificação da matriz bioenergética para a utilização da biomassa pode ser uma nova oportunidade de agregar valor ao processo de agro-industrialização, melhoria da renda rural, geração de emprego e redução de dependência externa superando o paradigma da utilização dos combustíveis fósseis (GOLDEMBERG, 2001; NOGUEIRA et al., 2008; JANDREY et al., 2010).

Com ênfase no foco ambiental, recentemente a FAO (2012) destacou o biogás como fonte de energia renovável, que oferece possibilidades e soluções para problemas ambientais como: a redução da emissão de gases de efeito estufa, o tratamento dos resíduos humanos, animais, municipais e industriais e ao mesmo tempo impulsionar as atividades agropecuárias dos pequenos produtores, que poderão produzir energia elétrica e/ou térmica, e um fertilizante natural (Figura 7).



**Figura 7.** Biociclo (MUNIZ, 2002).

Neste contexto, o biogás é uma tecnologia que possibilita soluções de interesse para problemas como a produção de energias alternativas, a gestão dos resíduos humanos, animais, municipais e industriais com segurança e o controle da contaminação ambiental (MATA-ÁLVAREZ et al., 2000; BARAZA et al., 2003; XUMENG et al., 2014).

## **2. OBJETIVOS**

Objetivo geral:

Avaliar a produção de biogás em biodigestores anaeróbios a partir de genótipos de batata-doce.

Objetivos específicos:

1. Cultivo de genótipos de batata-doce em experimento de campo;
2. Caracterização morfoagronômica de genótipos de batata-doce;
3. Caracterização de parâmetros físico-químicos da batata-doce;
4. Averiguar o potencial dos genótipos na obtenção do biogás;

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Obtenção da matéria-prima

As cultivares de batata-doce BRS Cuia e BRS Rubissol desenvolvidas pela Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS) e os genótipos Bela Vista e Laranjeiras foram selecionadas conforme sua produtividade e são provenientes do banco de germoplasma do Núcleo de Pesquisa em Horticultura, no Campus CEDETEG, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, PR.

#### 3.2. Condução do experimento em campo

O experimento foi conduzido na área de hortaliças do Campus CEDETEG, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, PR. Foi coletada uma amostra de solo, acondicionada em saco plástico devidamente identificado, e encaminhada para a uma empresa comercial para análise química. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

O preparo do solo da área experimental foi realizado por meio de escarificador e encanteirador com trator. Para adubação foram utilizados 1,5 kg do formulado NPK 04-14-08 a cada 10m<sup>2</sup>. Aplicado a lança e incorporado manualmente em 15/11/2016.

**Tabela 2.** Resultados da análise química do solo para instalação do experimento de genótipos de batata-doce Guarapuava, PR.

Solo	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	MO
	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>								%	g kg <sup>-1</sup>
	5,09	8,70	0,51	3,93	1,81	0,0	4,89	6,25	11,14	56,1	39,15

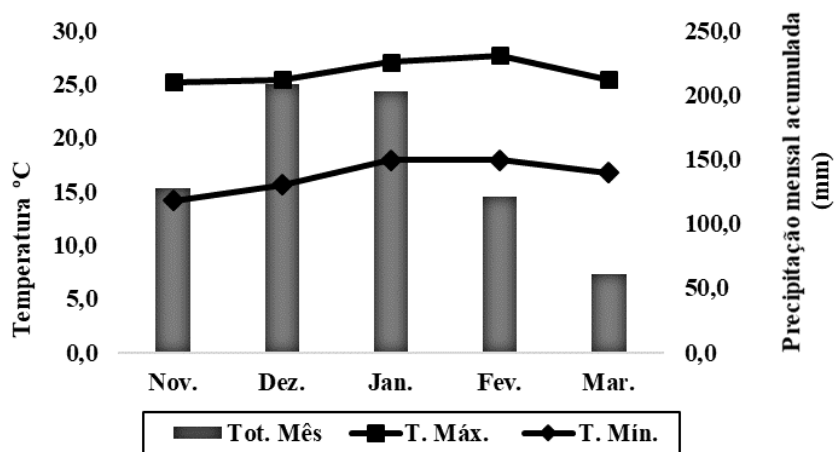
P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; Al-Alumínio; H+Al-Acidez Potencial; SB-Soma de Bases; T-Capacidade de Troca de Cátions (CTC total); V-Saturação em Bases; MO-Matéria Orgânica.

Enxofre (S)	Boro (B)	Ferro (Fe)	Cobre (Cu)	Manganês (Mn)	Zinco (Zn)
mg dm <sup>-3</sup>					
12,66	0,32	25,48	1,20	110,60	4,60



De acordo com a tabela 2 os resultados apresentam-se adequados para a cultura, com pH acima de 5,0. Os valores de Fósforo (P) e Potássio (K) são adequados, sem alumínio tóxico, mas com valor médio de saturação de bases, que poderia estar acima de 70%, para a maioria das culturas. Mas, por se tratar de uma cultura rústica e fácil manejo tem facilidade em se adaptar a diferentes tipos de solo e clima.

No decorrer do experimento no campo foi realizado a capina manual, o controle de pragas e doenças conforme necessidade e recomendações e a irrigação por gotejamento com mangueiras, conforme a necessidade. As mudas foram transplantadas em 25/11/2016, com colheita em 120 dias. Os valores mensais de precipitação pluvial (mm) e temperaturas média máxima e mínima (°C) referentes ao período do experimento podem ser observados na Figuras 8.



**Figura 8.** Médias mensais de temperatura máxima (T. Máx.) e temperatura mínima (T. Mín.) e Precipitação mensal acumulada, no período de novembro 2016 a março de 2017. (Dados da Estação Meteorológica do Campus CEDETEG, Guarapuava, PR).

Segundo Peressin et al. (2014), para o desenvolvimento adequado da batata-doce é necessário um período de quatro meses com temperatura média superior a 20°C. Em temperaturas a baixo de 10°C, o desenvolvimento vegetativo diminui ou mesmo paralisa a produtividade. Durante o experimento em campo a temperatura média registrada no presente estudo variou de 16,5°C a 26,2°C, sendo adequadas para o desenvolvimento da cultura.

### 3.2.1 Delineamento experimental em campo

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro genótipos e três repetições ao acaso. Cada parcela foi constituída de quatro plantas distribuídas em 5m<sup>2</sup> por parcela (Figura 9) com espaçamento de 0,50m entre plantas e mais 1,0m em todas as extremidades das parcelas para a condução das ramas sobre o canteiro.

As mudas foram preparadas em casa de vegetação por meio de propagação vegetativa, com enraizamento de ramas em bandejas de poliestireno, preenchidas com substrato comercial Plantimax®. As bandejas foram mantidas na casa de vegetação por cerca de 35 dias até a formação final das mudas.



**Figura 9.** Vista parcial da área experimental de genótipos de batata-doce no plantio das mudas nos canteiros (A) e durante o desenvolvimento vegetativo da cultura (B) (ARQUIVO PESSOAL, 2016).

### 3.2.2 Caracterização agronômica

A caracterização foi feita utilizando descritores, que são as características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (BORÉM, 2005). Os descritores morfológicos mais usados para a batata-doce são os de parte aérea e de raiz.

De acordo com Huamán (1991), foram definidos 21 atributos morfológicos para a batata-doce. Para este trabalho foram selecionados os caracteres: produtividade total, peso médio das raízes, coloração, comprimento e diâmetro, peso das ramas frescas, formato geral das folhas.

### 3.3. Processamento das amostras

As amostras de batata-doce foram colocadas em estufa para secagem com temperatura de 60°C, por aproximadamente 8 horas. Posteriormente, através da trituração e peneiração foi obtida a farinha e armazenada em sacos de polietileno embalados à vácuo para evitar possíveis contaminações. Outra parcela deste mesmo material foi armazenada *in natura* a temperatura ambiente, até o momento de suas análises.

### 3.4. Análises físico-químicas da matéria-prima

Análises mais abrangentes foram realizadas para os genótipos de batata-doce, já para o inóculo foram selecionados umidade e pH. Os métodos analíticos utilizados para cada parâmetro de caracterização podem ser observados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Parâmetros de caracterização utilizados para os genótipos de batata-doce

Parâmetro	Método analítico	Descrição	Referência
Umidade	Gravimétrico	Secagem da amostra em estufa (100±20)°C.	AOAC (2007)
Cinzas	Gravimétrico	Após secagem em estufa, calcinação em mufla (550±50°C).	LUTZ (2008)
pH	Potenciométrico	Medida direta com eletrodo específico	CECCHI (2003)
°Brix	Refratômetro	Medida de seu índice de refração referente à porcentagem de sacarose.	LUTZ (2008)
Acidez titulável	Titulométrico	Utilização de soluções álcali-padrão para titulação	CECCHI (2003)
Amido	Titulométrico	As moléculas de glicose provenientes do amido foram quantificadas baseadas pelo método de Lane-Eynon.	LUTZ (2008)
Açúcares Redutores	Titulométrico	Método fundamentado na redução de íons cobre em soluções alcalinas.	LUTZ (2008)
Teor de clorofila	Espectrofotômetro	Índice de Clorofila Falker (ICF) analisará a presença de clorofila A e B. através de relações de absorção a diferentes frequências.	FALKER (2008)

### 3.5. Ensaios laboratoriais para obtenção de biogás

Esta etapa foi constituída no monitoramento de biodigestores anaeróbios, através dos ensaios do potencial bioquímico de metano (BMP – *biochemical methane potential*) medida que tem como finalidade avaliar a biodegradabilidade da matéria orgânica mediante a produção total de metano.

Esta medida foi realizada por biodigestores de bancada (Figura 10), que foi cedido pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, do programa de Pós-Graduação de Energia na Agricultura. Este protótipo foi testado e adaptado pelo Engenheiro Ambiental MSc. Matheus Vitor Diniz Gueri (GUERI, 2017).



**Figura 10.** Biodigestores de Bancada (ARQUIVO PESSOAL, 2016).

De acordo com Gueri (2017), este equipamento foi desenvolvido e testado com o objetivo de verificar a biodegradabilidade dos resíduos alimentares em reatores anaeróbios de bancada, por meio de ensaios de potencial bioquímico de metano (BMP - *Biochemical Methane Potential*).

Ao final da pesquisa concluiu-se que o ensaio de Potencial Bioquímico de Metano (BMP) se mostrou como uma ferramenta eficiente para a verificação da biodegradabilidade dos resíduos alimentares, gerando resultados satisfatórios em curto espaço de tempo (30 dias) (GUERI, 2018).

Para este estudo, foram realizadas adaptações nos equipamentos de Gueri (2018). Durante o período de incubação a medição do volume de biogás produzido foi por meio do deslocamento do gás na coluna da mangueira (Figura 11).



**Figura 11.** Equipamento de produção de biogás (ARQUIVO PESSOAL, 2017).

### 3.5.2 Caracterização e preparação do inóculo

Segundo Xavier et al. (2010), a presença de inóculo favorece o processo de biodigestão através da co-digestão da matéria prima, contribuindo para a melhoria nos teores de metano na composição do biogás.

O inóculo consiste em dejetos frescos de bovinos, como fonte de bactérias metanogênicas. O material foi coletado na Universidade Estadual do Centro-Oeste campus CEDETEG, no Departamento de Medicina Veterinária – Núcleo de Produção Animal – Unidade didática de pesquisa e extensão de bovinocultura de corte/confinamento – NUPRAN.

As amostras foram transportadas em frascos com tampas de rosca e conservado sob condições de refrigeração a 10°C, até o momento do uso. Esse material foi caracterizado quanto aos teores de MS (matéria seca) e pH segundo a AOAC (1980) e APHA (1999) (Tabela 3).

**Tabelas 3** - Médias de parâmetros físico-química do inóculo, Guarapuava, PR

<b>Parâmetros</b>	<b>Inóculo</b>
<b>Umidade (%)</b>	72,68 ± 0,6092
<b>pH</b>	5,93 ± 0,1527

NOTA: Médias; n= 3 número de repetições; ±Desvio Padrão.

De acordo com Nogueira (1986), para a utilização adequada nos biodigestores se faz necessário a diluição em uma solução de sais minerais, na proporção de 1:1 para uma proporção entre água e dejetos. A solução de sais minerais seguiu a metodologia de Azevedo (2010), onde para 1,0 litro de água destilada foram diluídos 2,0g de fosfato dibásico de potássio ( $K_2HPO_4$ ), 20g de fosfato monobásico de potássio ( $KH_2PO_4$ ) e 3,5g de uréia ( $(NH_2)_2CO$ ). Após a adição dos sais, homogeneizou-se com as fezes e adicionaram-se as amostras dos genótipos de batata-doce. Posteriormente, foram transferidas para os biodigestores, até completar o volume de 150mL para o frasco de 250mL.

### *3.5.3 Preparação dos biodigestores*

Esta etapa consistiu na montagem dos biodigestores anaeróbios de bancada, por meio de ensaios BMP. Cada biodigestor foi composto de um frasco de borossilicato de 250mL, com tampa de nylon de rosca, contendo uma válvula de saída de gás e uma válvula com manômetro para monitoramento da pressão interna.

Para os ensaios foram utilizados dois tratamentos:

Tratamento 1: Matéria prima + Inóculo, composto 50g de farinha de batata-doce inoculado com 20g de fezes diluídos em 20g de solução de sais;

Tratamento 2: somente inóculo que foi o biodigestor de controle (brancos), composto de 20g de fezes.

Após cada frasco receber a respectiva amostra de inóculo ou matéria prima (inóculo + resíduo), o valor de umidade obtido para os genótipos foi de 83,3% bela vista, 79,18% laranjeiras, 76,08% Cuia e 83,28% Rubissol. As tampas foram fixadas nos vidros e uma corrente de gás nitrogênio foi circulada no *headspace* de cada biodigestor por cerca de quatro minutos, de modo a garantir a anaerobiose do meio.

### *3.5.4 Monitoramento dos ensaios BMP*

Durante a realização dos ensaios a verificação do volume de biogás gerado foi utilizada o método manométrico tipo coluna líquida em "U", por meio de leitura da coluna líquida acoplados nos biodigestores.

Além disso, foram monitoradas diariamente a:

- a) Temperatura em estufa, que deverá permanecer constante e/ou igual a 36°C;
- b) Pressão atmosférica local, obtida no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Guarapuava, PR).

A pressão atmosférica foi monitorada a cada seis horas de avaliação. Posteriormente com os valores obtidos, a pressão interna dos frascos foi convertida em termos de volume de biogás gerado por meio das Equações 1 e 2, para os diferentes genótipos de batata-doce avaliados e transformadas para as condições normais de temperatura e pressão (CNTP) (HARRIES et al., 2001a; ABE, 2007; ALVES, 2008; MACIEL; JUCÁ, 2011). Este procedimento, foi realizado por Alves (2008) e Maciel (2009), recomendado por Angelidaki et al. (2009) e relatado por Alzate et al. (2012).

$$\text{Volume de Biogás gerado entre } T+(T+1)=\frac{[PF(\text{mbar})\times VUF (\text{L}) \times 22,41]}{[83,14 \times TF (\text{K})]} \times 1000] \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

T = tempo (dias);

PF (mbar) = pressão do frasco em milibar;

VUF (L) = volume útil do frasco em litros;

TF (K) = temperatura do frasco em Kelvin.

$$\text{Volume de Biogás acumulado (mL)} = [\text{Gerado entre } (T + T+1) + \text{VGA (mL)}] \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

T = tempo (dias);

VGA (mL) = volume de biogás acumulado do dia anterior em mililitros.

### 3.6. Análises estatísticas

Os dados obtidos das análises físico-químicas e dos ensaios BMP foram submetidos e Análise de Variância (ANOVA), teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) com a finalidade de verificar os fatores que influenciaram no processo de produção de biogás e a correlação com a caracterização físico-química dos genótipos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização morfológica e agronômica

As características agronômicas analisadas foram escolhidas de acordo com Huamán (1991), que apresenta os descritores mínimos necessários para o registro institucional de cultivares de batata-doce. Estas foram separadas em dois grupos de características de parte aérea e de raízes tuberosas. Após a colheita, a parte aérea foi pesada e caracterizada conforme Quadro 2, as raízes tuberosas Quadro 3 foram escovadas para retirar o excesso de solo aderido e armazenadas em temperatura ambiente até o momento das avaliações.

**Quadro 2.** Descritores morfológicos de parte aérea de genótipos de batata-doce, Guarapuava-PR, 2017

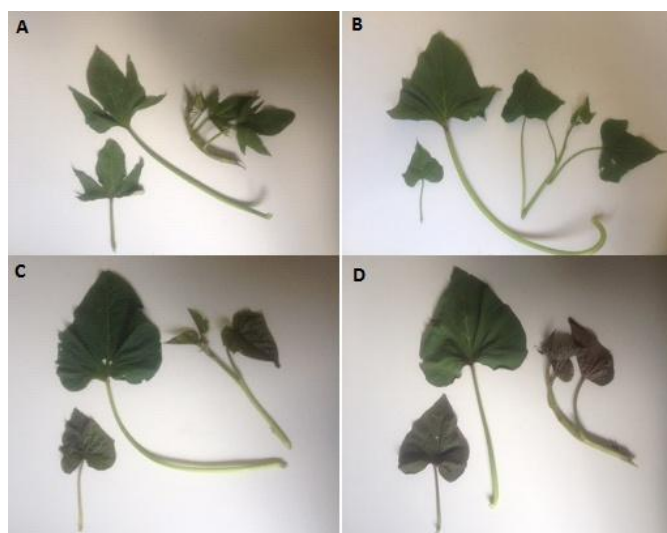
<b>Características</b>	<b>Variação</b>	<b>Laranjeiras</b>	<b>Rubissol</b>	<b>Cuia</b>	<b>Bela Vista</b>
Comprimento da haste	Semi-ereta (75-150 cm)	X	X		
	Dispersa (151-250 cm)			X	X
Cor predominante da rama	Verde	X	X		
	Verde com poucas manchas avermelhadas			X	X
Cor secundária da rama	Ausente	X	X		X
	Base avermelhada			X	
Formato da folha madura	Lobulada		X		X
	Lanceolada	X			
	Cordiforme			X	
Tipo de lóbulo	Muito Suave			X	
	Suave		X		
	Moderado				X
	Profundo	X			
Número de lóbulos	3	X			
	Não tem lóbulos lateral		X	X	X
Formato do lóbulo central	Lanceolado	X			
	Semi-elíptico				X
	Dentado			X	
	Triangular		X		
Tamanho da folha madura	Grande (16-25 cm)	X	X	X	
	Média (8-15 cm)				X
Pigmentação das nervuras	Nervura principal avermelhada	X	X		X
	Todas as nervuras parcialmente vermelhas			X	



Cor da folha madura	Verde	X	X	X	X
Cor da folha imatura	Verde				X
	Verde com veias roxas	X			
	Roxa suave		X	X	
Comprimento do pecíolo	Curto (10-20 cm)			X	X
	Longo (31-40 cm)	X			
	Intermediário (21-30 cm)		X		
Pigmentação do pecíolo	Verde	X	X	X	X

**Fonte:** Adaptado de Humán (1991).

Com o plantio das cultivares, verificou-se a facilidade de manejo no genótipo Laranjeiras, pois esta se desenvolveu em forma de moita, com vantagem de formar menos ramas (Tabela 4), necessitando de menos tratos na cultura, facilitando ainda mais o seu cultivo. Os demais genótipos se desenvolveram de forma rasteira dificultando o cuidado e se entrelaçando uns aos outros. Segundo Van de Fliert e Braun, (1999) citado por Echer, Creste, De la Torre, (2015), durante o II estágio de desenvolvimento (intermediário), que acontece entre a quinta e oitava semana para cultivares colhidos aos 120 dias após, ocorre o início de desenvolvimento das raízes tuberosas, intenso crescimento das ramas e aumento expressivo da área folhar. As características morfoagronômicas de parte aérea e raízes tuberosas se encontram nas figuras 12 e 13.



**Figura 12.** Características da folha, pecíolo e rama dos genótipos de batata doce. A) Laranjeiras, B) Bela Vista, C) Rubissol, D) Cuia (ARQUIVO PESSOAL, 2017).

**Quadro 3.** Descritores morfológicos das raízes tuberosas, Guarapuava-PR, 2017

Características	Variação	Laranjeiras	Rubissol	Cuia	Bela Vista
Formato	Longa elíptica	X			
	Elíptico		X		X
	Oblonga alongada (retangular)			X	
Defeitos de superfície	Dobras longitudinais rasas	X			
	Constrições horizontais rasas		X		
	Ausente			X	X
Cor de pele e Intensidade	Creme / Intermediário			X	
	Rosado / Intermediário				X
	Rosado / Pálido		X		
	Roxo avermelhado / Intermediário	X			
Cor secundária	Ausente	X	X	X	X
Cor da polpa	Creme			X	
	Creme		X		
	Amarelado				X
	Branco	X			
Cor secundária	Ausente	X	X	X	X
Distribuição de cor	Anel próximo da casca	X			
	Anel e outras manchas na polpa				X
	Anel largo próximo da casca			X	
	Anel próximo da casca		X		

Fonte: Adaptado de Humán (1991).



**Figura 13.** Raiz tuberosa. A) Cuia, B) Laranjeiras, C) Rubissol, D) Bela Vista (ARQUIVO PESSOAL, 2017).

Para a determinação da produtividade realizou-se a pesagem das raízes colhidas na parcela ( $\text{Kg parcela}^{-1}$ ) e foi posteriormente convertido para produtividade ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ). Com relação à produtividade, houve diferença estatística para o rendimento de raízes entre os genótipos (Tabela 4) e observou-se que os genótipos BRS Cuia e Laranjeiras obtiverem um rendimento superior de  $10754,1\text{Kg ha}^{-1}$  e  $10036,1\text{Kg ha}^{-1}$  (Tabela 5).

Houve diferença significativa na produção de ramas (Tabela 4), apresentando peso médio menor no genótipo Laranjeiras de  $30,72\text{kg}$  (Tabela 5). O Índice de Clorofila Falker (Tabela 5) não apresentou diferença significativa nestes genótipos e demonstra que a absorção de nutrientes foi satisfatória.

**Tabela 4.** Resumo das análises de variância físico-químicas de genótipos de batata-doce, Guarapuava, PR

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		Peso das ramas	Peso das raízes	ICF
Bloco	2	325,7309	0,7091	5,1325
Cultivar	3	1189,2588 **	3,3936 **	32,3475 ns
Resíduo	6	95,5367	0,2744	10,0658
Total	11	-	-	
CV (%)		20,05	19,03	5,35

\*, \*\* significativo ao nível de 5 % e 1% de probabilidade, ( $p < 0,05$ ) e ( $p < 0,01$ ), respectivamente; ICF (Teor de Clorofila); CV (Coeficiente de variação).

**Tabelas 5 -** Médias de parâmetros morfoagronômicos de genótipos de batata-doce *in natura*, Guarapuava, PR

Parâmetros	Bela Vista	BRS Cuia	BRS Rubissol	Laranjeiras
Peso das ramas (Kg)	70,00 b	61,42 b	32,87 a	30,72 a
Teor de Clorofila (ICF)	57,73 a	62,93 a	55,60 a	61,03 a
Peso total de raízes (Kg parcela <sup>-1</sup> )	1,76 a	12,90 b	8,02 ab	12,04 b
Produtividade média (Kg ha <sup>-1</sup> )	1473,6	10754,1	6684,7	10036,1
Estimativa de produção de farinha (kg ha <sup>-1</sup> )	736,8	5377,0	3342,3	5018,0
Estimativa de produção de Gás (Litros ha <sup>-1</sup> )	398,2	2906,5	1806,6	2712,4

NOTA: As médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A cultura da batata-doce expressa características agronômicas de adaptação a diferentes ambientes, clima e solo, sendo em regiões tropicais, mais eficientes em termos de quantidade de energia líquida produzida por unidade de área e por unidade de tempo. Pode-se verificar que as características agronômicas avaliadas podem afetar no rendimento e qualidade das raízes tuberosas (NEDUNCHEZHIAN; BYJU; JATA, 2012).

#### 4.2. Caracterizações físico-químicas

De acordo com Chechi (2003), a composição dos alimentos é influenciada pelo genótipo, condições climáticas, tratos culturais e por fatores na pós-colheita como a absorção de umidade, oxidação, decomposição, dentre outros. As características analisadas foram realizadas de acordo com o Quadro 1 e os resultados se encontram na Tabela 6 e 7.

**Tabela 6.** Resumo das análises de variância físico-químicas de genótipos de batata-doce, Guarapuava, PR

Quadrado Médio								
Fonte de Variação	GL	Umidade	°Brix	Acidez	Amido	A.R.	Cinzas	pH
<b>Bloco</b>	2	35,4977	2,8981	4,1822	0,02083	0,12	0,0304	0,0007
<b>Cultivar</b>	3	60,7350	5,8117	136,06	66,6244	2,996389	0,0632	0,5875
		ns	ns	**	**	**	ns	**
<b>Resíduo</b>	6	19,8276	2,8117	3,1208	0,19195	0,09555	0,0261	0,0014
<b>Total</b>	11		-					-
<b>CV (%)</b>		6,23	15,05	8,84	2,14	5,80	11,46	0,61

\*, \*\* significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, ( $p < 0,05$ ) e ( $p < 0,01$ ), respectivamente. A.R (Açúcares Redutores); CV (Coeficiente de variação).

**Tabelas 7 -** Médias de parâmetros físico-químicos de genótipos de batata-doce *in natura*, Guarapuava, PR

Parâmetros	Bela Vista	BRS Cuia	BRS Rubissol	Laranjeiras
<b>Umidade (%)</b>	72,47 a	65,00 a	75,32 a	73,23 a
<b>°Brix</b>	12,55 a	11,44 a	11,33 a	9,22 a
<b>Acidez (%)</b>	20,56 b	28,98 c	13,07 a	17,33 ab
<b>Amido (%)</b>	4,23 b	6,46 a	4,80 b	5,80 a
<b>Açúcares Redutores (%)</b>	14,73 d	25,10 a	18,60 c	23,43 b
<b>Cinzas (%)</b>	1,33 a	1,62 a	1,31 a	1,35 a
<b>pH</b>	6,01 c	6,14 b	6,94 a	6,04 bc

NOTA: n= 3 número de repetições; As médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O teor de água presente nos tubérculos varia em função de diversos fatores que interagem, entre os quais a cultivar, safra, condições de campo e adubação. Entre as cultivares, estatisticamente não houve diferenças significativas para umidade (Tabela 7), aproximando-se dos dados do TACO (2011) de 69,5%.

Os resultados de acidez apresentaram diferenças significativas estatisticamente, que pode ser decorrente da transformação de açúcares por enzimas de sínteses de amido, as quais originam o grânulo de amido (Tabela 7). Dentre os genótipos a BRS Cuia apresentou uma acidez elevada de 28,98% e a BRS Rubissol uma baixa acidez de 13,07%. A acidez de um alimento pode ser decorrente dos próprios compostos naturais, formada pela fermentação ou ainda, ser o resultado da deterioração que o mesmo sofreu. Segundo Checchi (2003), esse parâmetro exerce influência no sabor e odor dos alimentos e está relacionado com a quantidade de ácidos orgânicos existentes, diminuindo com o aumento da temperatura.

Os valores de sólidos solúveis totais (SS) são utilizados como medida indireta do teor de açúcares, expresso em °Brix. Os valores médios encontrados em hortaliças está entre 8 e 14°Brix e podem variar dependendo do genótipo, estágios de maturação e do clima. Os resultados obtidos não apresentaram diferenças significativas entre os genótipos e estão de acordo com a literatura.

Durante o processo de maturação das raízes de batata-doce, a concentração dos açúcares simples aumenta até o completo amadurecimento. Uma parte desses açúcares é direcionada para a síntese de amido e outra parte vai para a formação de pectina e outros componentes das paredes celulares. Os açúcares redutores, como a glicose e frutose, encontram-se em maior quantidade nas plantas, já os açúcares não redutores como a sacarose e rafinose estão presentes em concentrações variáveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Portanto, devido à maturação a concentração de açúcares redutores aumenta enquanto que o teor de sacarose diminui, na Tabela 6 pode-se constatar que houve diferença significativa entre os genótipos de batata-doce. A BRS Cuia apresentou uma quantidade elevada significativa de 25,10% de açúcares redutores, que propicia uma qualidade para a produção de biogás e a Bela vista apresentou a menor quantidade disponível de açúcares redutores de 14,73%.

De acordo com Angelidaki et al. (2009), demonstraram que a redução da granulometria da amostra contribui para a reatividade e acelera o tempo de degradação, o que é fundamental para estudos em escala laboratorial e de bancada para o biogás. Visando a

homogeneidade, os genótipos foram secos e triturados, fornecendo uma farinha que foi caracterizada quanto a sua composição físico-química (Tabela 9).

**Tabela 8.** Resumo das análises de variância físico-químicas de genótipos de batata-doce, Guarapuava, PR

Quadrado Médio								
Fonte de Variação	GL	pH	Acidez	Umidade	Cinzas	Amido	A.R	A.T
<b>Bloco</b>	2	0,00033	0,00212	0,03331	0,19341	18,98410	0,00146	18,8556
<b>Cultivar</b>	3	0,0123 **	0,0498 **	36,8768 **	0,7120 *	826,31 **	1,5037 **	840,393 **
<b>Resíduo</b>	6	0,00075	0,00203	0,04181	0,1149	7,3745	0,00184	7,2739
<b>Total</b>	11	-	-	-	-	-	-	-
<b>CV (%)</b>		0,45	4,69	2,63	10,90	5,76	1,11	5,29

\*, \*\* significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, ( $p < 0,05$ ) e ( $p < 0,01$ ), respectivamente, A.R (Açúcares Redutores), A.T (Açúcares Totais); CV (Coeficiente de variação).

**Tabelas 9 -** Médias de parâmetros físico-químicos na farinha dos genótipos de batata-doce, Guarapuava, PR

Parâmetros	Bela Vista	BRS Cuia	BRS Rubissol	Laranjeiras
<b>Umidade</b>	10,62 a	3,40 c	10,60 a	6,50 b
<b>Cinzas</b>	2,78 b	3,17 ab	2,70 b	3,77 a
<b>Acidez</b>	1,09 a	1,04 a	0,84 b	0,85 b
<b>pH</b>	5,99 b	6,12 a	6,10 a	6,00 b
<b>Amido</b>	53,04 b	67,60 a	37,69 c	30,30 c
<b>Açúcares Redutores</b>	3,70 c	4,30 b	2,92 d	4,49 a
<b>Açúcares total</b>	56,73 b	71,90 a	40,61 c	34,79 c

NOTA: n= 3 número de repetições; As médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O rendimento destas farinhas sofreu influência da temperatura utilizada na secagem. Portanto, foi realizado um cálculo para o rendimento, a cada 2,0kg de batata-doce obteve-se 1,0kg de farinha. Este resultado foi utilizado para calcular a produção média para 1,0 hectares e estimar o volume de biogás gerado (Tabela 4).

Segundo o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Tubérculos, verificou-se que a batata-doce encontra-se dentro da faixa máxima de 2,0% de acidez total titulável desejável (Tabela 9). Desta maneira é possível obter informações sobre o processo de fermentação, ou seja, quanto menor a acidez, menor a intensidade da fermentação ou tempo de processamento (BRASIL, 1978).

A porcentagem de cinzas é utilizada como medida do índice de pureza da farinha. Um elevado teor de cinzas indicará mais sais minerais presentes. Os teores de cinzas obtidos (Tabela 9) foram semelhantes ao encontrado por Lima (2001), que obteve em média 2,0%.

Considerando os valores obtidos para o pH (Tabela 9) segundo Alves (2008), o ideal para a digestão anaeróbia deve estar na faixa de 6,3 e 7,8 que apresenta maior eficiência da fase metanogênica, o que se aproxima dos valores obtidos.

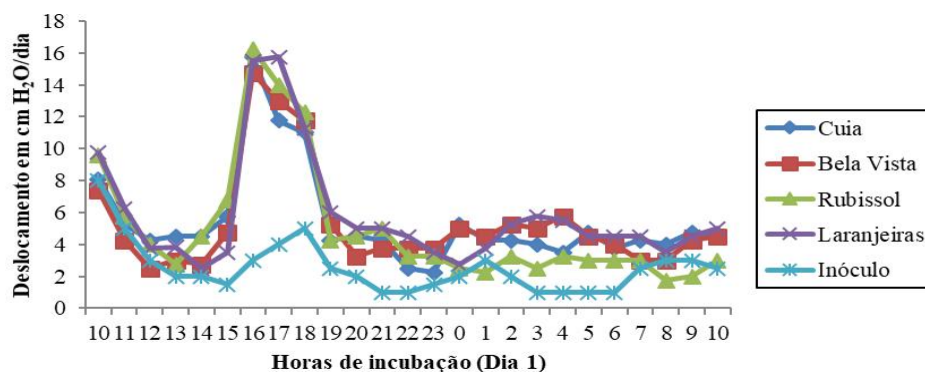
O resultado obtido para a característica de umidade na farinha de batata-doce (Tabela 9) foi semelhante ao encontrado na literatura por Borba et al (2005) de 58,1% considerando-se um valor médio devido a diferença entre as cultivares.

Os teores de açúcar são variáveis devido a fatores como cultivar, época de cultivo, clima e tempo de armazenamento, tendo em vista que, o amido no decorrer do tempo é convertido em açúcares simples. O valor obtido na farinha de batata-doce (Tabela 9) foram semelhantes ao de Silva et al (2008), que estabeleceram valores de 4,8 a 7,8% sem especificar a cultivar.

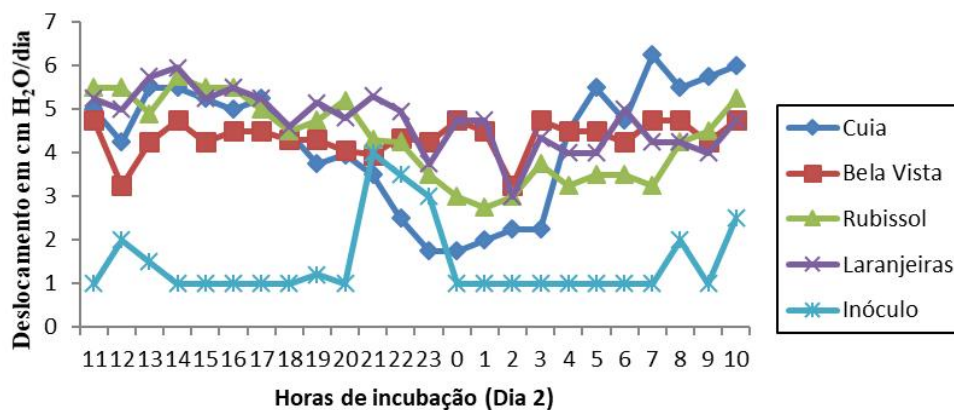
O principal componente da matéria seca das raízes da batata-doce é o amido (66,8 - 78,5%) seguido pelos açúcares solúveis (8,2 - 15,3%) e as fibras dietéticas insolúveis, que representam de 6,17 a 7,69% do total da matéria seca (KOHYAMA e NISHINARI, 1992).

#### **4.3. Ensaio do potencial bioquímico de metano (BMP)**

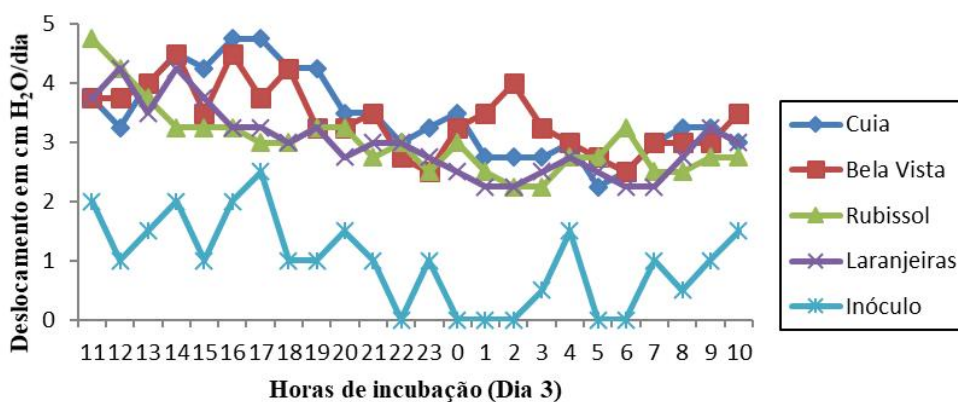
Após os cálculos (Equação 1 e 2) foi gerado um gráfico de perfil de produção de biogás para cada genótipo ao longo do tempo. Foi possível observar que os perfis de produção de biogás dos genótipos foram bem diferentes do inóculo que foi utilizado como controle. A produção diária de biogás variou entre os dias de incubação e entre os genótipos de batata-doce, tornando-se necessária assim, a averiguação da produção a cada hora do dia por cinco dias, conforme figuras 14 a 18.



**Figura 14.** Perfil da produção de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no primeiro dia.

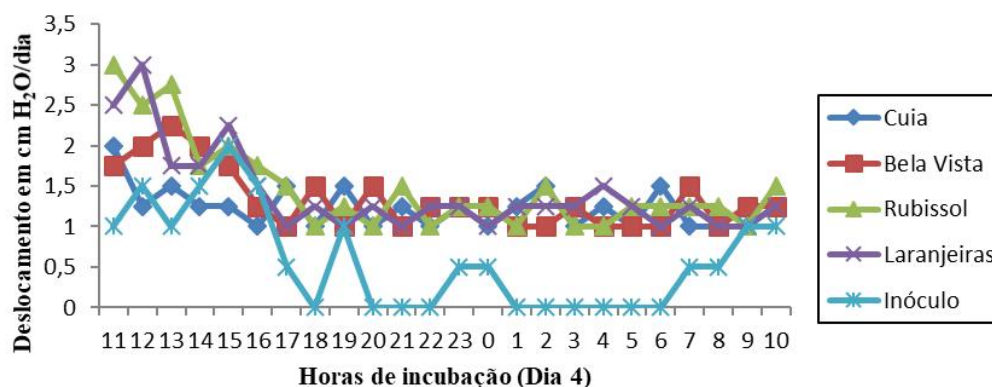


**Figura 15.** Perfil da produção de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no segundo dia.

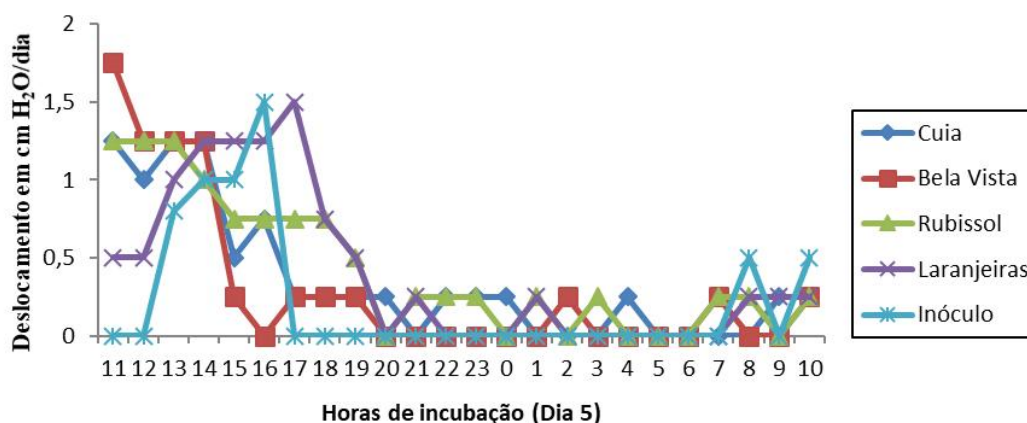


**Figura 16.** Perfil da produção diária de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no terceiro dia.





**Figura 17.** Perfil da produção diária de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no quarto dia.



**Figura 18.** Perfil da produção diária de biogás de genótipos de batata-doce a cada hora no quinto dia.

A partir do momento de incubação, pode-se observar que para cada genótipo houve picos de produção diferentes, devido a fatores físico-químicos como o pH e os açúcares que proporcionam o processo de biodigestão anaeróbica, bem como está concomitantemente relacionada com a pressão atmosférica. A temperatura foi mantida constante a  $\pm 36^{\circ}\text{C}$  com variações que não expressam fator significativo para o processo.

Porém, foi necessário realizar o monitoramento do ensaio de produção de biogás a cada hora, devido à batata-doce sofrer o processo de biodigestão rapidamente, consumindo seus açúcares simples, pois não foi realizada hidrólise para dispor no ensaio da reserva de carboidrato que está na forma de amido, açúcares mais complexos. Com isso se justifica os picos de leitura de deslocamento diferente que ocorreram a cada dia. No estudo realizado

por Schirmer et al. (2014), obtiveram resultados semelhante, em que o pico de geração foi atingido nos primeiros cinco dias de experimento. Entretanto, foi gerado um volume de gás diferenciado entre o inóculo utilizado como controle e o grupo formado pelos genótipos (Figuras 14 a 18).

De acordo com Silva (2014), ao biodigerir alimentos sem o auxílio de um inóculo, na maioria dos casos ocorre à produção de biogás, mas com teores baixos e, algumas vezes até nulo. Com isso, pode-se verificar a produção em relação aos genótipos de batata-doce avaliados, onde o processo de digestão anaeróbia foi realizado sob condições ótimas de degradação, podendo ser considerado um processo de digestão anaeróbia acelerado.

#### 4.3,1 Geração de Biogás

O volume médio gerado e acumulado de biogás produzido durante o período de incubação está expresso na Tabela 10. Durante o período de ensaios, a pressão atmosférica foi medida a cada seis horas (Anexo III). Foi necessário realizar uma média a cada horário para fornecimento de dados precisos. Os valores obtidos da pressão interna dos frascos, por deslocamento da bolha na coluna da mangueira, foram convertidos em volume de biogás gerado, por meio das Equações 1 e 2 e transformadas para as condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

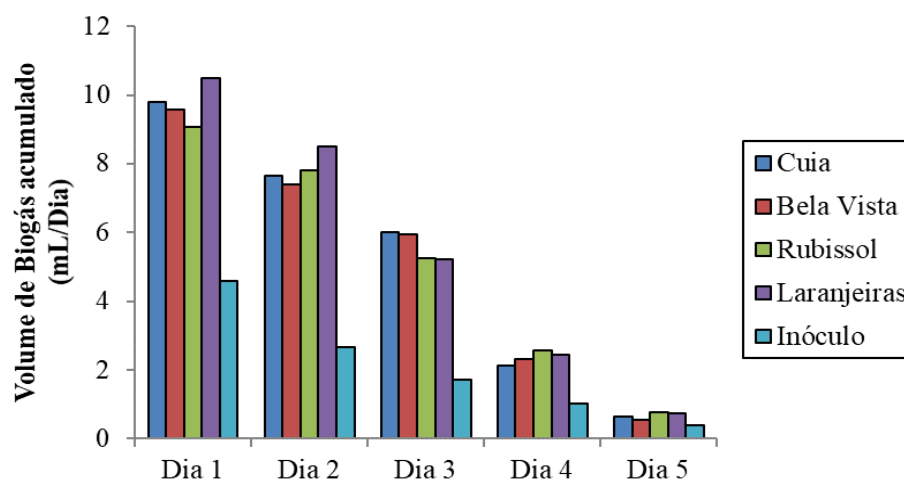
**Tabelas 10** – Produção de biogás dos genótipos de batata-doce com medida de deslocamento de coluna a cada hora durante cinco dias, com cálculo de CNTP acumulada, Guarapuava, PR.

Genótipos	Dia	Deslocamento da coluna (cm H <sub>2</sub> O)	Produção biogás	
			CNTP* Gerado (mL)	CNTP* Acumulado (mL)
<b>BRS Cuia</b>	1	135,85	9,80	9,80
	2	102,15	7,65	17,83
	3	83,00	6,02	23,29
	4	29,50	2,13	25,29
	5	8,50	0,64	27,05
<b>Bela Vista</b>	1	132,65	9,57	9,57
	2	98,70	7,39	17,33
	3	82,00	5,95	22,73
	4	32,00	2,31	24,92
	5	7,25	0,55	26,57

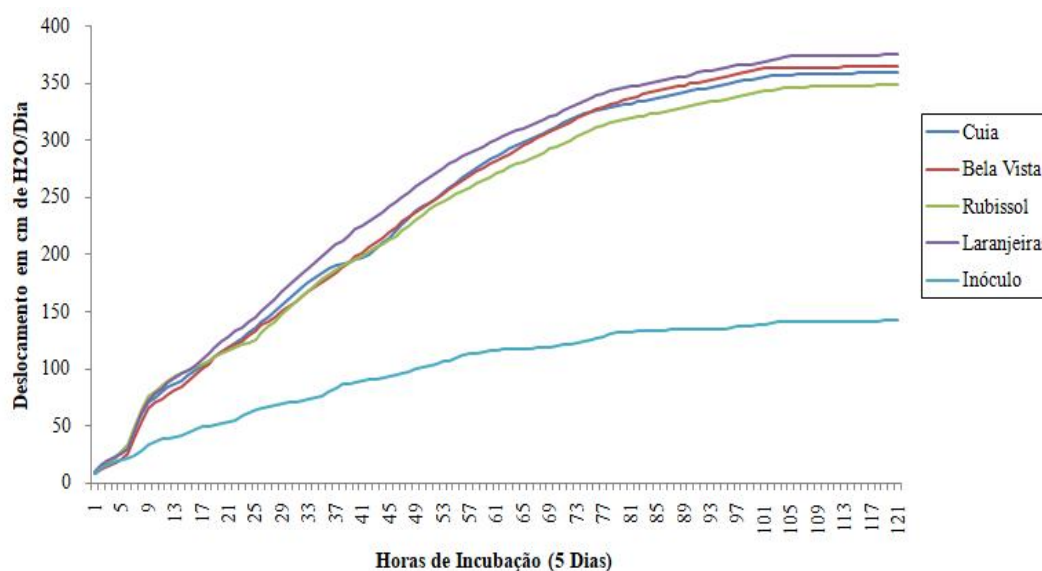
<b>BRS Rubissol</b>	<b>1</b>	125,60	9,06	9,06
	<b>2</b>	104,15	7,80	17,21
	<b>3</b>	72,50	5,26	21,93
	<b>4</b>	35,50	2,56	24,37
	<b>5</b>	10,25	0,77	26,22
<b>Laranjeiras</b>	<b>1</b>	145,60	10,50	10,50
	<b>2</b>	113,60	8,51	19,41
	<b>3</b>	72,00	5,22	24,03
	<b>4</b>	33,75	2,44	26,34
	<b>5</b>	9,75	0,73	28,23
<b>Inóculo</b>	<b>1</b>	63,50	4,58	4,58
	<b>2</b>	35,70	2,67	7,43
	<b>3</b>	23,50	1,71	8,90
	<b>4</b>	14,00	1,01	9,87
	<b>5</b>	5,30	0,40	10,70

\*CNTP - condições normais de temperatura e pressão

A taxa de produção máxima diária de biogás foi atingida no primeiro dia de monitoramento, conforme as figuras 19 e 20, que apresentam o volume de biogás acumulado diário para os genótipos de batata-doce e para o inóculo (testemunha).



**Figura 19.** Perfil da média de produção de biogás de genótipos de batata-doce acumulado (mL/dia).

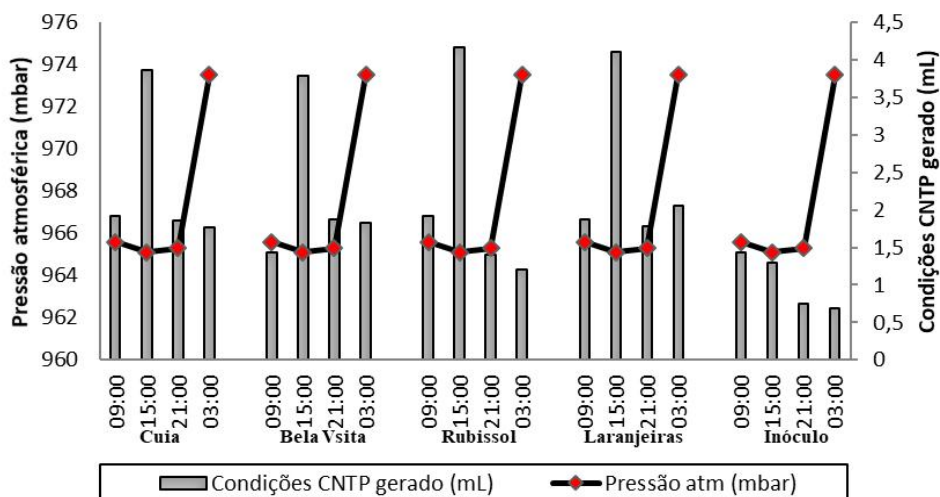


**Figura 20.** Perfil total de produção de biogás de genótipos de batata-doce acumulado (mL/dia).

O pico de geração de biogás dos genótipos de batata-doce também pode ser explicado pela ausência de oxigênio, pois a circulação da corrente de nitrogênio gasoso no *headspace* dos biodigestores proporciona a anaerobiose do meio. Ainda, a alta geração no primeiro dia deve-se às substâncias facilmente biodegradáveis da sua composição como os açúcares simples.

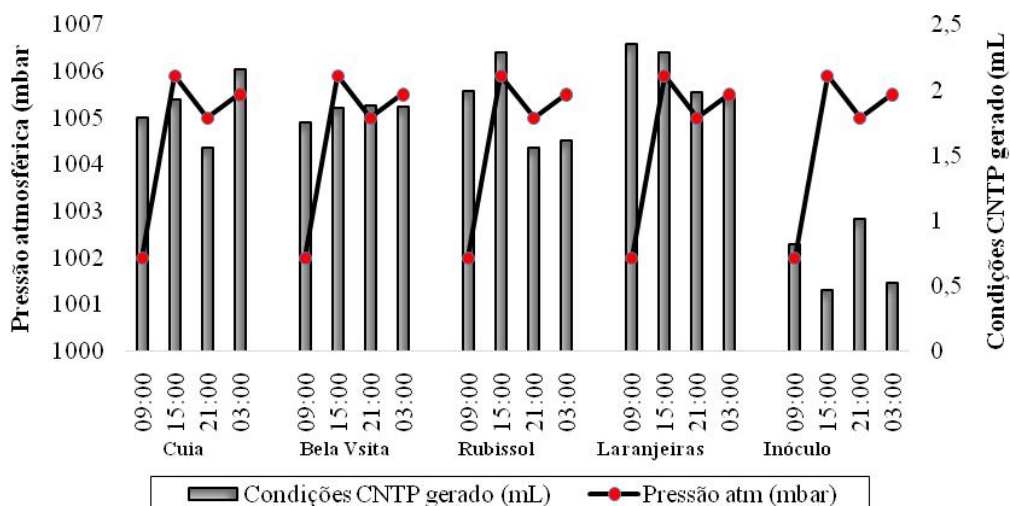
De acordo com Alves (2008), nos ensaios de BMP justifica-se que essa rápida geração pode ser devida à pequena quantidade de substrato utilizada, pois foi utilizado 50g de amostra no presente experimento. As comparações entre a produção de biogás na literatura são difíceis. Segundo Parawira et al. (2004), devido as diferenças nos experimentos como o tipo de resíduo e inóculo utilizados, até as diferentes nas condições operacionais empregadas.

Durante o experimento pode-se observar que houve uma correlação da pressão interna do frasco com a pressão atmosférica, dispondo assim de picos de deslocamento diferentes na produção de biogás gerado. Nas figuras 21 a 25 são apresentados os valores de pressão atmosférica e das condições normais de temperatura e pressão (CNTP) a cada seis horas de avaliação, para os diferentes genótipos de batata-doce avaliados.

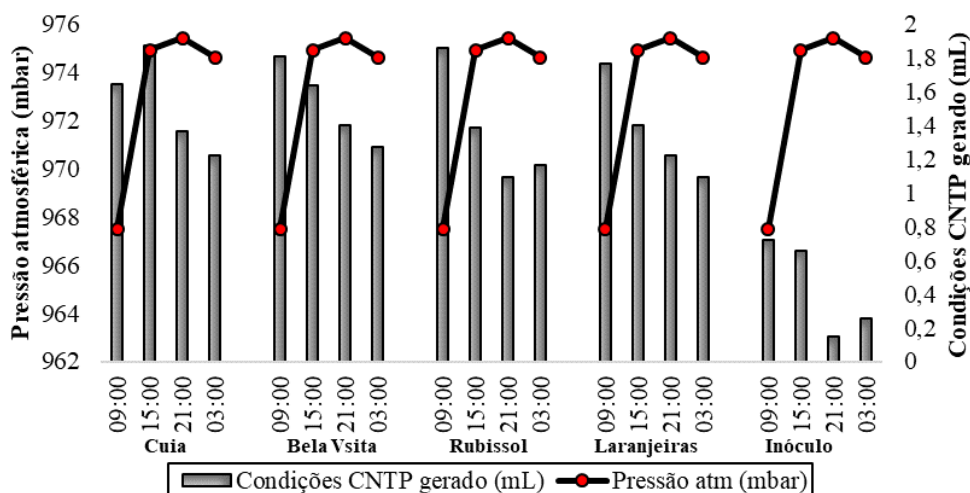


**Figura 21.** Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no primeiro dia.

A pressão interna dos frascos foi monitorada diariamente e convertida em termos de geração de biogás diária. No primeiro dia (Figura 21), quando o pico de pressão é máximo a produção do gás diminuiu, quando a pressão decaiu o gás sofre um aumento, que está relacionada com o horário, pois às 15 horas a pressão diminuiu e o volume aumentou. Todas as cultivares e o inóculo obtiveram o mesmo comportamento, observando-se assim, a correlação com o volume de biogás gerado.

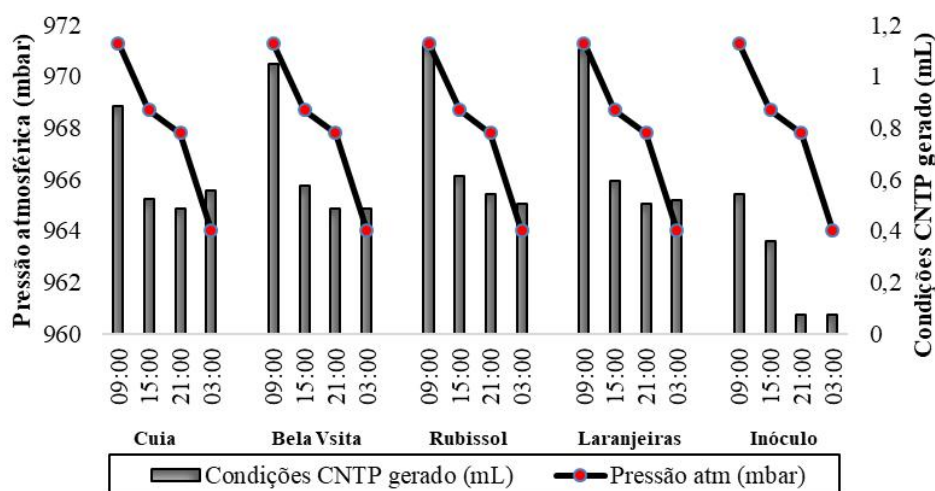


**Figura 22.** Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no segundo dia.

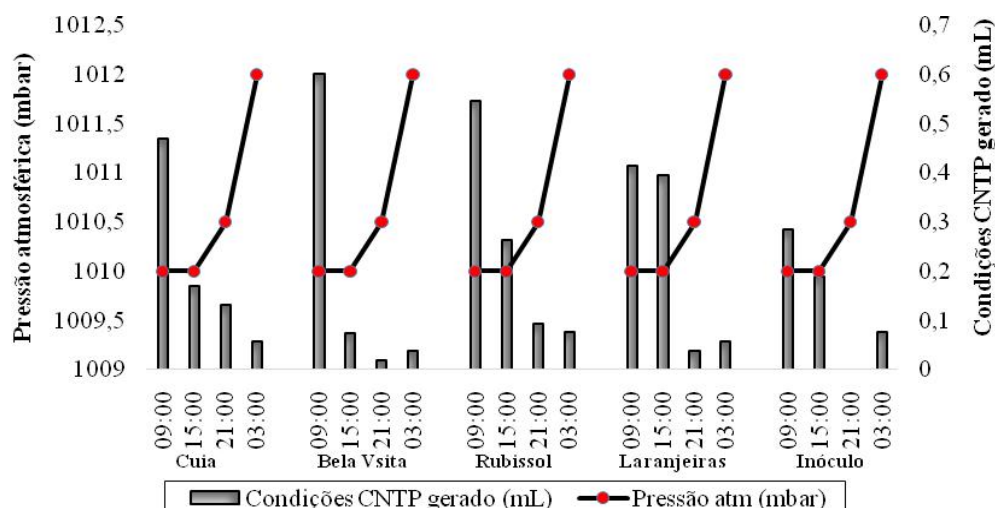


**Figura 23.** Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no terceiro dia.

No segundo e terceiro dia (Figura 22 e 23), não se observa totalmente esta correlação, pois outro fator, o pH esteve incidentalmente relacionado no processo de biodigestão anaeróbica, utilizando-se desde o começo do processo os açúcares simples. Porém, o pH não pode ser monitorado devido a anaerobiose estrita do frasco, verificando-se então que pela velocidade de reação, ocorreu antes do esperado.



**Figura 24.** Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no quarto dia.



**Figura 25.** Correlação da pressão atmosférica com o volume de biogás gerado de genótipos de batata-doce nas condições da CNTP no quinto dia.

No quarto dia (Figura 24) a correlação foi inversa devido ao comportamento da biodigestão ocasionada pelos fatores bioquímicos da composição dos genótipos. Pode-se inferir que a biodigestão com o fator do pH pode ter influenciado e no quinto dia (Figura 25), a produção de biogás diminuiu, porém o maior pico de volume ocorreu pela manhã. Consequentemente devido ao processo se encontrar no estágio final, como a velocidade de reação foi alta, o experimento foi mais curto, caso fosse disponibilizada a reserva de amido, o tempo do experimento seria mais longo.

Verifica-se que a pressão exerce papel importante na interação da pressão interna do frasco e conseguinte no volume de biogás gerado, que foi semelhante para os genótipos, com exceção do inóculo que obteve praticamente a produção gerada no quinto dia devido à diferença na proporção e biodegradabilidade.

Hansen et al. (2004), apontam que na determinação do potencial de geração de metano é um método biológico dependente de diversos fatores, pois os inóculos utilizados não são padronizados e a matéria têm composição heterogênea, o que denota a necessidade de procedimentos que permitam repetibilidade e reprodutibilidade dos experimentos

Para se verificar quanto aos outros fatores que influenciaram na produção de biogás, foi aplicada a análise estatística de componentes principais (ACP), com o objetivo de determinar a distribuição espacial das análises físico-químicas e dos genótipos em um espaço de dimensão menor, decompondo a matriz de dados original em duas outras matrizes

o Loading (Tabela 11) com as análises físico-química e o Scores (Tabela 12) com os genótipos. Para a análise foi realizada uma seleção preliminar do ponto de vista dos resultados, para as variáveis que demonstraram maior correlação com a geração de biogás: pH, umidade, biogás gerado, açúcares redutores.

**Tabelas 11** – Correlação das variáveis com as componentes principais (Loading)

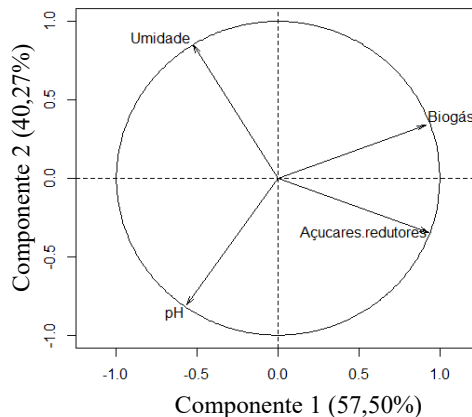
<b>Análises físico-químicas</b>	<b>Componentes Principais</b>		
	<b>ACP1</b>	<b>ACP2</b>	<b>ACP3</b>
Umidade	-0.52695	0.84984	0.0096883
pH	-0.56791	-0.80817	0.15598
Açúcares Redutores	0.93057	-0.34601	-0.11962
Biogás	0.91307	0.34043	0.22452

Nas figuras 26 e 27 mostra a distribuição das variáveis pH, açúcares redutores e umidade e dos genótipos. Na interpretação dos resultados pode ser realizada juntamente com o Anexo IV. Como podemos observar a Componente 1 com maior valor de 57,50% e são em ordem de importância o açúcares redutores, pH, umidade. Na Componente 2 de valor 40,27%, as variáveis com maior peso foram umidade, pH e açúcares redutores. A soma das componentes 1 e 2 equivalem a 97,77%, ou seja, 97,77% da variabilidade dos dados podem ser explicadas pelo modelo de ACP.

**Tabelas 12** – Correlação das variáveis com as componentes principais (Scores)

<b>Genótipos</b>	<b>Componentes Principais</b>		
	<b>ACP1</b>	<b>ACP2</b>	<b>ACP3</b>
Bela Vista	-0.042424	1.2052	-0.3466
BRS Cuia	0.13833	-1.7876	-0.1517
BRS Rubissol	-1.9019	0.2032	0.24101
Laranjeiras	1.806	0.37922	0.25729

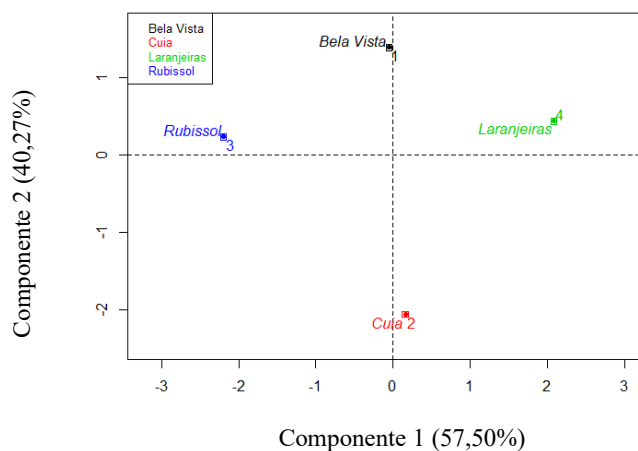




**Figura 26.** Pesos (ou loadings) das componentes principais das variáveis físico-químicas.

O pH está relacionado com as duas componentes, é uma variável que exerce influência na produção de biogás, porém não apresentou uma correlação significativa em termos de porcentagem, isso é verificado pelo ângulo obtuso formado em relação ao biogás (Figura 26). No caso dos açúcares redutores e da umidade, a correlação com a produção de biogás fica evidenciado pelo ângulo agudo.

Os sinais positivos denotam uma correlação direta com a componente e os sinais negativos significam uma correlação inversa. Cada reta equivale a uma componente principal que explica um percentual de variação dos dados, e as variáveis selecionadas se relacionam com essas componentes principais (CROVADOR, 2014).



**Figura 27.** Escores (ou scores) das variáveis com as componentes principais dos genótipos.

Em relação à produção de biogás com as variáveis, averiguou-se que o genótipo Laranjeiras é o que mais tem um potencial significativo em produzir biogás, seguido da Cuia que se encontra em uma região intermediária do gráfico, correlacionados com as três variáveis (Figura 26). Os genótipos Bela Vista e Rubissol estão mais correlacionados com a umidade do que com o açúcar, por isso não obtiveram êxito em produzir biogás. Todos os genótipos têm correlação direta com a quantidade de açúcares redutores e umidade.

Com o conjunto dos *scores e loadings* possibilitou estimar o domínio de cada variável em cada amostra, constatando-se que as variáveis que mais influenciaram na geração de biogás foram os açúcares redutores de cada genótipo, seguido pela umidade e pH.

Realizando-se uma busca para dos ensaios BMP na literatura, verificou-se a falta de compatibilidade dos resultados do experimento em comparação com outras pesquisas, constatação ressaltada também por Angelidaki et al. (2009). Segundo Elbeshbishy, Nakhla e Hafez (2012), isso se deve por não existir um protocolo padrão para realizar o experimento, ou seja, não há normas para padronizar parâmetros como: os equipamentos utilizados, inóculos, volumes no frasco, pH, pressão interna no *headspace* entre outros fatores. Outro ponto que dificulta comparações é a forma com que os resultados são expressos, muitas vezes em unidades e tempos de incubação diferentes.

Ao longo deste estudo foi possível verificar o volume de biogás que foi produzido no ensaio a partir dos quatro genótipos. O genótipo que se destacou para as características agrônômicas, físico-químicas e o maior potencial de geração de biogás foram a BRS Cuia e Laranjeiras. As informações coletadas, como caracterização agrônômica dos novos genótipos, viabilidade e desempenho em campo, foram importantes para posterior lançamento como nova cultivar. Também foi possível demonstrar a qualidade dos genótipos para a destinação energética ou alimentícia através da sua caracterização físico-química.

O conhecimento do potencial de geração de biogás é um fator primordial ao estudo da viabilidade técnica e econômica da energia obtida a partir do biogás, possibilitando a construção de um panorama acerca de uma fonte energética alternativa, voltado para o manejo de biomassas regionais e cultiváveis de baixo impacto ambiental direcionado à produção de bionergia.

## 5. CONCLUSÕES

Dentre os genótipos de batata-doce avaliados, as cultivares BRS Cuia e o genótipo Laranjeiras demonstraram potencial para fins bioenergéticos destinados a produção de biogás. O cultivo dos genótipos em experimento de campo, caracterizações morfoagronômicas e as características de composição físico-química principalmente a quantidade de açúcares disponíveis e os aspectos fenotípicos de tamanho e forma de suas raízes, demonstram a qualidade dos genótipos. O procedimento proposto para a produção de biogás em biodigestores anaeróbios, realizado com o teste Potencial Bioquímico de Metano (BMP), mostrou-se simples de ser executado e um método analítico eficiente para se analisar a biodegradabilidade dos materiais orgânicos.

## 7. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Diante das observações realizadas durante o desenvolvimento deste trabalho, destacam-se algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Realizar ensaios de Potencial Bioquímico de Metano (BMP) incluindo variações na composição com diferentes inóculos e resíduos, buscando identificar quais condições favorecem ou inibem a geração de biogás;
- Caracterizar o biogás gerado ao longo do processo mediante análise cromatográfica;
- Realizar estudos econômico-financeiros, visando estabelecer parâmetros mínimos econômicos e ambientais para a implantação de biodigestores em escala real.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE Department - Department of Agricultural and Biological Engineering - University of Florida. **Responses of biological systems to environmental stimuli – Biochemical Methane Potential determination.** 2007. Disponível em: <[www.abe.ufl.edu/~chyn/download/ABE2012C/bmplab\\_leary.doc](http://www.abe.ufl.edu/~chyn/download/ABE2012C/bmplab_leary.doc)>. Acesso em: 30 jan. 2016.

ALVES, I. R. F. S. **Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos.** 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, CTG - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

ANGELIDAKI, I; AHRING, B. K. Thermophilic anaerobic digestion of livestock waste: the effect of ammonia. **Appl. Microbiol Biotechnol**, v.4, p.38-56, 1993.

ANGELIDAKI, I. et al. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. **Water Science & Technology**, v. 59, n. 05, p. 927–934, 2009.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20 Ed., 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis.** 18. ed., Whashington: AOAC, 2007. 3000 p.

BAZARA, X. et al. Digestión anaerobia en el tratamiento de efluentes y lodos residuales. **Tecnología del Agua**, n. 233, p.34-46, 2003.

BLEY JR, C. et al. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, ambientais e socioeconômicas.** 2 ed. ITAIPU Binacional, Organização Nações Unidas para Alimentação e Agricultura / FAO TechnoPolitik Editora, 2009. 140p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas.** Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(4): 835-843, out.-dez. 2005

BRASIL, **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Resolução – RDC nº 12 de 24 de agosto de 1978.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos.** 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 207 p.

CEREDA, M. P. et al. **Propriedades gerais do amido.** Campinas: Fundação Cargill, 2001.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T., BUENO O. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suínica para geração de energia elétrica. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.30, n.5, p.831-844, 2010.CERVI

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária-UFMG, p.246, 1997.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. 2. ed. Lavras: ESAL (FAEPE), 2005. 783 p.

DEGANUTTI, R. et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e Batelada. **Enc. Energ. Meio Rural**, n.4, 2002.

CROVADOR, M. I. C. C952p **Potencial de geração de biogás a partir da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos**. 2014. 103 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Guarapuava, PR.

ECHER, F.R.; CRESTE, J.E.; LA TORRE, E.J.R. **Nutrição e adubação da batata-doce**. Presidente Prudente: UNOESTE, 2015. 94p.

ELBESHISHY, E.; NAKHLA, G.; HAFEZ, H. Biochemical methane potential (BMP) of food waste and primary sludge: influence of inoculum pre-incubation and inoculum source. **Bioresource Technology**, v.110, p.18–25, 2012.

EPE, (2011). **Balanco Energético Nacional 2011: Ano base 2010 – BEN 2011**. Rio de Janeiro.

FAO, (2012). **Biogás: una opción para diversificar la matriz energética y generar abonos naturales a partir de desechos orgánicos**. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/es/prensa/noticias/biogas-una-opcion-para-diversificar-la-matriz-energetica-y-generar-abonos-naturales-a-partir-de-desechos-organicos/>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

FNR, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. **Handreichung, Biogasgewinnung und –nutzung**. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow. 2005. 31p.

GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, M. E. et al. Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. **Rev Argent Microbiol.**, v.47, n.3, p.229-235, 2015.

GOLDEMBERG, J. A modernização do uso da biomassa. **CEMBIO**, n. 13, p. 2-3, 2001.

GUERI, M. V. D. et al. Digestão anaeróbia de resíduos alimentares utilizando ensaios bmp. **BIOFIX Scientific Journal**. v. 3, n. 1, p. 08-16, 2018.

GUERI, M. V. D. **Avaliação do processo de digestão anaeróbia de resíduos alimentares em reatores batelada e semi-contínuo**. 2017. 82 p. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo.

HARRIES, C.R.; CROSS, C.J.; SMITH, R. Development of a biochemical methane potential (BMP) test and application to testing of municipal solid waste samples. In: **Proceedings Sardinia**, Eighth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy. Cagliari: CISA. v.1, p.579-588, 2001a.

HUBBARD, M. R. **Statistical quality control for the food industry: Design of Experiments**. 3 ed. New York: Kluwer Academic. cap. 12, p. 232-252, 1996.

HUAMÁN, Z. **Descriptors for sweet potato**. Rome: International Board for Genetic Resources/Centro Inter- nacional de la Papa/Asian Vegetable Research and Development Center, 134 p., 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal – culturas temporárias e permanentes**. v.38, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3 ed. São Paulo: IMESP, v. 1: Métodos físicos e químicos para análise de alimentos. p.1020, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL CLIMATE CHANGE – IPCC. **Renewable energy sources and climate change mitigation**. Work Group III. Genebra, p.01–242, 2011. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>> Acesso em: 17 fev. 2016.

INTERNATIONAL POTATO CENTER – CIP, (2011). **Sweetpotato facts and Figures**. Disponível em: <<http://cipotato.org/sweetpotato/facts-2/>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

JANDREY, D. B. et al. Agroenergia e Agricultura. **Rev. Ciência Veterinárias**. Lages, v.9, n.1, p. 82 – 89, 2010.

KOHYAMA, K.; NISHINARI, K. Cellulose derivatives effects on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p.128131, 1992

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 22(1): 65-69, jan.-abr. 2002.

LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. Produção de etanol. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. **Biotecnologia Industrial**. v. 3. p. 1-43.

MACIEL, F. J. **Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos**. 2009. 333 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

MACIEL, F. J.; JUCÁ, J. F. T. Evaluation of landfill gas production and emissions in a MSW large-scale experimental cell in Brazil. **Waste Management**, v. 31, n. 5, p. 966-977, 2011.

MAGALHÃES, K. A. B. **Análise da sustentabilidade da cadeia produtiva de etanol de batata-doce no município de Palmas – TO**. 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado) -

Ciências do Ambiente – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO.

MATA-ÁLVAREZ, J. et al. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. **Bioresource Technology**, v. 74, p. 3-16, 2000.

MACKAY, K.T.; PALOMAR, M.K.; SANICO, R. T. **Sweet potato research and development for small farmers**. College Laguna: SEAMEO-SEARCA, Maio. 1989.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass: overview of biomass. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 37-46, 2002.

MIRANDA, J. E. C. et al. **A cultura da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA, 1995. 94 p.

MORELL, P. O. **Produção de biogás por meio de biodigestão anaeróbia da vinhaça com enriquecimento nutricional**. 2015. 34 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Campus Toledo. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Bioenergia, Centro de Engenharias e Ciências Exatas. Toledo, PR.

MOTA, C. J. A.; PESTANA, C. F. M. Co-produtos da Produção de Biodiesel. **Rev. Virtual Quim**, v. 3, n. 5, p. 416-425, 2011.

MUNIZ, R. N. **Educação e biomassa**. ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4, 2002 Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000022002000100053&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100053&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em: 26 abr. 2016.

Nedunchezhiyan, M., Byju, G. and Jata, S.K. (2012) Sweet Potato Agronomy, Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. **Global Science Books**, 1-10

NOGUEIRA, et al. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986. 93p.

OWEN, W. F. et al. Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity. **Water Research**, v.13, n.06, p.485-492, 1979.

PERESSIN, V. A.; FELTRAN, J. C. Batata-doce: Ipomoea batatas (L.) Lam. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; et al. (Eds.). Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. (Boletim IAC, n.º 200). p. 59-61.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**, v.02, n.01, p. 57-67, 2005

SARAVANAN, V.; SREEKRISHNAN, T. R. Modelling anaerobic biofilm reactors - A review. **Journal of Environmental Management**, v. 81, p-1-18, 2006.

SANDERSON, K. **Avaliação da eficiência da glicerina bruta, proveniente da produção**



**de biodiesel, na obtenção de biogás em codigestão com dejetos.** 2013. 47p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Cascavel, PR.

SCHENEIDER, M. E. **O Egito Antigo. Que história é essa?** Editora Saraiva, 2009.

SILVA, J. B. C. et al. Cultura da batata-doce. Brasília: **EMBRAPA**, n. 6, 2008. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce>>. Acesso em 15 jan. 2016.

SILVEIRA, M. A. Batata-doce: Uma nova alternativa para a produção de etanol. **Álcool Combustível - Série Indústria em Perspectiva**. Brasília, v. 1, p. 109-122, 2008.

SCHIRMER, W. N.; JUCÁ, J. F. T.; SCHULER, A. R. P.; HOLANDA, S.; JESUS, L. L. Methane production in anaerobic digestion of organic waste from Recife (Brazil) Landfill: 102 evaluation in refuse of different ages. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.31, n.02, p.373-384, April - June, 2014

STATHERS, T. et al. **Tudo o Que Sempre Quis Saber Sobre a Batata-doce: Manual de capacitação CdF - Alcançando Agentes de Mudança.** Centro Internacional da Batata. Nairobi, Quênia, v.7, 2013, 436 p.

WEILAND, P. Biogas production: current state and perspectives. **Appl Microbiol Biotechnol**, v.85, n.4, p.849-860, 2010.

XAVIER, C. A. N. et al. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.2, p.212-223, 2010.

XUMENG, G. et al. Biogas energy production from tropical biomass wastes by anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, n.169, p.38–44, 2014.

YU, Z.; SCHANBACHER, F. L. **Production of Methane Biogas as Fuel Through Anaerobic Digestion.** Springer, NY, p.105–127, 2010.

## **ANEXOS**

# ANEXO I – História do Biogás

## A HISTÓRIA DO BIOGÁS

O APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA NÃO É UMA NOVIDADE DO NOSSO TEMPO. HÁ CENTENÁRIOS QUE CIENTISTAS, ESTUDIOSOS E VISIONÁRIOS PERCEBEM E PESQUISAM O GRANDE POTENCIAL DO GÁS GERADO A PARTIR DO LIXO

**10a.C**

Os primeiros relatos do biogás datam do século 10 quando os chineses descobriram que o gás produzido durante a fermentação de resíduos orgânicos poderia ser usado para aquecer banhos.

**1200**

No século 13, o explorador Marco Polo conta que os chineses cobriam os tanques de esgoto com uma camada de terra para evitar o mau cheiro e para evitar a decomposição da matéria orgânica.

**1600**

Em 1776, o físico italiano Alessandro Volta conclui que existe uma relação direta entre a quantidade de material decomposto e a quantidade de gás inflamável produzido.

**1700**

Em 1884, o cientista francês Louis Pasteur introduz na Academia de Ciências a ideia de que um gás pode ser produzido a partir da fermentação anaeróbica de resíduos orgânicos. Ele descobriu que a fermentação de resíduos orgânicos em um tanque digestor produz um gás inflamável.

**1800**

Em 1884, o cientista francês Louis Pasteur introduz na Academia de Ciências a ideia de que um gás pode ser produzido a partir da fermentação anaeróbica de resíduos orgânicos. Ele descobriu que a fermentação de resíduos orgânicos em um tanque digestor produz um gás inflamável.

**1859**

A China segue o mesmo caminho e, nos anos 1980, instala milhares de equipamentos em cidades.

**1884**

O uso do biogás alcança destaque na Itália, em 1950, quando ganha força nas comunidades que usam até hoje o combustível para cozinhar.

**1900**

Na Dinamarca, em 1920, o gás resultante do tratamento de águas residuais é usado para aquecer um tanque digestor.

**1920**

A evolução da microbiologia, principalmente na década de 1930, contribui para identificar e estudar as bactérias que produzem o metano, o que permitiu a produção de metano.

**1957**

Em 1957 o inventor britânico Harold Bates consegue converter esterco de galinha em combustível gasoso chamado *Bake's Gas*. Sweet's e Nur (1974), de Tony Lanzetta.

**1960**

O Estado de São Paulo abraça uma das maiores usinas de energia a partir de biogás do mundo, a Usina de Biogás de Itaipava, em Itaipava, no Estado de São Paulo. Ela gera 20 MW médio de energia elétrica até 2018.

**1976**

Hoje, cerca de 1.483 usinas utilizam resíduos para produção de energia. O Japão lidera o ranking com 1.423 usinas, seguido pela Alemanha (1.423), China (1100) e Estados Unidos (851). Na América do Sul, o destaque é o Brasil.

**2000**

Os programas orientais inspiram os europeus – principalmente os ingleses – a investir ainda mais na tecnologia na década de 1980. Uma usina de biogás é construída em Llanfyllter, no País de Gales, no Reino Unido, por iniciativa do primeiro-ministro britânico, o mundo inteiro começa a procurar por novas alternativas.

**2002**

A partir de 2013, o Alverno Gramacho, na Banada Fluminense, torna-se o único fornecedor de biogás para abastecer os lires de 12 milhões de brasileiros. A meta é produzir 70 milhões de m<sup>3</sup> de biogás por dia pelos próximos 15 anos.

**2013**

A partir de 2013, o Alverno Gramacho, na Banada Fluminense, torna-se o único fornecedor de biogás para abastecer os lires de 12 milhões de brasileiros. A meta é produzir 70 milhões de m<sup>3</sup> de biogás por dia pelos próximos 15 anos.

**2013**

Em maio de 2013, o Centro Internacional de Energias Renováveis, o CIBlogas-ER, no Parque Tecnológico de São Carlos, em São Carlos, é dirigido por Cicero Bray Jr., superintendente de Energias Renováveis de Irapua, o único do continente americano.

**2014**

A partir de 2014, as prefeituras serão obrigadas a dar preferência ao biogás produzido a partir de resíduos aproveitáveis.

**2020**

Para 2020, as metas nacionais visam suprir as necessidades de energia de 58 milhões de pessoas.

**BIOGÁS NO BRASIL**

Até o final dos anos 1990, o bagaço de cana é considerado um resíduo, sendo queimado de forma ineficiente ou comercializado de maneira limitada.

**...1990**

A partir de então, principalmente em 2002, com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (Proinfa Elétrica) e depois com os leilões de energia, o setor ganha novo fôlego.

**2002**

O Estado de São Paulo abraça uma das maiores usinas de energia a partir de biogás do mundo, a Usina de Biogás de Itaipava, em Itaipava, no Estado de São Paulo. Ela gera 20 MW médio de energia elétrica até 2018.

**2013**

Em maio de 2013, o Centro Internacional de Energias Renováveis, o CIBlogas-ER, no Parque Tecnológico de São Carlos, em São Carlos, é dirigido por Cicero Bray Jr., superintendente de Energias Renováveis de Irapua, o único do continente americano.



**2014**

A partir de 2014, as prefeituras serão obrigadas a dar preferência ao biogás produzido a partir de resíduos aproveitáveis.

**2020**

Para 2020, as metas nacionais visam suprir as necessidades de energia de 58 milhões de pessoas.

Este infográfico faz parte do livro **Biogás: a energia invisível**, do site do Planeta Sustentável. Acompanhe o blog do livro [planetosustentavel.abril.com.br/blog/biogas-a-energia-invisivel](http://planetosustentavel.abril.com.br/blog/biogas-a-energia-invisivel)

## ANEXO II – Ficha de avaliação para características morfoagronômicas sugeridos por Huamán (1991)

(Continua)

### Tipo de planta

Comprimento da haste.

3. Ereta (<75 cm)
5. Semi-ereta (75-150 cm)
7. Dispersa (151-250 cm)
9. Muito dispersa (>250 cm)

### Cor da rama

#### A. Predominante

1. Verde
3. Verde com poucas manchas avermelhadas
4. Verde com muitas manchas
5. Verde com manchas vermelho escuro
6. Predominantemente vermelho
7. Predominantemente vermelho escuro
8. Completamente avermelhada
9. Completamente vermelho escuro

#### B. Secundária

0. Ausente
1. Base verde
2. Ponta verde
3. Nós verdes
4. Base avermelhada
5. Ponta avermelhada
6. Nós avermelhados
7. Outras

### Formato da folha madura

#### A. Formato geral

1. Redonda



1. Rounded

2. Reniforme (rim)



2. Reniform (kidney shaped)

3. Cordiforme (coração)



3. Cordate (heart-shaped)

4. Triangular



4. Triangular

5. Lanceolada (lança)



5. Hastata

6. Lobulada



6. Lobed

7. Quase dividida



7. Almost divided

#### B. Tipo de lóbulos

0. Sem lóbulo (lisa)



0. No lateral lobe (entire lobe)

1. Muito suave (dente)



1. Very slight (tooth)

3. Suave



3. Slight

5. Moderado



5. Moderate

7. Profundo



7. Deep

8. Muito profundo



9. Very deep

#### C. Número de lóbulos

Os dois lóbulos basais das folhas não são contados. Contam-se os lóbulos laterais e o central.

Geralmente as folhas têm :

0 – Se a folha é redonda e lisa

1 – Se não tem lóbulos lateral

3

5

7

#### D. Formato do lóbulo central

0. Ausente – folha redonda e lisa

1. Dentado (dente)



1. Toothed

2. Triangular



2. Triangular

3. Semi-circular



3. Semi-circular

4. Semi-elíptico



4. Semi-elliptic

5. Elíptico



5. Elíptico

6. Lanceolado



6. Lanceolate

7. Oblongo-lanceolado



7. Oblanceolate

8. Linear largo

9. Linear estreito



9. Linea (narrow)

**Tamanho da folha madura**

Comprimento entre a extremidade da folha e o lóculo basal

3 – Pequena (&lt; 8 cm)

5 – Média (8 – 15 cm)

7 – Grande (16 – 25 cm)

9 – Muito grande (&gt;25 cm)

**Pigmentação das nervuras**

1. Amarelo

2. Verde

3. Manchas vermelhas na base

4. Manchas vermelhas em várias nervuras

5. Nervura principal avermelhada

6. Nervura principal totalmente vermelha

7. Todas nervuras parcialmente vermelhas

8. Todas nervuras totalmente vermelhas

9. Superfície inferior e nervuras totalmente vermelhas

**Cor da folha****Folha madura**

1. Amarelo-esverdeado

2. Verde

3. Verde com pontas avermelhadas

4. Verde-acinzentado (devido à pubescência)

5. Verde com veias roxas

6. Roxo suave

7. Predominante mente roxo

8. Verde superior e roxo no verso

9. Roxo em ambas as faces

**Folha imatura**

1. Amarela-esverdeada

2. Verde

3. Verde com pontas avermelhadas

4. Verde-acinzentado (devido à pubescência)

5. Verde com veias roxas

6. Roxa suave

7. Predominante mente roxa

8. Verde superior e roxo no verso

9. Roxo em ambas as faces

**Pecíolo****A. Comprimento**

1. Muito curto (&lt;10 cm)

3. Curto (10-20 cm)

5. Intermediário (21-30 cm)

7. Longo (31-40 cm)

9. Muito longo (&gt;40 cm)

**B. Pigmentação**

Distribuição de antocianina indica a coloração predominante

1. Verde

2. Verde com roxo na base

3. Verde + roxo na inserção da folha

4. Verde + roxo nas inserções

5. Verde com manchas roxas

6. Verde com listas roxas

7. Roxa + verde na inserção da folha

8. Alguns pecíolos roxos outros verdes

9. Completamente roxo

**Raiz tuberosa****A. Formato**

1. Redondo



1. Round

2. Redondo – elíptico



2. Round-elliptic

3. Elíptico



3. Elíptico

4. Ovalado (ponta delgada ligada à planta)

5. Obovado (ponta delgada distal)



5. Obovate

6. Oblonga (quase quadrada)



6. Oblong

7. Oblonga alongada (retangular)



7. Long oblong

**(Conclusão)**

8. Longa elíptica

9. Longa irregular ou curvada

**B. Defeitos na superfície**

0. Ausente

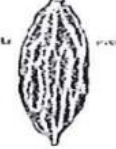
1. Pele de jacaré



1. Alligator-like skin



2. Veins



2. Veins

2. Veias

0. Condições horizontais rasas

4. Condições horizontais profundas



5. Shallow longitudinal wrinkles

5. Dobras longitudinais rasas



6. Dobras longitudinais profundas

7. Condições e dobras profundas

8. Outros

**Cor da pele****A. Cor predominante**

1. Branco

2. Creme

3. Amarelo

4. Alaranjado

5. Laranja - amarronzado

6. Rosado

7. Vermelho

8. Roxo avermelhado

9. Roxo escuro

**B. Intensidade**

1. Pálido

2. Intermediário

3. Escuro

**C. Cor secundária**

0. Ausente

1. Branco

2. Creme

3. Amarelo

4. Alaranjado

5. Laranja - amarronzado

6. Rosado

7. Vermelho

8. Roxo avermelhado

9. Roxo escuro

**Cor da polpa****A. Cor predominante**

1. Branco

2. Creme claro

3. Creme escuro

4. Amarelo claro

5. Amarelo escuro

6. Alaranjado claro

7. Alaranjado intermediário

8. Alaranjado escuro

9. Fortemente arroxeadado

**B. Cor secundária**

0. Ausente

1. Branco

2. Creme

3. Amarelo

4. Alaranjado

5. Rosado

6. Vermelho

7. Vermelho escuro

8. Roxo

9. Roxo escuro

**C. Distribuição da cor secundária**

0. Ausente

1. Anel próximo da casca



1. Annular in cortex

2. Anel largo próximo da casca



2. Broad strip in cortex

3. Manchas esparsas concentradas



3. Scattered spots in flesh

4. Anel delgado na polpa



4. Narrow ring in flesh

5. Anel largo na polpa



5. Broad ring in flesh

6. Anel e outras manchas na polpa



6. Ring &amp; other spots

7. Mancha na secção longitudinal



7. Color in longitudinal section

8. Manchas cobrindo quase tudo



8. Color covering most flesh

9. Manchas cobrindo toda a polpa



**ANEXO III** – Tabela de produção de biogás dos genótipos de batata-doce com medida de deslocamento de coluna a cada seis horas durante cinco dias, com cálculo de CNTP acumulada, Guarapuava, PR.

Dia 1		Deslocamento da coluna (cm H <sub>2</sub> O)	Produção de biogás	
			CNTP* Gerado (mL)	CNTP* Acumulado (mL)
<b>BRS Cuia</b>	09:00	26,7	1,92	1,92
	15:00	53,75	3,86	5,78
	21:00	25,75	1,85	7,64
	03:00	24,25	1,76	9,46
<b>Bela Vista</b>	09:00	19,9	1,43	1,43
	15:00	52,75	3,79	5,22
	21:00	26	1,87	7,10
	03:00	25,25	1,83	8,99
<b>BRS Rubissol</b>	09:00	26,6	1,91	1,91
	15:00	58	4,17	6,08
	21:00	19,5	1,40	7,49
	03:00	16,5	1,19	8,75
<b>Laranjeiras</b>	09:00	26,1	1,87	1,87
	15:00	57	4,09	5,97
	21:00	24,75	1,78	7,76
	03:00	28,25	2,05	9,87
<b>Inóculo</b>	09:00	20	1,442	1,44
	15:00	18	1,29	2,73
	21:00	10,5	0,75	3,49
	03:00	9,5	0,68	4,21
<b>Dia 2</b>				
<b>BRS Cuia</b>	09:00	24	1,79	11,53
	15:00	25,65	1,92	13,50
	21:00	20,75	1,55	15,05
	03:00	28,78	2,15	17,21
<b>Bela Vista</b>	09:00	23,5	1,75	11,00
	15:00	24,9	1,86	12,92
	21:00	25,05	1,87	14,78
	03:00	25	1,87	16,66
<b>BRS Rubissol</b>	09:00	26,65	1,99	10,99
	15:00	30,45	2,28	13,32
	21:00	20,8	1,55	14,87
	03:00	21,5	1,61	16,49

<b>Laranjeiras</b>	09:00	31,45	2,34	12,51
	15:00	30,55	2,29	14,85
	21:00	26,5	1,98	16,83
	03:00	25,85	1,93	18,77
<b>Inóculo</b>	09:00	11	0,82	5,15
	15:00	6,2	0,46	5,63
	21:00	13,5	1,011	6,64
	03:00	7	0,52	7,17
<b>Dia 3</b>				
<b>BRS Cuia</b>	09:00	22,75	1,64	18,20
	15:00	25,75	1,87	20,21
	21:00	18,75	1,36	21,59
	03:00	16,75	1,21	22,78
<b>Bela Vista</b>	09:00	25	1,807	17,83
	15:00	22,5	1,63	19,61
	21:00	19,25	1,40	21,02
	03:00	17,5	1,27	22,27
<b>BRS Rubissol</b>	09:00	25,75	1,85	17,72
	15:00	19	1,38	19,24
	21:00	15	1,09	20,34
	03:00	16	1,16	21,48
<b>Laranjeiras</b>	09:00	24,5	1,76	19,82
	15:00	19,25	1,39	21,38
	21:00	16,75	1,21	22,61
	03:00	15	1,08	23,68
<b>Inóculo</b>	09:00	10	0,72	7,62
	15:00	9	0,65	8,33
	21:00	2	0,14	8,48
	03:00	3,5	0,25	8,73
<b>Dia 4</b>				
<b>BRS Cuia</b>	09:00	12,25	0,88	23,59
	15:00	7,25	0,52	24,05
	21:00	6,75	0,48	24,52
	03:00	7,75	0,55	24,98
<b>Bela Vista</b>	09:00	14,5	1,04	23,24
	15:00	8	0,57	23,76
	21:00	6,75	0,48	24,23
	03:00	6,75	0,48	24,62
<b>BRS Rubissol</b>	09:00	15,5	1,12	22,53
	15:00	8,5	0,61	23,09
	21:00	7,5	0,54	23,61
	03:00	7	0,50	24,02



<b>Laranjeiras</b>	09:00	15,25	1,10	24,70
	15:00	8,25	0,59	25,23
	21:00	7	0,50	25,72
	03:00	7,25	0,52	26,13
<b>Inóculo</b>	09:00	7,5	0,54	9,24
	15:00	5	0,36	9,58
	21:00	1	0,072	9,64
	03:00	1	0,07	9,68
<b>Dia 5</b>				
<b>BRS Cuia</b>	09:00	6,25	0,47	26,64
	15:00	2,25	0,16	26,81
	21:00	1,75	0,13	26,96
	03:00	0,75	0,056	27,06
<b>Bela Vista</b>	09:00	8	0,60	26,39
	15:00	1	0,075	26,47
	21:00	0,25	0,018	26,51
	03:00	0,5	0,037	26,58
<b>BRS Rubissol</b>	09:00	7,25	0,54	25,71
	15:00	3,5	0,26	25,97
	21:00	1,25	0,09	26,08
	03:00	1	0,075	26,20
<b>Laranjeiras</b>	09:00	5,5	0,41	27,79
	15:00	5,25	0,39	28,19
	21:00	0,5	0,037	28,25
	03:00	0,75	0,056	28,34
<b>Inóculo</b>	09:00	3,8	0,28	10,42
	15:00	2,5	0,18	10,61
	21:00	0	0	10,62
	03:00	1	0,075	10,71

\*CNTP - condições normais de temperatura e pressão