

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CARMEN LÍCIA RIOS FONTENELE LIMA

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE BATATA-DOCE (*Ipomea batatas*)

PONTA GROSSA  
2022

CARMEN LÍCIA RIOS FONTENELE LIMA

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE BATATA-DOCE (*Ipomea batatas*)

Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Área de concentração: Uso e manejo do solo.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto

PONTA GROSSA  
2022

L732 Lima, Carmen Lícia Rios Fontenele  
Crescimento e desenvolvimento de batata-doce (*Ipomea batatas*) / Carmen  
Lícia Rios Fontenele Lima. Ponta Grossa, 2022.  
79 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Ciência do  
Solo e Recursos Ambientais), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto.

1. Curva de crescimento. 2. Batata-doce. 3. Índices de crescimento. 4.  
Arranjo espacial. I. Neto, Pedro Henrique Weirich. II. Universidade Estadual de  
Ponta Grossa. Ciência do Solo e Recursos Ambientais. III.T.

CDD: 635



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação: **Variáveis de crescimento e desenvolvimento em acessos de batata-doce (*Ipomoea batatas*).**

Nome: **Carmen Lícia Rios Fontenele Lima**

Orientador: **Dr. Pedro Henrique Weirich**

### Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Nátili Maidl de Souza

Dr<sup>ª</sup>. Josiane Cristina de Assis Aliança

Ponta Grossa - PR, 22 de março de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **NATALI MAIDL DE SOUZA, Professor(a)**, em 23/03/2022, às 13:43, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Henrique Weirich Neto, Professor(a)**, em 23/03/2022, às 15:46, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Josiane Cristina de Assis Alicança, Usuário Externo**, em 30/03/2022, às 13:42, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0919597** e o código CRC **01D28C03**.

Dedico aos meus pais e irmãos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Deus invisível, mas real, por me fazer chegar até aqui. Por fazer que tudo coopere para o meu bem segundo seu amor e misericórdia. A minha família, em especial a minha mãe Carmen Lúcia Rios Fontenele Lima e meu pai Sérgio Barbosa Lima, minha base; por serem compreensivos, amorosos e me direcionarem sabiamente a cada nova fase da vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto por ter me recebido tão bem assim que cheguei ao Lama e me direcionado nesta etapa crucial da minha vida acadêmica. Agradeço pela orientação, paciência, incentivo diante dos percalços e sugestões.

A fazenda escola Capão da onça por nos permitir realizar o estudo dentro de sua extensão, por nos disponibilizar os recursos necessários à realização deste trabalho. Ao Márcio Kudrik, servidor da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) na Fazenda Escola Capão da Onça pela disponibilidade em nos auxiliar quando precisamos.

Ao Prof. Dr. Jaime Alberti Gomes pelo suporte, direcionamentos e por todo auxílio durante o planejamento, coletas e discussão dos dados. A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Natali Maidl de Souza pelas dicas, correções e ajuda durante o processo da construção da dissertação.

Aos meus amigos do Lama: Doutor e Eng. Agrôn. Eduardo Miranda, Eng. Agrôn. Guilherme Mazer; Mestre e Eng. Agrôn. Anderson Farias; Eng. Agrôn. Waldir Junior; Mestre e Eng<sup>a</sup>. Agrôn<sup>a</sup>. Aline Vrismann; Mestre e Eng<sup>a</sup>. Agrôn<sup>a</sup>. Aghata Charnobay; Eng. Agrôn<sup>a</sup>. Janaína da Silva; Gestora e Empreendedora Kauana Bernardi, por toda a ajuda desde as coletas de solo até as análises em laboratório. Obrigada pela companhia e bons momentos. Todos me ajudaram de alguma forma no meu crescimento profissional e pessoal e me marcaram com o entusiasmo de equipe.

Aos amigos Mestres e Eng. Agrôn. Alex Pinto, VandersonDuart e Eng. De alimentos Danielle Bach pela amizade compartilhada durante as análises laboratoriais, por toda disponibilidade de tempo e esforços para me ajudar e incentivar nos momentos difíceis. Ao Eng. Agrônomo Sebastião Chiquete pela amizade durante os intervalos, companhia a cada aula e atividades da nossa pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Eduardo Fávero Caires e ao Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate por disponibilizar seus laboratórios para realização das análises.

A técnica do laboratório de alimentos Denise Mendes pela disponibilidade e auxílio nas análises utilizadas neste trabalho.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) pelo ensino público de qualidade e capacitação. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual este trabalho seguramente não seria possível.

Aos que aqui não foram citados, mas que estão em minha memória, que contribuíram juntamente com os demais citados para a concretização deste trabalho e para meu crescimento profissional e pessoal, muito obrigada.

A beleza da natureza é o carinhoso sorriso de Cristo,  
mostrado através da matéria.  
(Gilbert Keith Chesterton)



## RESUMO

LIMA, C. L. R. F. **CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE BATATA-DOCE (*Ipomea batatas*)**. 2022. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, 2022

A batata-doce é fonte valiosa de vitaminas e contém níveis moderados de ferro e zinco. Exige pouco manejo de fertilidade, desenvolvendo-se em condições adversas, o que pode ser solução de baixo custo e nutritiva para os países em desenvolvimento. Também pode fornecer forragens, baixo custo e com alta proteína, para alimentação animal. O objetivo deste trabalho foi estudar o crescimento da cultura da batata-doce. O estudo foi realizado em área representativa da região dos Campos Gerais do Paraná, na cidade de Ponta Grossa. O clima da região é classificado como Cfb. Foram utilizados dois genótipos de batata-doce, denominadas BD-8 e BD-26, sendo estas pertencentes ao banco de germoplasma mantido pelo Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Estadual de Ponta Grossa – Lama/UEPG. Foram realizadas oito épocas de colheitas, com intervalo variando de 15-20 dias, a partir de 54 dias após o transplantio. Sendo assim foi realizada colheita de plantas aos 56, 81, 100, 115, 135, 154, 175 e 220 dias após o transplantio (DAT). Em cada época, foram colhidas de quatro a seis plantas. Com as quais foram calculados o acúmulo de massa seca (AMS), índice de colheita (IC), índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF). Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com repetições não balanceadas; os tratamentos se constituem das oito épocas de colheita. As variáveis foram submetidas aos testes de Shapiro-Wilk, a fim de verificar a normalidade e homogeneidade das variâncias respectivamente, e, posterior análise de variância. As variáveis que apresentaram diferenças na análise de variância foram desdobradas utilizando regressão polinomial para ajuste dos modelos. O acesso BD-8 manteve-se com o maior acúmulo de massa seca durante toda a fase de crescimento, enquanto que o acesso BD-26 apresentou uma tendência de apresentar o fim do ciclo mais rapidamente. A mesma tendência do IC ser maior na fase final do ciclo foi observada para ambos genótipos. O IAF apresentou comportamento semelhante nos dois genótipos. Na BD-8 a AFE seguiu o mesmo perfil de crescimento do IAF, maior no início do ciclo e decrescendo depois, a AFE na BD-26 indicou ser constante e estável. Para os dois genótipos, à medida que a AFE diminui ao longo do ciclo a RAF também apresentou o mesmo comportamento.

Palavras-chave: Curva de crescimento, batata-doce, índices de crescimento, arranjo espacial.

## ABSTRACT

LIMA, C. L. R. F. **GROWTH AND DEVELOPMENT OF SWEET POTATOES (*Ipomea batatas*)**. 2022. 79 p. Dissertation (Master degree in Agronomy) – State University of Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, 2022.

Sweet potatoes are a valuable source of vitamins and contain moderate levels of iron and zinc. It requires little fertility management, developing under adverse conditions, which can be a low-cost and nutritious solution for developing countries. It can also provide low-cost, high-protein forage for animal feed. The objective of this work was to study the growth of the sweet potato crop, considering the Peasant production system. The study was carried out in a representative area of the Campos Gerais region of Paraná, in the city of Ponta Grossa. The climate of the region is classified as Cfb. Two varieties of sweet potato were used, called BD-8 and BD-26, which belong to the germplasm bank maintained by the Agricultural Mechanization Laboratory of the State University of Ponta Grossa – Lama/UEPG. Eight harvest times were carried out, with an interval ranging from 15-20 days, starting at 54 days after transplanting. Thus, plants were harvested at 56, 81, 100, 115, 135, 154, 175 and 220 days after transplanting (DAT). In each season, four to six plants were harvested from the central lines of the experimental units. With which the dry mass accumulation (DMA), harvest index (HI), leaf area index (LAI), specific leaf area (SLA) and leaf area ratio (LAR) were calculated. A completely randomized design was used, with unbalanced repetitions; the treatments consist of the eight harvest seasons. The variables were submitted to the Shapiro-Wilk tests, in order to verify the normality and homogeneity of the variances, respectively, and subsequent analysis of variance. The variables that showed differences in the analysis of variance were split using polynomial regression to fit the models. The BD-8 variety maintained the highest accumulation of dry mass throughout the growth phase, while the BD-26 variety showed a tendency to present the end of the cycle more quickly. The same tendency for the HI to be higher in the final phase of the cycle was observed for both varieties. The LAI showed similar behaviour in both varieties. In BD-8, SLA followed the same growth profile as LAI, greater at the beginning of the cycle and decreasing later, SLA in BD-26 indicated decreasing trend. For both varieties, as the SLA decreases along the cycle, the LAR also showed the same behaviour.

Keywords: Growth curve, sweet potato, growth rates, spatial arrangement.

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Trator acoplado com rolo para manejo da adubação verde.....	33
Fotografia 2: Raiz, folha e pecíolo para a caracterização do acesso BD-8.....	34
Fotografia 3: Raiz, folha e pecíolo para a caracterização do acesso BD-26.....	34
Fotografia 4: Mudanças dos genótipos BD-26 e BD-8 transplantadas.....	35
Fotografia 5: Acesso BD-8 de batata-doce na terceira coleta, aos 100 DAT.....	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura média (°C) mensal de outubro de 2020 a maio de 2021 e temperatura média (°C) mensal do histórico dos últimos 18 anos. Ponta Grossa, UEPG, 2022.....	38
Figura 2: Precipitação pluviométrica (mm) acumulada mensal de outubro de 2020 a maio de 2021 e precipitação pluviométrica (mm) acumulada mensal do histórico dos últimos 18 anos. Ponta Grossa, 2022.....	41
Figura 3: Acúmulo de massa seca de folhas, parte aérea total, raízes e planta para acesso de batata-doce BD-8, conforme dias após transplântio. Ponta Grossa, PR, 2020/21.....	40
Figura 4: Índices de colheita de raiz tuberosas, folhas e parte aérea do acesso de batata-doce BD-8 conforme dias após transplântio. Ponta Grossa, PR, 2020/21.....	46
Figura 5: Índices de área foliar (A), área foliar específica (B), razão de área foliar (C) e acúmulo de massa seca diária (D) do acesso de batata-doce BD-8 conforme dias após transplântio. Ponta Grossa, PR, 2020/21.....	45
Figura 6: Acúmulo de massa seca de folhas, parte aérea total, raízes e planta do acesso de batata-doce BD-26, conforme dias após transplântio. Ponta Grossa, PR, 2020/21.....	53
Figura 7: Índice de colheita da raiz, folha e parte aérea do acesso BD-26, conforme dias após transplântio. Ponta Grossa, PR, 2020/21.....	55
Figura 8: Índices de área foliar (A), área foliar específica (B), razão de área foliar (C) e acúmulo de massa seca diária (D) do acesso de batata-doce BD-26 conforme dias após transplântio. Ponta Grossa, PR, 2020/21.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Massa seca (MS) de batata-doce ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.), cana-de-açúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ), milho ( <i>Zea mays</i> ) e soja ( <i>Glycine Max L.</i> ).....	26
Tabela 2: Resultados das análises química e física do solo. Ponta Grossa, UEPG, 2021.....	32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO</b> .....	15
3.1	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.....	15
3.2	PRODUÇÃO GLOBAL.....	16
3.3	USO PARA ALIMENTAÇÃO E SAÚDE HUMANA .....	17
3.4	USO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL.....	19
3.5	USO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL.....	20
3.6	AMIDO DA BATATA-DOCE.....	21
3.7	PROTEÍNA DA BATATA-DOCE.....	23
3.8	CURVA DE CRESCIMENTO.....	23
3.9	VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO.....	25
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
4.1	ÁREA EXPERIMENTAL.....	32
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS ACESSOS.....	33
4.3	CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	35
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	60
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	61
	<b>ANEXO A - A AVALIAÇÃO DOS DESCRITORES MORFOLÓGICOS CONFORME HUAMÁN (1991)</b> .....	79

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é cultura com ampla adaptação, sendo encontrada entre as latitudes de 42° N até 35° S, do nível do mar até 3000 m de altitude. A batata-doce se desenvolve melhor em clima tropical, se comparada com culturas como milho, arroz e sorgo, pode ser considerada uma das mais eficientes em quantidade de energia líquida produzida por unidade de área e unidade de tempo. Isto permite produção de grande quantidade de massa seca (SILVEIRA, 2007).

A batata-doce é fonte valiosa de vitaminas e contém níveis moderados de ferro e zinco (CHARLES; SRIROTH; HUANG, 2005). Exige pouco manejo de fertilidade, desenvolvendo-se em condições adversas, o que pode ser solução de baixo custo e nutritiva para países em desenvolvimento. Também pode fornecer forragens, de baixo custo e com conteúdo interessante de proteína, para alimentação animal (CIP, 2020).

Essa raiz tuberosa apresenta grandes variações qualitativas e quantitativas. Pode apresentar diferentes compostos bioativos, como carotenóides, antocianinas, fenólicos e flavonóides. Esses fitoquímicos são importantes na saúde humana e na prevenção de doenças (PILON *et al.*, 2021). As raízes tuberosas também possuem alto teor de amido, alta produtividade, com rusticidade e variabilidade genética, características que a tornam, também, opção para a produção de biocombustíveis (SILVEIRA, 2008).

O crescimento e o desenvolvimento de plantas são regulados tanto por fatores endógenos como por fatores exógenos. Desenvolvimento é o termo usado para descrever as mudanças na estrutura, nas funções das plantas e em suas partes durante a gênese, crescimento, maturação e declínio de um indivíduo (ontogenia) e na sucessão de gerações (filogenia). Crescimento é o aumento permanente da quantidade de substâncias e de volume das partes vivas. Assim, o desenvolvimento é um processo qualitativo, enquanto o crescimento é quantitativo (LARCHER, 2004; LEE, 1973).

O entendimento do mecanismo do crescimento é necessário para obter informações sobre a organização interna e funções da planta (LEE, 1973). Tais informações permitem inferir decisões filotécnicas, quanto a crescimento e taxas biossintéticas de elementos individuais de tecidos (células) (TAIZ, 2017). Diante disso, objetiva-se estudar o crescimento da batata-doce, considerando sistema produtivo Camponês em região de clima Cfb (Köppen).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar as variáveis de crescimento e desenvolvimento em dois genótipos não identificados de batata-doce em clima Temperado úmido (Cfb).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar, temporalmente, acúmulo de matéria seca nas plantas dos genótipos de batata-doce.
- Calcular os índices fisiológicos: índice de área foliar (IAF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF), os quais são aplicados na análise de crescimento vegetal.
- Determinar índices de crescimento, como área foliar (AF) e o índice de colheita (IC) da fração econômica de interesse em genótipos de batata-doce.



### 3 REVISÃO

#### 3.1 *Ipomoea batatas* (L.) Lam.

A espécie *Ipomoea batatas* (L.) Lam., pertence à família Convolvulaceae e ao gênero *Ipomoea*. O hábito de crescimento é predominantemente prostrado, com ramos que se espalham horizontalmente sobre o solo. Por ser uma espécie alógama e possuir alta ploidia ( $2n=6x=90$ ), a batata-doce apresenta a vantagem de ter elevado nível de diversidade genética (LEBOT, 2009). A batata-doce é uma planta herbácea perene, tratada como anual quando cultivada e de grande variabilidade morfológica (HUAMAN *et al.*, 1999).

O sistema radicular da batata-doce é formado por dois tipos de estruturas: (a) raízes fibrosas, que se desenvolvem a partir das gemas, e que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes, e (b) raízes tuberosas que se originam normalmente nos entrenós, através do acúmulo de produtos fotossintéticos (LEBOT, 2009). As raízes de armazenamento são a parte de interesse comercial da cultura de batata-doce e algumas vezes são equivocadamente chamadas de tubérculos. Apresentam periderme (casca externa ou pele) protetora, córtex (casca interna) e polpa (HUAMAN, 1992). Os genótipos podem variar na cor da periderme, na composição química e cor da polpa (LEBOT, 2009).

Os fatores ambientais influenciam no crescimento da batata-doce, como por exemplo, o aumento do crescimento das raízes de armazenamento, com temperaturas variadas, foi atribuído ao aumento da taxa de translocação de carboidratos para as raízes e à influência na nutrição mineral e na captação de água (AUSTIN *et al.*, 1970). Estudos indicaram que a distribuição de assimilados até as raízes é mais importante que a produção total de fotossintato na determinação do rendimento final da raiz tuberosa (AUSTIN; AUNG, 1973).

É uma cultura econômica e socialmente importante. Proporciona custo de produção relativamente baixo principalmente pela maior resistência à pragas e doenças, alcançando rendimentos satisfatórios com reduzida entrada de insumos mesmo em áreas com baixa fertilidade natural (SILVA *et al.*, 2008). É uma das hortaliças com maior capacidade de produzir energia por unidade de área e tempo (MIRANDA *et al.*, 1989; DUVERNAY *et al.*, 2013). Além disso, tem alto potencial para transformação industrial, como ração animal e farinha (ANDRADE *et al.*, 2009) e é alternativa para a produção de etanol biocombustível (CASTRO *et al.*, 2008, BERNARDI *et al.*, 2021).

O ciclo de desenvolvimento inclui etapa vegetativa, na qual as substâncias fotoassintetizadas pela parte aérea são translocadas para as raízes tuberosas e uma etapa

reprodutiva na qual ocorre o florescimento e a produção das sementes (FILGUEIRA, 2013). Entretanto, a etapa reprodutiva é de interesse apenas em programas de melhoramento e só ocorre em regiões nas quais o fotoperíodo é igual ou inferior a 11 horas (ONWUEME; CHARLES, 1994).

A etapa vegetativa ocorre em três distintas fases. Uma fase inicial na qual ocorre crescimento extensivo das raízes adventícias e desenvolvimento da parte aérea. Uma fase intermediária na qual ocorre grande incremento em área foliar seguido pelo início de tuberização das raízes. A fase final distinguiu-se pelo acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas e a área foliar tende a estabilizar-se e decrescer (ONWUEM; CHARLES, 1994; QUEIROGA *et al.*, 2007).

A batata-doce apresenta alto potencial energético contendo teores de carboidratos variando entre 25 a 30 %, base úmida, sendo amido o principal componente (CARDOSO *et al.*, 2007). Além disso, compõe importante fonte de vitaminas e sais minerais, sobretudo os genótipos com polpa de cor alaranjada que apresentam altos teores de betacaroteno, o precursor da vitamina A e de coloração roxa por seu alto potencial antioxidante (NUNES *et al.*, 2009). Dessa forma, é importante fonte de nutrientes e energia para a alimentação humana podendo também ser aproveitada na alimentação animal com o uso da parte aérea da planta e descartes ou resíduos de raízes (CASTRO, 2010).

O principal produto da batata-doce são as raízes tuberosas, utilizadas na alimentação humana ou animal, na agroindústria familiar ou em grande escala. Já foram identificados clones com aptidão agrônômica múltipla os quais, ao mesmo tempo em que produzem elevadas quantidades de raízes para produção de etanol, podem ser destinados ao consumo humano in natura; enquanto outros apresentaram apenas uma ou nenhuma aptidão (LEBOT, 2009). Além disso, grande parte produz muitos subprodutos (ramas e folhas), com potencial para uso na nutrição animal (superando a soja em proteína por área) (MALUF, 2014).

### 3.2 PRODUÇÃO GLOBAL

A batata-doce é a sétima mais importante cultura alimentar do mundo, depois do trigo (*Triticumaestivum*), arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zeamays*), batata (*Solanumtuberosum*), cevada (*Hordeumvulgare*) e mandioca (*Manihote succulenta* Crantz) (CIP, 2020). É uma das doze principais espécies de plantas utilizadas como alimento humano em todo o mundo, com áreas cultivadas na Ásia, África, Europa, América e Oceania (FAO, 2020). A batata-doce é cultivada em 111 países, sendo que aproximadamente 92,3% da produção são obtidos na Ásia,

apenas 5% na África e 2,3% no restante do mundo (FAO, 2020). A China é o país que mais produz, com 100 milhões de Mg. O Brasil encontra-se na posição de principal produtor da América do Sul, e é uma das hortaliças mais produzidas no país, com 741.203 Mg, com área de cultivo estimada em 53.024 hectares, com produtividade média de 13.998 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2018).

O peso médio das raízes e o número de raízes são os componentes de produção mais importantes na batata-doce (LOWE; WILSON, 1975). A produção de raízes tuberosas da batata-doce está atrelada a acumulação de reservas nas raízes da planta. A interação de diferentes fatores ambientais, como temperatura, fotoperíodo e radiação solar determinam o início de tuberização e a taxa de acúmulo de biomassa nas raízes (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004; VILLAVICENCIO *et al.*, 2007). Além dos fatores citados, a produtividade também está sujeita a duração da fase de enchimento das raízes, visto que a batata-doce é uma planta perene e sob condições favoráveis, de tuberização contínua (FILGUEIRA, 2013).

Na Indonésia, em cinquenta clones de batata-doce, observou-se produtividade entre 4,0 a 49,0 Mg ha<sup>-1</sup>. A Indonésia, em 2010, plantava cerca de 181.073 ha, com produtividade média de 10,7 Mg ha<sup>-1</sup> (WALUYOA *et al.*, 2015). Na Papua Nova Guiné, estima-se que existam mais de 1500 cultivares de batata-doce, que possivelmente é a segunda diversidade genética mais importante do mundo, a batata-doce contribui com mais de 60% da energia total consumida (WARAMBOI *et al.*, 2011).

Na Austrália, quase 80% da produção nacional é cultivada em Queensland, estima-se que a produção anual seja de cerca de 34000 Mg, com mais 6000 Mg produzidas em outros estados. Em 2006, o valor da indústria australiana de batata-doce foi de cerca de \$ 40 milhões, e as principais cultivares comerciais eram Beauregard, Northern Star, Kestle e *White SkinPurpleFlesh* (WSPF), com Beauregard ocupando cerca de 95% da produção (WARAMBOI *et al.*, 2011).

Recentemente, a batata-doce também tem sido utilizada como planta ornamental. São usadas as cultivares com folhas e caules roxos sólidos e com folhagem verde clara. Muitos dessas também têm arquitetura compacta, bem ramificada e algumas plantas verticais (TRUONG *et al.*, 2018).

### 3.3 USO PARA ALIMENTAÇÃO E SAÚDE HUMANA

As culturas de raízes e tubérculos são versáteis, disponíveis localmente, com ampla resistência e adaptabilidade ecológica para serem utilizadas na nutrição humana, segurança alimentar e redução de pobreza em países em desenvolvimento. A alta concentração de

antocianina e b-caroteno na batata-doce, torna-a alternativa promissora e mais saudável se comparada aos corantes sintéticos. É por causa de seu valor nutricional e de outras características que a National Aeronautics and Space Administration (NASA) selecionou a batata-doce como candidata a ser cultivada e incorporada aos menus dos astronautas em missões espaciais (BOVEL-BENJAMIN, 2007).

A composição de nutrientes das raízes da batata-doce varia amplamente, dependendo da cultivar, condições edafoclimáticas, condições de crescimento (manejos), maturidade e armazenamento (FERNANDES *et al.*, 2016; TRUONG *et al.*, 2018). Para sua aceitação pelo mercado consumidor, duas características sensoriais são imprescindíveis: o grau de doçura, que é considerado satisfatório quando de médio a forte e o formato das raízes (GONÇALVES *et al.*, 2011). Em termos de teor de açúcar e grau de doçura, há diversidade genética substancial entre os genótipos presentes em todo o mundo (KAYS *et al.* 2005; LEKSRI SOM PONG *et al.* 2012).

A espécie tem elevada quantidade de vitamina A, tornando o seu consumo mais atrativo nutricionalmente. A batata-doce apresenta na sua composição minerais, fibras, carboidratos, antocianinas, carotenóides, vitaminas do complexo B, potássio, ferro, cálcio e compostos fenólicos que estão ligados ao controle das doenças crônicas e a proteção de células no organismo (SILVA, 2010; PESTANA, 2011). Seu uso tem se tornado uma alternativa para produção de alimentos, também por ser isenta de glúten. O que a torna uma alternativa para a elaboração de produtos de panificação, sendo opção para portadores da doença celíaca (SOBRAL *et al.*, 2015).

Tanto a produção de farinha de batata-doce como a sua utilização na panificação são tecnologias já estudadas e disponíveis (SAVELLI *et al.*, 1995). A batata-doce roxa é considerada alimento com nutrientes abundantes, suas raízes tuberosas contêm altos níveis de antocianinas. Mais de 19 tipos de antocianinas já foram descritos na batata-doce roxa. Antocianinas são compostos polifenólicos naturais solúveis em água, representando alternativa natural a utilização de produtos que possuem capacidade de redução da glicose no sangue (WANG *et al.*, 2017).

A antocianina natural possui potencial hipoglicêmico, a qual poderia ser usada como possível agente terapêutico para diabetes mellitus tipo dois. As principais ações das antocianinas são diminuir a resposta inflamatória, aumentar a secreção de insulina, regular positivamente a expressão dos genes da glicólise e reduzir os processos oxidativos (JIANG *et al.*, 2020). Um estudo em homens adultos saudáveis com hepatite limítrofe indicou que batata-doce de polpa roxa pode ter capacidade de proteção do fígado contra o estresse oxidativo (SUDA *et al.*, 2008).

### 3.4 USO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A batata-doce tem sido usada na alimentação animal, na substituição ou composição de dietas animais baseadas em concentrados à base de grãos (XIANGLIN, 2004). Cerca de 41% da produção total anual de batata-doce na China são destinadas à nutrição animal (suínos principalmente) (HUANG *et al.*, 2003).

Na alimentação animal, as raízes são utilizadas essencialmente como fonte de energia, uma vez que o teor de proteína é baixo. No entanto, as ramas também podem ser aproveitadas (VIANA, 2009; DAPENG; XIU-QING, 2004). Em países como a China e Vietnã as ramas, empregadas exclusivamente ou em associação às raízes, são largamente aplicadas na alimentação de suínos, seja na forma fresca, seja na forma conservada (MALUF, 2014).

No Brasil, já se demonstrou que as silagens de ramas de batata-doce, bem como de raízes são de qualidade bromatológica satisfatória para a nutrição animal (FIGUEIREDO *et al.*, 2012). Porém, a utilização de ramas de batata-doce na alimentação animal no Brasil é feita apenas em pequena escala. Presume-se que a maior parte das ramas é simplesmente descartada como resíduo inaproveitável (PEDROSA, 2012). A FAO preconiza a utilização de ramas de batata-doce na alimentação de suínos, coelhos e ruminantes. Seu emprego na alimentação animal pode proporcionar aumento da renda líquida do produtor, agregando valor através da pecuária baseada no aproveitamento de subproduto valioso que seria descartado (RAVINDRAN, 1995).

Silagens produzidas de fitomassa de batata-doce caracterizam-se como volumosos de boa qualidade, apresentando teores satisfatórios de proteína bruta (11,59%), FDN (31,98 a 39,68%), FDA (29,65 a 35,45%) e NDT (62,90 a 66,91%) (FIGUEIREDO *et al.*, 2012). Em estudo que determinou qualidade de forragem para alimentação animal, observaram teores de proteína bruta que não diferiram entre os genótipos, porém com diferença entre as épocas de colheitas; plantas colhidas mais novas apresentaram maiores conteúdos de proteína, de 120,0 a 145,0 g kg<sup>-1</sup> nos primeiros cortes realizados aos 150 e 160 dias após o transplante (VIEIRA, 2019). Quanto a produtividade de fitomassa existe grande variabilidade, com materiais produzindo entre 10 Mg ha<sup>-1</sup> (QUEIROGA *et al.*, 2007) e mais de 100 Mg ha<sup>-1</sup> (GONÇALVES *et al.*, 2011).

### 3.5 USO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL

O Brasil possui grande extensão territorial e heterogeneidade climática para o cultivo de diferentes culturas, as quais podem ser utilizadas como matérias-primas para obtenção de etanol. A produção se dá, por meio da conversão de açúcares e amido em etanol (PAVLAK *et al.*, 2011). A batata-doce é uma cultura com elevado potencial produtivo de biomassa e de carboidratos (MAINO *et al.*, 2019).

O amido é um polímero complexo, composto principalmente de amilose (polímero linear) e amilopectina (polímero ramificado). A fim de gerar etanol a partir do amido, é necessário o processo de hidrólise, o qual pode ser químico, enzimático ou combinado. As digestões enzimáticas são a liquefação, realizada com  $\alpha$ -amilase, e a sacarificação, por meio da glucoamilase (NIELSEN *et al.*, 2012). O polímero linear é fácil de ser rompido, mas a estrutura altamente ramificada de amilopectina é mais difícil de ser hidrolisada (RODRIGUES, 2012).

A amilose desempenha papel importante na conversão de amido em glicose, uma vez que é um polímero solúvel em água (AEHLE, 2007), reduzindo assim o custo de energia, que é o segundo maior custo para produção de etanol após custo da matéria-prima (BAI *et al.*, 2008), considerando que a maior quantidade de energia é consumida para converter amido em açúcares fermentáveis, particularmente no processo de liquefação.

O processo ácido (via química) é o mais simples, sendo uma das vantagens desse processo o pequeno tempo de sacarificação, porém o resíduo gerado contém o ácido utilizado, inviabilizando utilização. O processo mais utilizado é o enzimático (RODRIGUES, 2012). Na hidrólise por via enzimática é necessário a associação de dois tipos de enzimas específicas: a alfa-amilase, que diminui a viscosidade, e a glucoamilase, que transformam o amido liquefeito em açúcares de menor peso (RODRIGUES, 2012).

Nacionalmente, a produção do biocombustível a partir da batata-doce é pouco empregada. Contudo, tal cultura oferece grande potencial, sendo necessários estudos em relação aos diferentes clones e cultivares, a fim de selecionar os melhores genótipos para produção de etanol (GONÇALVES *et al.*, 2011).

Para obtenção do etanol são necessárias matérias-primas orgânicas que disponibilizem quantidades expressivas de carboidratos, principalmente amido ou açúcares, como sacarose, glicose, frutose e maltose. Assim, a batata-doce se assemelha ao milho, uma vez que os carboidratos presentes em sua composição estão na forma de amido, sendo necessária a hidrólise do amido em açúcares simples e fermentáveis (RISSO, 2014). Deste modo, a batata-doce é uma cultura alternativa ao milho e à cana-de-açúcar para produção de etanol, visto que

demanda baixo investimento, não é empregada em produtos de alto valor agregado e exige quantidade menor de fertilizantes e pesticidas se comparada ao milho (MAINO, 2019; RISSO, 2014).

Estudo para a produção de etanol que a batata-doce, em condição experimental no Alabama e Maryland (EUA), gerou 8.839 L ha<sup>1</sup>, contra 6.195 L ha<sup>1</sup> de cana-de-açúcar (ZISKA *et al.*, 2009). No Brasil, em estudo e avaliação da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol, de 1997 até 2007, utilizando 102 clones coletados na região Norte, selecionou dez cultivares promissoras para a produção de etanol. Estas apresentaram elevado teor de amido e produtividade, resistência aos nematóides das galhas e insetos de solo. Com ciclo de produção variando de 4 a 6 meses, essas cultivares representaram alternativa para a agricultura familiar, com capacidade de produção de álcool combustível de 6.402 L ha<sup>1</sup> a 10.542 L ha<sup>1</sup> (SILVEIRA, 2007).

Cultivares de batata-doce, obtidas por melhoramento genético, têm apresentado índices de produção etílica por hectare até duas vezes maior que os de cana-de-açúcar (SILVEIRA, 2007). Considerando as perdas inerentes ao plantio no campo, entre 10% a 20%, a estimativa é de que a produção real do álcool biocombustível a partir da batata-doce fique entre 130 a 140 L Mg, chegando a 150 L Mg ou mais em condições especiais, enquanto a média obtida com a cana-de-açúcar hoje é de 70 L Mg. Além do maior rendimento, o ciclo da produção de batata-doce (6 meses) é mais curto do que o da cana (12 meses) (MALUF, 2014).

Mesmo entre as variedades já selecionadas para satisfazer o mercado de consumo *in natura*, há perdas consideráveis pela falta de conformidade com especificações pré-estabelecidas, tamanho, podridões, lesão mecânica, brotamento, má formação ou dano por pragas. Nestes casos, a batata-doce pode ser destinada para indústrias de biocombustíveis, com vantagens econômicas para o produtor (PARMAR *et al.*, 2017; BERNARDI *et al.*, 2021). O álcool obtido de batata-doce pode ter sua utilização destinada também na indústria farmacêutica e de bebidas, nas quais Brasil é importador de matéria-prima (CASTRO *et al.*, 2012).

### 3.6 AMIDO DA BATATA-DOCE

O amido é considerado o principal componente da raiz tuberosa da batata-doce, seguido dos açúcares mais simples, sacarose, glicose, frutose, maltose (GUO, 2019). Pode ser considerado a principal substância de reserva nas plantas superiores, fornecendo de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Os depósitos permanentes de amido nas plantas ocorrem, principalmente, nos órgãos de reserva, como é o caso de grãos de cereais (arroz, milho e trigo),

tubérculos e raízes (batata, mandioca, batata-doce) (BAYER; LAMED, 1992; CEREDA *et al.*, 2002). Convém salientar que o amido tem características físicas, químicas e qualidade nutricional superiores, quando comparado com outros carboidratos (BEMILLER, 2018).

As cultivares de batata-doce exibem variedade de propriedades nutritivas, físicas e sensoriais; como variação no teor de amido e amido mais extraível (MADHUSUDHAN *et al.*, 1996). A maximização da produção requer variedades com alto teor de matéria seca e de amido; essas características genéticas podem ser melhoradas (BOVELL-BENJAMIN, 2007).

Suas estruturas de agregação (por exemplo, estrutura granular, estrutura cristalina, estrutura ordenada de curto alcance e estrutura de dupla hélice) estão intimamente associadas às propriedades funcionais do amido e dos alimentos à base de amido (WANG *et al.*, 2020; VANDEPUTTE; DELCOUR, 2003). Na indústria de alimentos, é utilizado para conferir aos alimentos processados, espessamento, ligação e enchimento. Os principais usuários em indústrias não alimentícias incluem as indústrias têxteis, de papel, de madeira compensada, de adesivos e de produtos farmacêuticos (BOVELL-BENJAMIN, 2007). Também pode ser utilizado na confecção de embalagens e filmes biodegradáveis devido à sua baixa toxicidade (MCHUGH; KROCHTA, 1994).

O amido é um biopolímero de ocorrência natural em tecidos vegetais na forma de grânulos discretos cujo tamanho, formato e forma são únicos conforme espécie botânica (SILVA, 2010). Nas células vegetais, os grânulos são formados dentro de estruturas especiais denominadas amiloplastos, envolvidos por matriz proteica, o estroma (SILVA, 2010).

Estruturalmente, o amido é um polissacarídeo composto de cadeias de amilose e amilopectina, (LIPORACCI; MALI; GROSSMANN, 2005). A amilose consiste em unidades de glicose conectadas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 formando uma cadeia linear (DAMODARAN, 2019). A amilopectina consiste em unidades de glicose conectadas por  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6, formando uma estrutura ramificada. As proporções em que essas estruturas aparecem diferem dependendo das fontes botânicas, variedades na mesma espécie e até mesmo na mesma variedade botânica de acordo com o grau de maturidade da planta (TESTER; KARKALAS, 2004; DAMODARAN, 2019).

O teor médio de amido, base úmida em raízes de batata doce é de 20%, e pode variar entre 9,8 e 27,5% ou entre 40,0 e 83,1% em base seca (SUAREZ *et al.*, 2016). Cultivares de batata-doce, selecionadas para produção de biocombustíveis, apresentaram alta concentração de amido, chegando a 30%. No mesmo estudo, chegou-se a produtividades de raízes tuberosas, de até 65 Mg ha<sup>-1</sup> (SILVA, 2019).



### 3.7 PROTEÍNA DA BATATA-DOCE

As raízes de batata-doce apresentam elevada concentração de energia (NDT) e são utilizadas na alimentação de bovinos, suínos e outros animais domesticados. As ramas, pelo conteúdo relativo de proteína bruta e digestibilidade, podem ser usadas, principalmente, na alimentação de gado leiteiro, tanto na forma fresca ou conservada (MONTEIRO, 2007), atuando inclusive como estimulante da produção láctea (VIANA, 2009).

Em alguns países, tanto as raízes como a parte aérea da cultura são utilizadas na alimentação animal. Na China, no Vietnã e Camboja, as ramas da cultura são utilizadas juntamente com raízes sem padrão de comercialização. As ramas são fornecidas aos animais in natura; não exigindo do produtor mão de obra e tempo para processamento (FUGLIE, 2003).

Produtividades superiores a 40 Mg ha<sup>-1</sup> de massa verde de ramas já foram relatados em experimentos com avaliação de clones, com teor médio de matéria seca de 197,7 g kg<sup>-1</sup> e teor médio de proteína bruta de 99,4 g kg<sup>-1</sup> (VIANA, 2009). Considerando esses valores, um hectare da cultura contém nas ramas, em média, 786 kg de proteína bruta. A produtividade de ramas e teores de matéria seca e proteína variam entre os genótipos. No Brasil, esse material não é aproveitado dessa forma, assim, incorre em perda de proteína oriunda de uma fonte de baixo custo (MASSAROTO *et al.*, 2013).

### 3.8 CURVA DE CRESCIMENTO

A produtividade final e o crescimento de uma planta são determinados por diversas interações com o ambiente, e a análise quantitativa do crescimento permite melhor compreensão deste processo (LOPES *et al.*, 2011). A análise de crescimento descreve as condições fisiológicas da planta ao longo do seu ciclo, procurando acompanhar o comportamento da produção fotossintética pela avaliação sequencial do acúmulo de matéria seca e área foliar, por exemplo, em função do tempo (BARBERO *et al.*, 2013; CONCEIÇÃO; LOPES; FORTES, 2004).

A análise de crescimento permite entender a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar, através das folhas (fonte), e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos), como estruturas reprodutivas que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados (LARCHER, 2004; LOPES *et al.*, 2011; STRASSBURGER *et al.*, 2011). A partir do estudo de variáveis de crescimento é possível conhecer o comportamento vegetal sob diferentes condições (AUMONDE *et al.*, 2011).

Estes parâmetros podem ser utilizados na identificação de diferenças no crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como da adaptabilidade de genótipos ao meio. Essas diferenças podem ser de ordem genética, ambiental ou da interação (PEIXOTO *et al.*, 2011). Dessa forma, a percepção de padrões, assim como a variação destes nas diferentes cultivares é fundamental para a tomada de decisões quanto a cultivar a ser utilizada em determinado ambiente, bem como os métodos de manejo da cultura que, unidos, implicam diretamente no aproveitamento produtivo da cultura (FERNANDES *et al.*, 2010; PEIXOTO *et al.*, 2011).

Aproveitamento este que pode facilitar a escolha da melhor época de colheita, já que por sua vez ela depende da cultivar, das condições ambientais, da demanda e preço do mercado; variando de acordo com a destinação do produto. A determinação da época de colheita tem grande influência na produção vegetativa, na qualidade, produtividade de raízes e produção de fitomassa, sendo que seu manejo permite adequar oferta à demanda (SMIT; MANTENGO, 1995).

Durante o desenvolvimento anual da planta de batata-doce são identificadas três fases fisiológicas: a primeira em que predomina o desenvolvimento da parte aérea, embora aí sejam formadas as raízes absorventes e as aptas à tuberização, a segunda em que ocorre os crescimentos radical (tuberização) e vegetativo e a terceira em que prevalece a tuberização (QUEIROGA *et al.*, 2007).

A análise de crescimento tem se estabelecida como técnica padrão para o estudo do crescimento e produtividade da planta (CHANDA *et al.*, 1987). Para análise de regressão, entre os vários modelos propostos, o modelo exponencial polinomial tem sido o mais popular, porque as propriedades matemáticas e estatísticas simples do modelo permitem ajuste exatos e relativamente simples de regressão. Esse modelo tem grande potencial em uma abordagem puramente empírica para o estudo do crescimento de plantas, no caso do objetivo ser avaliar e comparar influências genéticas ou ambientais (CHANDA *et al.*, 1987).

A curva de crescimento é utilizada para a avaliação das diferenças no comportamento de cultivares influenciadas por práticas agronômicas, efeitos de competição ou climáticos, crescimento final da planta, contribuição dos diferentes órgãos no processo e por fatores intrínsecos associados à fisiologia da planta. Neste método são coletados dados em intervalos de tempos e são realizados diferentes cálculos permitindo realizar estimativa do crescimento da planta (GOMES *et al.*, 2018). Sendo útil no estudo da dinâmica de comportamento vegetal sob diferentes condições de solo e de clima (FELTRIM *et al.*, 2008).

É plausível mencionar algumas das pesquisas que realizaram este mesmo procedimento para a análise de crescimento em outras culturas para escutar os seus respectivos

desenvolvimentos fisiológicos, como no *Eucalyptus sp.*, sorgo irrigado, milho e feijão (AMARO *et al.* 2017; CARVALHO *et al.*, 2021; GOMES *et al.*, 2018; PEDÓ *et al.*, 2018).

### 3. 9 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

O aumento na produção de massa seca refere-se ao incremento da área de folhas disponíveis à captação de energia radiante, bem como, ao aumento na absorção de água e minerais. Por outro lado, a redução das taxas de produção de massa seca relaciona-se à elevação do auto sombreamento e, posteriormente, à quantidade de tecidos não fotossintetizantes (PEDÓ *et al.*, 2015).

Além disso, o incremento e a redução da produção de massa seca mantêm relação com a disponibilidade de temperatura e radiação solar disponíveis, pois estas estão diretamente relacionadas com a fotossíntese (LOPES; PEDÓ *et al.*, 2018; STRASSBURGER *et al.*, 2011). A interceptação da radiação é importante fator que determina a produção de massa seca e a produtividade das plantas (STRASSBURGER *et al.*, 2011).

As folhas são estruturas importantes para alocação de fotoassimilados; durante o período de enchimento das raízes tuberosas ocorre à migração desses fotoassimilados para as raízes tuberosas. Entretanto, o acúmulo de massa seca na parte aérea das plantas de batata-doce pode vir a variar de acordo com o clima, solo, genótipo, entre outros aspectos (RIBEIRO, 2020). Ocorre maior acúmulo de massa seca na folha (rama e pecíolo) por unidade de área antes da formação das raízes tuberosas da batata-doce (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004).

A parte aérea apresenta o maior acúmulo de fotossintatos e nutrientes no início do crescimento, entre 15 e 75 DAT. A partir deste ponto, as raízes passam a ser o local com maior potencial de acúmulo (FERREIRA *et al.*, 2019). Quando a tuberização é prioritária, as raízes constituem o dreno mais importante, impedindo a formação de novas folhas e mesmo a manutenção das folhas mais velhas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

Em condições de campo, área experimental da Embrapa Clima Temperado, a batata-doce apresentou acúmulos de massa seca na parte aérea de 4.437 e 6.909 kg ha<sup>-1</sup>, atingidos aos 116 DAT, para as cultivares Abóbora e Da costa, respectivamente. O material vegetal foi coletado em intervalos regulares de 30 dias após o transplante (DAT), durante seis meses (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004). Em lavoura comercial, foi realizado experimento entre os meses de agosto e dezembro, em Presidente Prudente-SP. A produção de massa seca da parte aérea de batata-doce, cultivar Canadense, por ocasião da colheita foi de 8.395 kg ha<sup>-1</sup>, em solo

classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo arenoso. A adubação de plantio foi de 250 kg ha<sup>-1</sup> (NPK 04-30-10) (TABELA 1) (ECHER *et al.*, 2009).

Em experimento realizado no Setor de Hortaliças da Universidade Federal Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, MG, com clima Cwb, variedade oceânica, subtropical de terras altas (classificação de Koeppen) e com histórico de uso com culturas hortícolas. Utilizou-se o clone de batata-doce Espanhola, do banco de germoplasma da UFVJM. O solo foi preparado com gradagem simples seguida de amontoa manual, sem correção de pH e com adubação nitrogenada de 60 kg ha<sup>-1</sup>, divididas em duas aplicações, a primeira no plantio e, a segunda, 30 dias após; e mais 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido, encontraram acúmulo de 13.600 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca da parte aérea aos 118 DAT (TABELA 1) (FERREIRA *et al.*, 2019).

TABELA 1: Massa seca (MS) da parte aérea de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine Max L.*) com seus respectivos autores

Material	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Autor
Batata-doce ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.)	8.395	Echeret <i>et al.</i> (2009)
	13.589	Ferreira <i>et al.</i> (2019)
Cana-de-açúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )	12.000	Oliveira <i>et al.</i> (2010)
	57.500	Schultz <i>et al.</i> (2017)
Milho ( <i>Zea mays</i> )	17.960	Neumann <i>et al.</i> (2020)
	25.627	Rossi <i>et al.</i> (2016)
Soja ( <i>Glycine Max L.</i> )	9.775	Bender; Haegele; Below
	10.363	(2015) Gaspar <i>et al.</i> (2017)

Fonte: A autora.

Na cultura da cana-de-açúcar, foram observados 12.000 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca da parte aérea em experimento realizado na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC), Unidade de Pesquisa da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Carpina, Zona da Mata Norte do Estado. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico abruptico, utilizando-se onze variedades de cana-de-açúcar. Na adubação de plantio aplicaram-se, na base, 30 kg ha<sup>-1</sup> de N; 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Ainda na cultura da cana-de-açúcar, foi encontrado 57.500 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca na variedade RB867515 (Schultz *et al.*, 2017).

Índices baixos de matéria seca é característica indesejada tanto no consumo humano, quanto para processamento industrial. Na maioria dos países onde a batata-doce é consumida como alimento básico, o alto teor de matéria seca nas raízes tuberosas é uma característica importante, pois está frequentemente associada a uma boa qualidade do alimento e maior período de armazenamento (LEBOT, 2009).

O aumento da massa seca total da planta tem relação direta com as raízes tuberosas, uma vez que estas representam boa parte do total de massa seca. Após o aparecimento e o crescimento das raízes tuberosas, devido à alta capacidade de mobilização de assimilados e nutrientes, as mesmas se tornam drenos metabólicos preferenciais, provocando a redução no acúmulo de massa seca da parte aérea (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004).

O crescimento da massa seca de raízes tuberosas é reflexo da translocação e da acumulação de nutrientes, mas após um período há a diminuição na massa seca das raízes tuberosas. Esse fato se explica pelo ciclo perene da cultura, pois a planta redireciona os fotoassimilados para crescimento vegetativo. Após as plantas atingirem o pico de acumulado de massa seca há diminuição progressiva desta característica, uma vez que a taxa de senescência foliar suplanta a taxa de emissão de novas folhas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004).

O aumento da área foliar, por sua vez, provoca auto-sombreamento. Em função disso, as folhas produzidas tendem a maiores áreas (efeito secundário) e menores espessuras (LARCHER, 2004), ou seja, maior área foliar específica (CÂMARA *et al.*, 2017). Estudando duas cultivares, Abóbora e Da Costa, observou-se área foliar crescente até os 105 DAT, com valores máximos de 4 e 5 m<sup>2</sup> respectivamente (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

Para a cana-de-açúcar a área foliar máxima foi 51 m<sup>2</sup>, aos 166,68 dias. A cana cultivada em regime irrigado atingiu o ponto de máxima área foliar de 53 m<sup>2</sup> aos 152,63 dias (FARIAS *et al.*, 2008). Na batata-doce a diminuição da área foliar, pode estar associada à fotoassimilados e distribuição de nutrientes na planta. O surgimento de raízes tuberosas como fortes drenos metabólicos e com grande potencial de mobilização de assimilados acelera a senescência foliar e, conseqüentemente, reduz área foliar. A área foliar tem papel fundamental na determinação da quantidade de luz que a planta intercepta, na fixação de carbono, na perda de água e até na produtividade do ecossistema (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005; FERREIRA *et al.*, 2019).

O índice de área foliar (IAF) é a relação entre a área foliar e a área do solo sombreada pelas folhas. Assim à medida que a área foliar cresce o IAF também cresce, até que o auto-sombreamento passa a ser prejudicial diminuindo a eficiência fotossintética. A queda no IAF indica senescência e abscisão foliar (LOPES *et al.*, 2011).

O IAF é computado em diferentes estádios de crescimento e é muito variável entre plantas e entre épocas de amostragens. Ele avalia a capacidade ou a velocidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo ou de outro substrato disponível àquele vegetal (PEIXOTO *et al.*, 2011).

O conhecimento do IAF também pode ser útil na avaliação de práticas culturais como densidade de plantio, adubação, irrigação, poda e aplicação de defensivos (FAVARIN *et al.*, 2002; TAVARES *et al.*, 2002). Na cana-de-açúcar, foram relatados IAF de 4,92 para cultura irrigada e 4,11 para a cultura sob déficit hídrico (ROBERTSON *et al.*, 1999). Foi observado 7,08 como o IAF máximo da cultura aos 288 dias (VARELA, 2002), já aos 180 dias após a brotação, foi calculado índice de 4,00, com cultura irrigada (FARIAS, 2007). Ainda na cana-de-açúcar, observou-se índice máximo de área foliar de 6,82, aos 152 DAP em condições de irrigação; para a condição de sequeiro o IAF máximo foi de 6,80 aos 157 dias (FARIAS *et al.*, 2008).

No milho, relatou-se IAF de 2,10 em trabalho realizado em condições de campo, na Embrapa Agropecuária Oeste, segunda safra, região de Dourados/MS (REZENDE *et al.*, 2017). Ainda na cultura do milho observou-se IAF de 2,20 (SILVA *et al.*, 2020). Já em plantas de soja, quantificou-se o IAF de 1,96 ao final do enchimento de grãos (FIALLOS; RAFAEL; ALBERTO, 2011). Em estudo de arranjos espaciais, a cultura da soja apresentou IAF médio de 1,80 (HEIFFIG *et al.*, 2006).

Devido ao maior investimento em folhas, estas constituem-se em drenos metabólicos preferenciais no início da ontogenia. Este processo visa aumentar da área útil à fotossíntese e produção de assimilados destinados ao crescimento e ao desenvolvimento vegetal (PEDÓ *et al.*, 2014).

A alta taxa de crescimento no início do ciclo se deve à maior parte da área foliar da planta ser constituída por folhas jovens de elevada capacidade fotossintética (AUMONDE *et al.*, 2011). Logo, com a idade da planta há o aumento gradativo de tecidos não fotossintetizantes e o decréscimo de área foliar causados pela elevação da atividade respiratória, pelo auto-sombreamento e variações nas condições climáticas (BENINCASA, 1988).

Por sua vez, promovendo a senescência foliar, as folhas enviam o máximo de assimilados para as estruturas reprodutivas que atuam como drenos metabólicos preferenciais (AUMONDE *et al.*, 2011). Causado pela mudança no padrão de dreno das folhas para as raízes e pelo início da tuberização. O crescimento do IAF da batata-doce ocorre até os 60/80 DAP apenas (CÂMARA *et al.*, 2017).

Como as folhas serão gradualmente auto-sombreadas, isto aumenta o índice de área foliar (IAF), passando a uma fase de crescimento mais linear, acarretando em um maior incremento na taxa de matéria seca (MS). Depois que atinge o tamanho final a planta diminui seu IAF, pois entra para a fase de senescência. Com a menor interceptação da energia luminosa há o decréscimo no acúmulo de matéria seca, e conseqüente degeneração do sistema fotossintético. Este IAF varia com a população de plantas, distribuição de plantas e variedades (PEIXOTO *et al.*, 2011).

A RAF é a razão entre área foliar (área responsável pela interceptação de energia luminosa e CO<sub>2</sub>) e massa seca total (resultado da fotossíntese). A medida que a planta cresce a RAF diminui já que com o crescimento ocorre o aumento natural da interferência de folhas superiores sobre as folhas inferiores da própria planta. Ela pode ser subdividida em dois componentes: área foliar específica (AFE) e razão de peso de folha (RPF) (BENINCASA, 1988).

A razão de área foliar é um componente morfológico do crescimento que representa a superfície assimilatória por unidade de massa seca, os valores de RAF normalmente decrescem com a ontogenia das plantas. Isto indica que os fotoassimilados, inicialmente, são mais usados para a formação do aparelho fotossintético das plantas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005). A RAF pode decrescer em função do aumento no auto-sombreamento, havendo diminuição da área foliar útil. Essa queda na RAF é ontogênica e significa que progressivamente a quantidade de assimilados destinados às folhas é diminuta (CASTRO, 2003).

A análise da RAF permite detectar a translocação e partição de assimilados para as folhas em relação à massa seca total da planta. O seu decréscimo indica que progressivamente a quantidade de assimilados destinados às folhas diminui, em função do desenvolvimento das estruturas de sustentação e reprodutivas (LOPES *et al.*, 2011). No cultivo do pimentão, verificou-se que a RAF decresce em função da idade da planta (FONTES *et al.*, 2005 e SILVA *et al.*, 2010).

Os elevados valores de razão de área foliar (RAF) na fase inicial do ciclo da batata-doce indicam utilização dos fotoassimilados produzidos para a formação do aparelho fotossintético. Na batata-doce os maiores valores de RAF ocorrem na fase inicial do ciclo, mas posteriormente a RAF diminuiu com o avançar do ciclo de desenvolvimento. Essa tendência de redução acentuada na RAF à medida que as plantas envelhecem é resultado, em parte, do aumento gradual de tecidos não assimilatórios (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

A menor razão de peso foliar em plantas de ambientes mais iluminados indica que a biomassa foi distribuída mais para raízes que para órgãos fotossintetizantes, permitindo maior

absorção de água e nutrientes, estratégia esta que garante melhor adaptação as maiores taxas de fotossíntese e transpiração que ocorrem em alguns ambientes. Nesses casos, a menor razão de área foliar seria benéfica uma vez que menos material vegetal é exposto a eventuais danos por excesso de luz. Com relação à folhas mais grossas, isto seria benéfico porque menos material vegetal por unidade de área seria diretamente exposto à luz, reduzindo a perda de água e aumentando o auto-sombreamento entre cloroplastos. (NAKAZONO *et al.*, 2001).

A AFE está ligada diretamente a espessura da folha, ou seja, quanto mais espessa maior será a AFE, enquanto que RPF demonstra diretamente a área foliar que está com o aparato fotossintético ativo (COSTA *et al.*, 2018). A RPF informa a eficiência produtiva do tratamento na produção de massa seca foliar em relação à massa da planta toda. É um componente anatômico, pois está relacionado a composição interna (número ou tamanho das células do mesófilo foliar). A AFE relaciona um componente anatômico, a superfície da folha, com um componente morfológico, a massa seca da folha (BENINCASA, 1988).

O aumento da AFE geralmente implica na redução da espessura da folha (GOBBI *et al.*, 2011). A AFE é um índice que permite avaliar se as plantas estão acumulando fotoassimilados em suas folhas ou translocando para outros drenos (TAVARES *et al.*, 2018). O declínio nos valores de área foliar específica com a idade da planta é resultado da redução ou paralisação da expansão de área foliar, aliados ao incremento de matéria seca das folhas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005). A variação do tamanho da folha entre cultivares de batata-doce não promovem o sombreamento das folhas da camada inferior, pelo menos não em proporção suficiente para alterar significativamente a espessura das mesmas (QUEIROGA *et al.*, 2007).

O índice de colheita (IC) se refere à capacidade da planta em converter derivados do processo fotossintético em produtos economicamente comercializados. Índice de colheita é um quociente frequentemente usado para medir a eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica (PEIXOTO *et al.*, 2011). Em relação a uma cultura em fim de ciclo, o IC define-se como a razão entre a massa da matéria seca da fração econômica produzida (grão, raiz, fruto) e a fitomassa seca total colhida. A eficiência de conversão de produtos sintetizados (matéria seca total ou produtividade biológica) em material de importância econômica (produto comercializado ou produtividade econômica) é determinada pelo genótipo e pelo ambiente. O ideal é obter variedades com alto IC em alta densidade populacional (PEIXOTO *et al.*, 2011).

O Índice de Colheita (IC) de uma cultura é influenciado por alguns elementos como a densidade de semeadura, a disponibilidade de água, de nutrientes e a temperatura. Quanto maior o IC, maior é o direcionamento, o aproveitamento e a eficiência na conversão de



fotoassimilados. Baixos índices podem indicar uma má adaptação ao ambiente (DUARTE; MELO FILHO; SANTOS, 2013). É um parâmetro que pode variar bastante e é muito importante para seleção de variedades, sendo àquelas com alto índice de colheita as mais desejadas (PEIXOTO *et al.*, 2011). Variedades de índices maiores podem ser selecionadas para inclusão em programas de melhoramento (NWANKWO *et al.*, 2018).

Para a batata-doce, analisando três cultivares (ESAM 1, ESAM 2 e ESAM 3) em Mossoró-RN, com clima em BSwh (classificação de Köppen) seco e muito quente, com duas estações climáticas definidas: uma seca (junho a janeiro) e uma chuvosa (fevereiro a maio), adubados com 20 Mg ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, observou-se maior índice de colheita aos 155 DAP (0,6 g g<sup>-1</sup>), maior que aos 105 e 130 DAP, demonstrando que nessa época o dreno metabólico preferencial foram as raízes tuberosas (QUEIROGA *et al.*, 2007).

Os clones de batata-doce, IPB-052, IPB-075 e IPB-149 foram estudados testando cinco doses de N (0, 30, 60, 120 e 240 kg/ha), empregando-se, como fonte de N a ureia, município de São Cristóvão-SE. Região com clima, do tipo As' (classificação de Köppen), tropical chuvoso com verão seco e com chuvas concentradas nos meses de abril a setembro. A adubação de plantio foi feita com 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando 178 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo e 155 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio. Foram relatados aos 140 dias após o plantio de ramas, as quais continham em média oito entrenós, índices de colheita de 0,8 g g<sup>-1</sup>; 0,5 g g<sup>-1</sup> e 0,6 g g<sup>-1</sup>, respectivamente (SANTOS *et al.*, 2017). Avaliando oito cultivares de batata doce em Mossoró-RN, adubadas com 15 Mg ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, obtiveram aos 120 DAP, valores de índice de colheita que variou de 0,18 a 0,49 g g<sup>-1</sup> (MOREIRA *et al.*, 2011).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi conduzido na Fazenda Escola Capão da Onça, da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Esta possui localização aproximada, latitude  $-25.22^\circ$  e longitude  $-50.02^\circ$  e altitude de 880 m. O clima é Cfb, Temperado úmido, (classificação de Köppen). A precipitação anual é de 1600 mm e temperatura média anual de  $18^\circ\text{C}$  (NITSCHKE *et al.*, 2019). A irradiação global horizontal é de  $4,49 \text{ Whm}^{-2} \text{ ano}^{-1}$  (ATLAS SOLAR PARANÁ, 2020).

O solo do experimento é classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico. O solo é de textura franco argilo arenosa (textura média) (EMBRAPA, 1997) (TABELA 2). Na implantação da batata-doce não foi realizada correção de acidez e de fertilidade do solo. As características químicas e físicas do solo foram determinadas por análises de rotina nos laboratórios de Fertilidade do Solo e Matéria Orgânica do Solo, da UEPG (TABELA 2).

TABELA 2 - Resultados das análises química e física do solo. Ponta Grossa, UEPG, 2022

ANÁLISE QUÍMICA												
Prof.	pH CaCl	C-org g dm <sup>-3</sup>	Al	Ca	Mg	K	H+Al	CTC (pH = 7,0)	CTC efetiva	V %	P <sub>Mehlich</sub> mg dm <sup>-3</sup>	
			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----									
0 - 20 cm	4,91	24	0,31	4,95	1,26	0,58	7,48	14,27	7,1	47,58	21,1	

ANÁLISE FÍSICA		
Areia	Silte	Argila
-----g kg <sup>-1</sup> -----		
466	101	431

Fonte: A autora.

Quanto ao grau de acidez, a análise demonstrou que o pH é baixo, mas, não está fora da faixa indicada (4,5 até 7,5) (FILGUEIRA, 2013). O valor de H+Al foi maior que a média ( $7,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) da acidez potencial dos solos paranaenses (PAULETTI; MOTTA, 2017). A saturação por base é inferior ao ideal que seria de 60% (AGUIAR *et al.*, 2014). O Al é menor que o valor limitante ( $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). O teor de fósforo, Mehlich, em função do teor de argila é considerado adequado ( $> 8 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (PAULETTI; MOTTA, 2017).

A área apresentou como histórico de uso o cultivo de hortaliças; por um ano esteve em pousio e com a presença predominantemente de plantas espontâneas. Anteriormente à instalação do experimento foi usada a grade aradora e enxada rotativa para a delimitação de

seis canteiros. Cada canteiro media 64 m<sup>2</sup> (1,60 m x 40 m), sendo 384 m<sup>2</sup> o total da área experimental. Logo após utilização da enxada rotativa foi semeado aveia e ervilhaca. Antes do transplântio das mudas de batata-doce a adubação verde foi manejada (FOTOGRAFIA 1).

FOTOGRAFIA 1 – Trator acoplado com rolo para manejo da adubação verde de inverno



Fonte: A autora

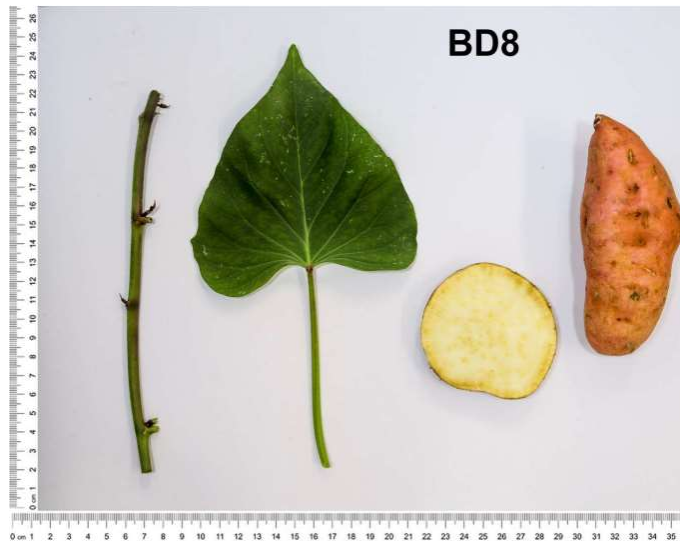
#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS ACESSOS

Foram utilizados dois acessos de batata-doce, denominadas BD-8 e BD-26 (FOTOGRAFIAS 2 e 3), sendo estas pertencentes ao banco de germoplasma mantido pelo Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Estadual de Ponta Grossa (Lama/UEPG). Este banco conta, atualmente, com 27 genótipos não identificados de batata-doce que foram coletados junto a camponeses das Mesorregiões Sudeste e Centro-oriental do Paraná. Os referidos genótipos têm se mostrado produtivos quantitativamente (raízes e parte aérea) bem como qualitativamente (análise sensorial, conteúdo de amido nas raízes tuberosas, conteúdo de proteína na parte aérea, presença de antocianina, entre outras). Os genótipos foram caracterizados conforme descritores morfológicos sugeridos por Huamán (1991) (ANEXO 1).

A variedade BD8 (FOTOGRAFIA 2) apresenta ramas principais extremamente dispersas, com comprimento e diâmetro do entrenó curto e intermediário, respectivamente. A pigmentação por antocianinas que foi observada nos caules foi a de coloração verde com grau pubescência do ápice denso. As folhas apresentaram formato cordado (forma de coração) e sem a presença lóbulos (folha inteira). As folhas maduras apresentavam tamanho mediano; e coloração verde, já as folhas imaturas apresentam coloração verde com borda roxa. Os pecíolos têm um comprimento intermediário e coloração verde e perto da folha roxo. A forma da raiz é

larga elíptica, com fissuras longitudinais superficiais; cor da periderme rosada e intensidade pálida; cor predominante da polpa creme e córtex muito fino (HUAMÁN, 1991).

FOTOGRAFIA 2 – Raiz, folha e pecíolo para a caracterização do acesso BD-8



Fonte: Banco de dados do Lama/UEPG

O acesso BD26 (FOTOGRAFIA 3) apresenta ramos extremamente dispersas com comprimento e diâmetro dos entrenós intermediários. A cor predominante dos caules é verde com muitas manchas roxas e sua cor secundária no ápice é roxa. A pubescência dos caules é moderada. As folhas têm o formato triangular e três lóbulos muito superficiais; com a forma do lóbulo central triangular. O tamanho da folha madura é mediano, com a cor das nervuras e cor da folha verde. A cor da folha imatura é verde. O comprimento do pecíolo é intermediário, e sua coloração verde. A forma da raiz é larga, irregular e curvada. Sua cor predominante é o roxo escuro, intensidade escura e sem cor secundária. A cor predominante da polpa é fortemente pigmentada com antocianinas sem cor secundária e córtex intermediário (HUAMÁN, 1991).

FOTOGRAFIA 3 - Raiz, folha e pecíolo para a caracterização do acesso BD-26



Fonte: Banco de dados do Lama/UEPG.

#### 4.3 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

As mudas de batata-doce foram produzidas em casa de vegetação. Foram transplantadas no dia 19 de outubro de 2020. O espaçamento utilizado foi 0,8 m entrelinhas e de 0,4 metros entre plantas. As mudas foram dispostas em três unidades experimentais para cada acesso com 147 plantas em cada canteiro, sendo 49 em linha central de interesse e 98 em duas linhas laterais ou bordadura. Foram utilizadas 441 mudas do acesso BD-26 e 441 mudas do acesso BD-8, totalizando 882 mudas (FOTOGRAFIA 4). Durante o experimento foram realizadas capinas manuais para o controle de plantas espontâneas, consideração como período crítico de interferência até 75 dias após transplântio (DAT) (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008).

Foram realizadas visitas semanais visando o monitoramento de pragas e doenças que pudessem causar dano econômico. Foi realizada suplementação hídrica localizada após o transplântio. Neste período é necessário realizar pelo menos duas irrigações (SILVEIRA, 2007). Não foi necessário o controle de pragas e doenças durante o período do experimento.

FOTOGRAFIA 4 – Mudas dos genótipos BD-8 e BD-26



Fonte: A autora

O experimento consistiu na elaboração da curva de crescimento das cultivares citadas. Para esta foram realizadas oito épocas de colheitas, com intervalo variando de 15 a 20 dias. Sendo assim foi realizada colheita de plantas aos 56, 81, 100, 115, 135, 154, 175 e 220 dias após o transplantio (DAT). Nas datas 14/12/20, 06/01/21, 25/01/21, 12/02/21, 03/03/21, 22/03/21, 12/04/21 e 17/05/21, respectivamente.

Em cada época, foram colhidas de quatro a seis plantas das linhas centrais das unidades experimentais. Na primeira coleta foram colhidas quatro plantas de cada cultivar; na segunda coleta foram colhidas quatro plantas; na terceira coleta foram colhidas cinco plantas; na quarta coleta foram colhidas seis plantas; na quinta coleta foram colhidas seis plantas; na sexta coleta foram colhidas quatro; na sétima coleta foram colhidas seis plantas e na oitava coleta foram colhidas três plantas de cada cultivar. Foi determinada massa verde, massa seca e calculada matéria seca de folha, caule, pecíolo e raiz e área foliar.

A massa seca foi obtida após a secagem da massa verde em estufa de circulação forçada de ar, de 40 a 60 °C, até atingida massa constante. A área foliar total das plantas foi calculada. Foi realizada a amostragem aleatória de folhas, destas foram determinadas a massa fresca e área foliar. Para determinação da área foliar as folhas foram digitalizadas utilizando impressora/digitalizadora HP DeskJet<sup>®</sup> 2600 series (resolução de 300 dpi). A área foi definida por meio do software ImageJ (SCHNEIDER *et al.*, 2012). Em seguida, as folhas foram submetidas à estufa de circulação forçada de ar, de 40 a 60 °C, até atingir massa constante. De

posse da massa seca e área foliar de algumas folhas, calculou-se, através da massa seca total da planta amostrada, a área foliar total da planta.

Com os valores determinados foram calculados, para cada um dos genótipos; acúmulo de massa seca (AMS) de folhas (AMSF), de parte aérea (AMSPA), de raízes (AMSR), e planta (AMSP); índice de colheita de folhas (ICF), de parte aérea (ICPA) e de raízes (ICR); índice de área foliar (IAF); área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) (PEIXOTO *et al.*, 2011; FERREIRA *et al.*, 2019).

O acúmulo de massa seca (MS) foi estimado por planta em seu espaçamento,  $0,32\text{m}^2$  ( $0,8\text{m} \times 0,4\text{m}$ ).

O índice de colheita (IC) foi estimado a partir da equação 1 (PEIXOTO *et al.*, 2011):

$$\text{IC} = \text{MSi}/\text{MST} \quad (1)$$

Onde: IC é o índice de colheita, MSi é a massa seca da fração produzida e MST é a matéria seca total.

O índice de área foliar (IAF) foi estimado a partir da equação 2 (LOPES *et al.*, 2011):

$$\text{IAF} = \text{AF}/\text{S} \quad (2)$$

Onde: IAF é a taxa de crescimento relativo de área foliar, AF a área foliar e S, o espaço disponível para a planta, neste caso considerou-se como espaço disponível de  $0,32 \text{ m}^2$ .

A área foliar específica (AFE) foi estimada a partir da equação 3 (LOPES *et al.*, 2011):

$$\text{AFE} = \text{AF}/\text{MSF} \quad (3)$$

Onde: AFE é a área foliar específica, AF é a área foliar, MSF é a massa seca das folhas.

A razão de peso foliar (RAF) foi estimada a partir da equação 4 (LOPES *et al.*, 2011):

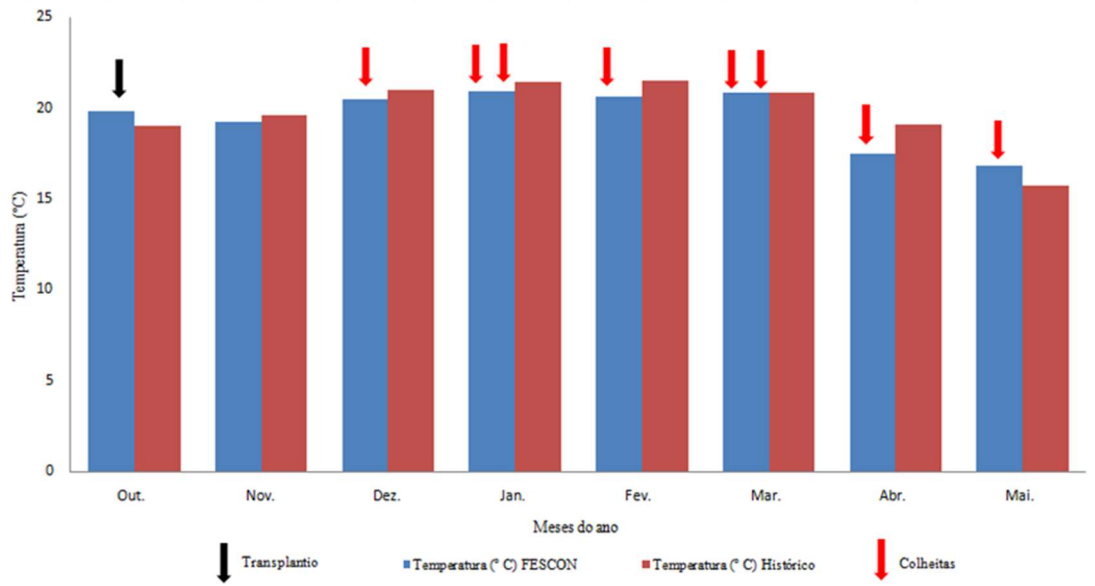
$$\text{RAF} = \text{AF}/\text{MST} \quad (4)$$

Onde: AF é a área foliar e MST a massa seca total.

Esses parâmetros de crescimento são genéricos e existem muitos análogos calculados com outras variáveis da planta como input (HUNT *et al.*, 2002). Estes parâmetros foram estimados a cada colheita.

Os valores da temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) mensal durante o período de estudo, provenientes da estação climatológica Fescon/Basf, e média histórico de 18 anos, estação meteorológica Ponta Grossa/Simepar, estão apresentados na Figura 1.

FIGURA 1. Temperatura média (°C) mensal de outubro de 2020 a maio de 2021 e temperatura média (°C) mensal histórico (18 anos). Ponta Grossa, UEPG, 2022



Fonte: Estação meteorológica BASF/FESCON e estação meteorológica Ponta Grossa/Simepar

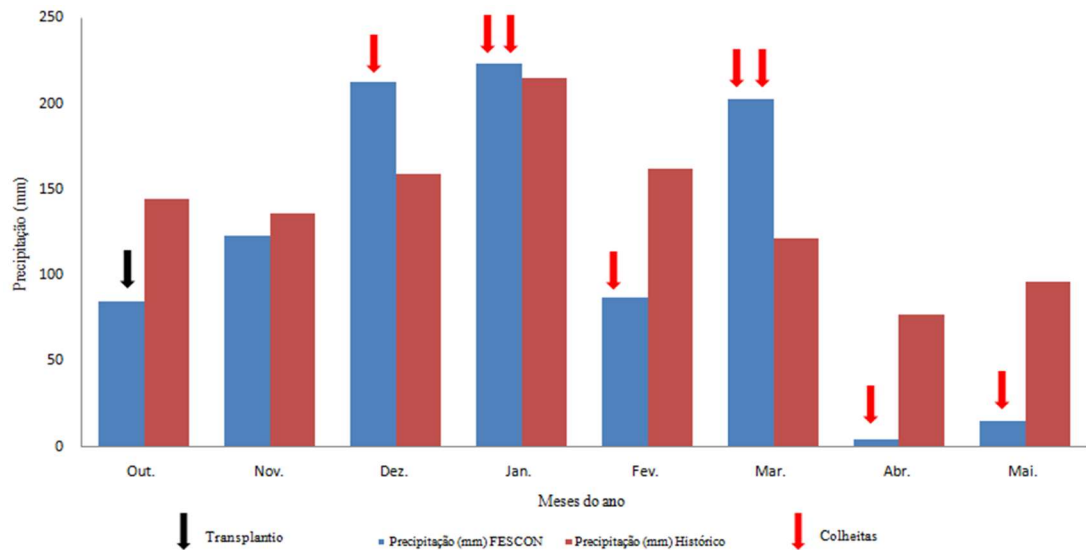
Apesar de tolerante a variação de temperatura, a batata-doce adapta-se melhor em regiões que oscilam entre 15 a 30 °C, com temperaturas médias de 24 a 25 °C. Temperaturas amenas à noite favorecem o crescimento radicular, contudo abaixo de 15 °C o crescimento da planta é retardado, podendo até ser paralisado (SILVEIRA, 2007). Altas temperaturas também causam prejuízos, sendo que acima de 34 °C ocorre redução na taxa fotossintética. O crescimento vegetativo ocorre até os 40 °C, mas nessas condições no solo não ocorre crescimento das raízes tuberosas. Temperaturas elevadas atrasam ou impedem o início da tuberização, por causa da lignificação das raízes adventícias (ERPEN *et al.*, 2013).

O período no qual se verificou maior valor de temperatura média foi em janeiro, sendo esta 20 °C. O menor valor, por sua vez, foi verificado no fim do experimento e foi igual a 16,8 °C. Sendo assim, a média de temperatura durante o experimento esteve abaixo do ideal e manteve-se sempre acima do limite mínimo para a cultura da batata-doce (SILVEIRA, 2007).

Os valores da precipitação pluviométrica mensal acumulada durante o período de estudo provenientes da estação climatológica Fescon/Basf, e média histórico de 18 anos, estação meteorológica Ponta Grossa/Simepar, estão apresentados nas Figura 2.



FIGURA 2. Precipitação pluviométrica (mm) acumulada mensal de outubro de 2020 a maio de 2021 e precipitação pluviométrica (mm) acumulada mensal do histórico (18 anos). Ponta Grossa, 2022



Fonte: Estação meteorológica BASF/FESCON e estação meteorológica Ponta Grossa/Simepar

A precipitação durante o período de condução do experimento foi irregular. Sendo que nos meses de fevereiro e abril a precipitação ficou bem abaixo do esperado, bem como aquém da exigência da cultura. A precipitação acumulada por todo o experimento totalizou 950,8 mm. Quanto ao regime pluviométrico, a cultura deve ser implantada em regiões com média anual entre 750 a 1000 mm, resultando em boa produtividade de raízes tuberosas (SILVEIRA, 2007; AGUIAR, 2014). Embora este quantitativo tenha sido alcançado, este foi mal distribuído.

A água é essencial como reagente ou substrato de importantes processos como a fotossíntese e hidrólise do amido (KERBAUY, 2017). A fotossíntese das plantas é limitada pela restrição da abertura estomática, em condição de déficit hídrico. Esse processo fisiológico vital para as plantas é então afetado em condição de baixa disponibilidade de água, causando decréscimos na produção de carboidratos que posteriormente seriam armazenados (MANTOVANI *et al.*, 2013).

A parte aérea da planta está exposta ao ambiente atmosférico, quando perde água por transpiração esta deve ser repostada com novos fornecimentos hídricos procedentes do solo. Transpiração, absorção e transporte de água das raízes até as superfícies transpirantes são processos basilares acoplados e inseparáveis do balanço hídrico. Conforme o solo torna-se seco, algumas partes do sistema radicular morrem, enquanto outras partes crescem alguns metros e ramificam-se densamente (LARCHER, 2004).

#### 4. 4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Considerou-se cada acesso um experimento. Em ambos os casos se utilizou o delineamento experimental inteiramente casualizado, com repetições não balanceadas; os tratamentos foram oito épocas de colheita; 56, 81, 100, 115, 135, 154, 175 e 220 dias após o transplântio (DAT).

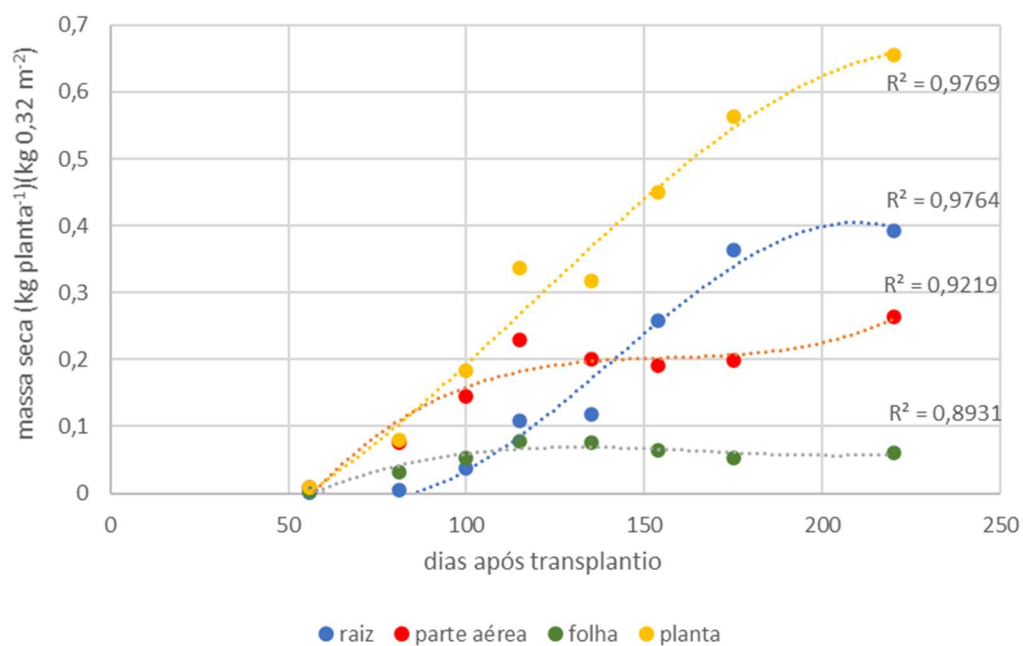
As variáveis dependentes foram submetidas aos testes de Hartley e Shapiro-Wilk, a fim de verificar homogeneidade e normalidade das variâncias, e, posterior análise de variância. As variáveis que apresentaram diferenças na análise de variância foram desdobradas utilizando análise de regressão para ajuste dos modelos. O software utilizado para isso foi o SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de massa seca de folhas, parte aérea, raízes tuberosas e planta do acesso de batata-doce BD-8 para série temporal de 56, 81, 100, 115, 135, 154, 175, 220 dias após o transplantio é apresentado na Figura 3. Na cultura da batata-doce, as raízes de reserva são o principal órgão de interesse comercial tanto para a alimentação humana quanto para indústrias (amido). Todavia, as folhas e a parte aérea também foram consideradas no presente trabalho já que recentemente elas vêm despertando interesse para sua utilização na alimentação animal.

O acúmulo de massa seca de culturas anuais deve ser um fenômeno representado matematicamente por equação do tipo sigmoide. Para o caso da batata-doce, embora planta perene de crescimento indeterminado, o acúmulo de massa seca deve ter acúmulo de massa com resposta sigmoide anual. Este tipo de curva deve identificar três fases fisiológicas: a primeira em que predomina o desenvolvimento da parte aérea; a segunda, em que ocorrem os crescimentos da parte aérea e das raízes tuberosas; e a terceira, em que prevalece o crescimento das raízes tuberosas (QUEIROGA *et al.*, 2007).

FIGURA 3 – Acúmulo de massa seca de folhas, parte aérea total, raízes e planta para acesso de batata-doce BD-8, conforme dias após transplantio. Ponta Grossa, PR, 2020/21



Fonte: A autora

Fica claro nos pontos de determinação adotados (dias após transplantio) que a partir de 56 DAT, conforme massa seca dos principais componentes, folhas e parte aérea, da cultivar BD-8 de batata-doce, o crescimento é acentuado até aproximadamente 120 DAT, com tendência de estabilização logo após (FIGURA 3). No caso do componente raiz tuberosa, o comportamento sigmóidal fica mais evidente, pois o início do acúmulo de massa seca mais acentuado se dá a partir, aproximadamente, dos 120 DAT, iniciando tendência de estabilização próximo aos 175 DAT (FIGURA 3).

Neste caso, sendo de interesse as raízes tuberosas, para consumo humano, seria possível adotar este período (início da estabilização) como o ciclo da cultivar BD-8. Período que comparado com outras culturas é longo, aproximadamente seis meses de ciclo, porém convém salientar, como já descrito no capítulo material e métodos, os genótipos utilizados neste estudo foram coletados junto a agricultores camponeses regionais os quais não possuem nenhum tipo de melhoramento genético. O referido ciclo, embora longo, pode ser adaptado as safras de verão em climas subtropicais e temperados, que no caso do hemisfério sul estaria em campo entre os meses de outubro e março, evitando as temperaturas amenas de setembro e possíveis geadas em abril.

Nada impede estudos quanto à época de transplantio, pois em condições de temperaturas e fotoperíodo maiores nos estágios primeiro e segundo, podem em alguma condição de estresse (baixa temperatura, por exemplo) no estágio terceiro “acelerar” a translocação de fotoassimilados da parte aérea para as raízes tuberosas. No caso de interesse em bicomestível, pode-se colher as raízes em períodos maiores com o mesmo acúmulo de massa seca, porém com maior matéria seca, o que diminuiria custo com transporte. A manutenção da massa seca manteria constante o conteúdo de amido, que é o interesse neste caso.

Nos três estágios fisiológicos já descritos fica evidente a observação dos dois primeiros em menor espaço de tempo. Sendo o primeiro estágio, em que predomina o desenvolvimento da parte aérea; entre zero e 81 DAT (crescimento acentuado após 50 DAT), e o segundo estágio onde ocorrem crescimento de parte aérea e de raízes tuberosas, entre 56 e 115 DAT (FIGURA 3) (QUEIROGA *et al.*, 2007).

Este comportamento contraria experimento com a variedade Princesa, realizado em Santa Maria, RS, com o clima do tipo Cfa, subtropical úmido. Neste caso os autores relataram início da tuberação aos 70 dias (ERPEN *et al.*, 2013). No ensaio relatado foi utilizado cultivo convencional e correção de fertilidade do solo.

O período relatado para os dois estágios iniciais, de zero a 115, embora não seja o enfoque do presente estudo, seria o período para utilização, principalmente no caso da agricultura convencional, de utilização cobertura com fertilizantes altamente solúveis. Pode-se relatar ainda que estresses térmicos e hídricos nestes estágios tendam a influir diretamente no crescimento da parte aérea, folhas em especial, com consequência direta no rendimento das raízes tuberosas. O terceiro estágio fisiológico descrito para a batata-doce, em que prevalece o crescimento das raízes tuberosas acontece entre os 115 e 175 DAT, aproximadamente (FIGURA 3) (QUEIROGA *et al.*, 2007).

O genótipo em estudo apresentou produtividade de massa seca de folha de 2.463 kg ha<sup>-1</sup> e de parte aérea de 7.146,25 kg ha<sup>-1</sup>. Considerando a utilização da parte aérea como alimentação animal estes valores são promissores, pois o valor de massa seca de folhas é semelhante ao encontrado em folhas de milho, a cultura mais utilizada no Brasil para conservação na forma de silagem. Em trabalho comparando massa seca de milho e sorgo, foi relatada variação de 2.480 a 2.910 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca para folhas de milho e de 2.620 a 3.990 kg ha<sup>-1</sup> para a cultura do sorgo (GUARESCHI *et al.*, 2010). Convém salientar que as folhas de batata-doce ainda contêm valor relativo considerável de proteína, em análise de oito genótipos foi relatada variação de 66 a 92 g kg<sup>-1</sup> (VIEIRA, 2019).

Na massa seca de raízes tuberosa foi observado valor máximo de 12.255 kg ha<sup>-1</sup>, em termos de massa verde (raízes comerciais e não comerciais), chegou-se a 58.780 kg ha<sup>-1</sup>. Sendo que destes, 39.250 kg ha<sup>-1</sup> foram classificadas como raízes comerciais, com formato e tamanho para comercialização in natura para consumo humano. Todos os valores alcançados com 220 DAT. Valor este que, embora em área experimental, onde a área é menor e o acompanhamento da cultura é mais criterioso, não contou com utilização de fertilizantes altamente solúveis, porém em solo, que quimicamente (TABELA 2) e fisicamente possam ser considerados elevados.

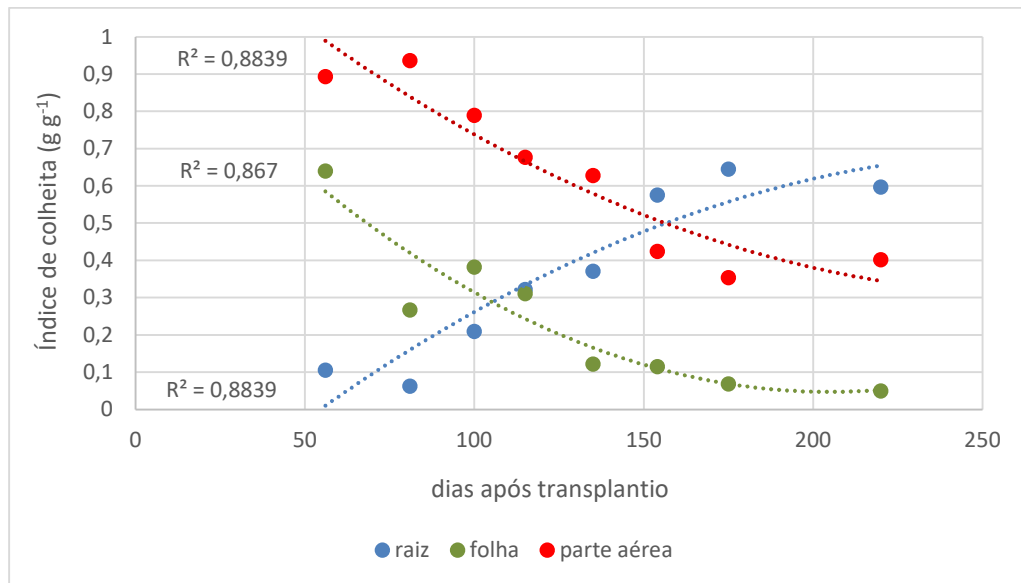
Ainda observando a Figura 3, chama a atenção a tendência de acúmulo de massa seca na parte aérea, bem como manutenção de massa das folhas no final de experimento (após 175 DAT), este se deu pela manutenção de temperatura e precipitação favoráveis (FIGURAS 1 e 2), após período de estresse hídrico e provável final de ciclo. Ficou claro no campo a presença de muitos brotos e folhas novas no momento da última coleta (220 DAT).

Considerando a planta, foi observada, no início do ciclo, maior influência no crescimento exercido pela parte aérea, porém, também a partir dos 154 DAT, a raiz passou a exercer mais influência no crescimento da planta. Houve a migração de fotoassimilados para as raízes tuberosas, a parte aérea deixou de ser a região com maior preferência para o acúmulo de massa

seca e as raízes se tornaram o órgão com maior potencial de acúmulo. O aumento da massa seca total da planta tem relação direta com as raízes tuberosas, já que estas representam alta proporção do total de matéria seca. Após o aparecimento e o crescimento das raízes tuberosas, causado pela alta capacidade de mobilização de assimilados e nutrientes, estas se tornam drenos metabólicos preferenciais, provocando a redução no acúmulo de massa seca da parte aérea (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004).

Na Figura 4, têm-se os índices de colheita para raiz tuberosa (ICR), folha (ICF) e parte aérea (ICPA) do acesso BD-8, nos 56, 81, 100, 115, 135, 154, 175, 220 dias após o transplântio. O índice de colheita (IC) representa a eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica (normalmente grão, raiz, fruto), e é calculado pela razão entre a massa seca da fração de interesse e a massa seca total da planta.

FIGURA 4 – Índices de colheita de raiz tuberosas, folhas e parte aérea do acesso de batata-doce BD-8 conforme dias após transplântio. Ponta Grossa, PR, 2020/21



Fonte: A autora

Para o genótipo BD-8, os índices de colheita apresentaram ajuste quadrático (FIGURA 4). Observa-se redução do ICPA e aumento do ICR ao longo do tempo. Estes comportamentos matemáticos já foram relatados (FERREIRA *et al.*, 2019).

Os maiores valores observados de ICR foram verificados a partir de 175 DAT, sendo próximos a 0,60 g g<sup>-1</sup>, menor que o ICR de 0,90 g g<sup>-1</sup> determinado para o clone “Espanhola” (FERREIRA *et al.*, 2019). Os resultados supracitados diferiram dos valores em trabalho com três clones (IPB-052; IPB-075 e IPB-149) de batata-doce em função doses de nitrogênio (chegando a 240 kg ha<sup>-1</sup> de N) município de São Cristóvão, Sergipe, Brasil, com clima do tipo As’

(classificação de Köppen). Em colheita aos 150 DAT, os clones alcançaram índices de colheitas da raiz máximos de 0,8, 0,5 e 0,6 g g<sup>-1</sup> (SANTOS *et al.*, 2017),

Avaliando o desempenho agrônômico de vinte e cinco genótipos de batata-doce, em dois locais no Quênia, em duas épocas, com aplicação 115 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante Fosfato Diamônico (DAP) duas semanas após transplante, e colheita aos 120 DAT, relatou-se índice médio de colheita da raiz de 0,42 ± 0,07 g g<sup>-1</sup> (MBUSA *et al.*, 2018).

O índice de colheita pode servir como base para a determinação da melhor época de colheita das plantas, em função do objetivo da produção. Quando se visa à produção de raízes, a colheita deve ser feita mais tardiamente do que quando a parte aérea constitui a fração de interesse econômico. No caso em estudo, tanto pelas coletas bem como pelo modelo matemático ajustado, a partir de 175 DAT, seria época de colheita sugerida visando à produção de raízes (FIGURA 4). Já que a batata-doce tende a perder a capacidade de crescimento e manutenção da parte aérea no decorrer do tempo de cultivo. Na fase inicial, há mobilização de produtos da fotossíntese para estruturação e crescimento da parte aérea, mas, a partir da metade do período de seu ciclo, as raízes se tornaram os drenos com maior potencial para apresentar melhores índices de colheita (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004).

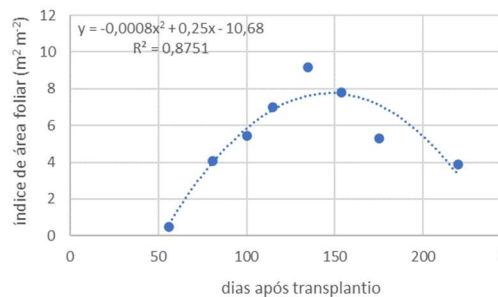
No entanto, se o objetivo é promover a dupla aptidão da batata-doce, ou seja, otimizar a produção de raízes e parte aérea, o ideal é realizar a colheita no ponto de interseção entre as curvas de ICR e ICPA (FERREIRA *et al.*, 2019). Neste caso seriam necessários ainda análises de composição de folha, pecíolo e caule, bem como de massa seca total produzida por estes componentes. Manejos diferenciados poderiam ser estudados, como somente o corte da parte aérea ou corte parcial da parte aérea, e colheita de raízes mais tardias, neste caso duas épocas seriam utilizadas.

No presente estudo, o acesso BD-8, demonstrou que a eficiência da planta em converter os produtos da fotossíntese em produção comercial se deu à medida que as plantas foram avançando seu estágio de desenvolvimento. Nesse sentido, este acesso apresentou maior eficiência no IC; aumentando o rendimento de raízes por unidade de área com o tempo (NWANKWO *et al.*, 2018). Observação está também importante para seleção de genótipos; sendo àquelas com maior índice de colheita as mais desejadas (PEIXOTO *et al.*, 2011).

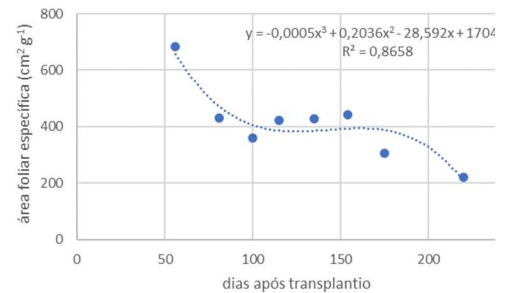
Ainda objetivando compreensão fisiológica da cultura da batata-doce, realizou-se determinação de índice de área foliar, área foliar específica razão de área foliar e acúmulo de crescimento diário conforme período de cultivo para cultivar BD-8 (FIGURA 5).

A área foliar representa a dimensão do aparelho fotossintetizante da planta, parâmetros fisiológicos relativos a esta variável são os mais importantes visando crescimento e desenvolvimento, bem como representa a cultura em análise quanto a potencial de produção de biomassa, de interesse econômico ou não (CUNHA *et al.*, 2010).

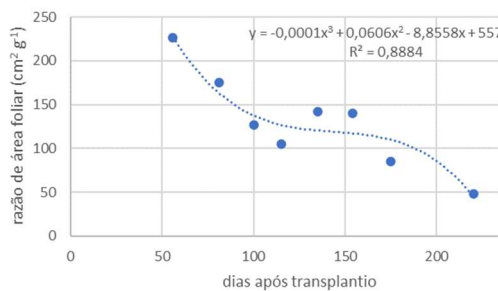
FIGURA 5 – Índices de área foliar (A), área foliar específica (B), razão de área foliar (C) e acúmulo de massa seca diária (D) do acesso de batata-doce BD-8 conforme dias após transplantio. Ponta Grossa, PR, 2020/21



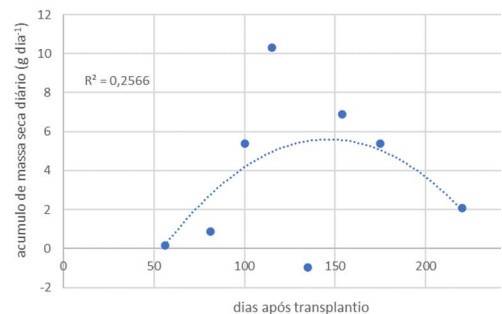
A - Índice de área foliar



B - Área foliar específica - área da folha por massa da folha



C - Razão de área foliar



D - Acúmulo de massa seca diária da planta

Fonte: A autora

O índice de área foliar (IAF), além de representar a área foliar, indica a relação da cultura com o arranjo de plantas, onde valores encontrados, próximos de 9 (135 DAP), podem indicar arranjo de plantas inadequado ao potencial da cultivar/cultura (FIGURA 5A). Neste caso existiam “nove camadas de folhas sobrepostas” (autosombreamento), onde teoricamente uma destas estaria obtendo a radiação solar disponível, sendo que novos arranjos espaciais de plantas devem ser estudados.

A redução na IAF, após a mesma atingir ponto de máximo, pode ser explicada pelo início da tuberização, com modificação do padrão de drenos da planta e senescência foliar. Na fase de crescimento da área foliar, as folhas representam dreno muito importante recebendo grande parte dos fotoassimilados. Porém, quando o crescimento das raízes tuberosas é prioritário, estas



constituem o dreno mais importante, impedindo a formação de novas folhas e mesmo a manutenção das folhas mais velhas (CÂMARA *et al.*, 2017). O IAF, para estudo em batata-doce, cultivares “Abóbora” e da “Da Costa”, apresentou modelo matemático quadrático (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

A área foliar estimada atingiu valor máximo de 29.344 cm<sup>2</sup> aos 135 DAT, valor bem superior aos determinados para os clones ESAM1, ESAM2 e ESAM3, os quais foram iguais à 3.223,90, 2.667,83 e 3.840,79 cm<sup>2</sup>, respectivamente (QUEIROGA *et al.*, 2007). No acesso SP 79 1011 de cana-de-açúcar, foi observada área foliar máxima de 5.168 cm<sup>2</sup> (FARIAS *et al.*, 2008). Já para o milho, foi observada área foliar de 4.297 cm<sup>2</sup> no híbrido de milho Fórmula TL<sup>®</sup> (SILVA *et al.*, 2020). Segundo estes mesmos autores, a área foliar tem aumento gradativo na planta, até que a mesma atinja seu máximo desenvolvimento, a partir daí se inicia um decréscimo devido à senescência das folhas mais velhas e dessa forma, quanto mais rápido a cultura atingir o índice de área foliar sadia máximo, e quanto mais tempo a planta conseguir manter essa área foliar, maior será seu rendimento. Sendo ideal a manutenção da área foliar mais sadia possível.

Na fase de crescimento do índice de área foliar, houve, também, crescimento acentuado no acúmulo de massa seca das folhas (FIGURA 3) e no IC das folhas (FIGURA 4). Nesta fase inicial, as folhas demonstraram ser um dreno muito importante, pois podem ter recebido grande parte dos fotoassimilados. Enquanto que, neste mesmo período, os valores obtidos da massa seca das raízes e do IC das raízes se mantiveram sempre abaixo dos valores de todas as demais variáveis analisadas. Até os 135 DAT, o maior pico de IAF, os maiores valores de massa seca de raiz foram 0,1 g planta<sup>-1</sup>, e IC da raiz, aproximadamente, 0,4 g g<sup>-1</sup>.

Foi possível observar também, já na fase final de crescimento, a diminuição no padrão de crescimento do índice de área foliar concomitantemente com a formação das raízes tuberosas, relacionada com a modificação do padrão de dreno da planta. Pois, enquanto a área foliar decresceu, o acúmulo de massa seca (FIGURA 4) e o ICR (FIGURA 4) foram maiores que o das folhas. A partir dos 135 DAT, os valores foram 0,4 g planta<sup>-1</sup> de massa seca de raiz e aproximadamente 0,7 g g<sup>-1</sup> de IC da raiz.

O aparecimento das raízes tuberosas, como drenos metabólicos fortes e com grande força de mobilização de assimilados, gera a aceleração na senescência foliar e, posteriormente, a redução do IAF (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005). Este declínio nos valores de IAF ocorreu aos 154 DAT. Em experimento utilizando clone de batata-doce Espanhola, do banco de germoplasma da UFVJM, em Diamantina-MG, utilizada adubação nitrogenada de 60 kg ha<sup>-1</sup>, dividida em duas aplicações, na base e em cobertura, 30 dias após e 10 Mg ha<sup>-1</sup> de esterco bovino bioestabilizado,

foi observado que o IAF diminuiu mais precocemente, entre 90 e 154 DAT (FERREIRA *et al.*, 2019).

O fato de, no presente estudo, o IAF ter reduzido tardiamente pode acarretar benefícios para a planta, já que a redução da interceptação da radiação solar e redução da produção de fotoassimilados ocorrem apenas nas fases finais de seu crescimento (STRASSBURGER *et al.*, 2011). Outra vantagem é que se houver competição por luz, principalmente com as plantas espontâneas, a batata-doce estará interceptando luz por grande parte de seu ciclo (BATTISTI *et al.*, 2017), devido ao seu aparelho assimilatório constituído pelas folhas continuar com características favoráveis à produtividade do vegetal.

A razão de área foliar (RAF) representa a superfície assimilatória por unidade de massa seca total, ou seja, a área foliar utilizada pela planta/cultura para produzir uma unidade de massa seca. De modo geral, espera-se que a RAF decresça conforme crescimento da planta. Espera-se aumento da massa seca das folhas (LARCHER, 2004), translocação de foto assimilados para tuberização (LOPES *et al.*, 2011) e diminuição da área foliar com poder de captação de radiação (auto-sombreamento) reduzindo a área foliar útil (BENINCASA, 1988).

Verificou-se que a RAF sofreu redução ao longo do tempo (FIGURA 5C), corroborando com resultados já relatados (FONTES *et al.*, 2005, SILVA *et al.*, 2010 e LOPES *et al.*, 2011). Porém, no caso em estudo, pelo ajuste matemático de terceiro grau, observa-se a existência de patamar (constância dos valores de RAF), a partir de 100 DAT, indicando crescimento da cultivar/cultura, mesmo com espessamento das folhas (LARCHER, 2004) e sombreamento pelo crescimento. Este comportamento pode indicar o elevado potencial de crescimento da cultivar/cultura. Esses resultados indicam que o investimento em maior proporção de fotoassimilados para a produção de folhas e sua maior superfície útil para a fotossíntese, ocorrem no início do ciclo (BENINCASA, 1988).

A área foliar específica (AFE) que relaciona a superfície foliar com a massa seca de folhas, é considerada um componente anatômico e auxilia no entendimento da RAF (BENINCASA, 1988). Os comportamentos matemáticos e práticos das duas variáveis foram semelhantes, nos dois casos ficou demonstrando manutenção de crescimento de área foliar a partir de 75 DAT até 154 DAT, sendo AFE até mais acentuado que a RAF (FIGURA 5C). A variação da RAF é função de alteração na AFE e distribuição diferencial de produtos fotossintéticos entre as folhas e outros órgãos da planta e das diferenças na espessura das folhas (RADFORD, 1967).

O patamar de estabilidade mais acentuado para a área foliar específica (AFE) (FIGURA 5B) acentua o potencial de crescimento foliar e provável produção de fotoassimilados, que serão transformados em biomassa, tanto de parte aérea como de raízes tuberosas.

Os maiores valores de AFE ocorreram rapidamente, no início do ciclo da cultura. A AFE diminuiu e permaneceu estável a partir dos 100 DAT até aos 175 DAT (FIGURA 5B). Conforme valor determinado aos 56 DAT observou-se valor de  $700 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ . Valor maior que os encontrados para as cultivares Da Costa e Abóbora, em clima Cfa, de  $300$  e  $340 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

A área foliar é um componente morfofisiológico da planta, enquanto que a massa, componente anatômico de uma espécie vegetal, já que está relacionada ao arranjo interno (número e tamanho) das células do mesófilo. Induz-se, então, que o inverso da AFE reflete a espessura das folhas. Os decréscimos na AFE indicam aumento na espessura da folha resultante do aumento do tamanho e do número de células nas plantas (DANTAS *et al.*, 2009).

Portanto, AFE segue o mesmo perfil de crescimento do IAF, uma vez que a AFE é diretamente proporcional ao IAF e inversamente proporcional ao acúmulo de matéria seca nas folhas (BARREIRO *et al.*, 2006). Considerando-se que 90% dos assimilados são produzidos na folha e depois transcolados para o resto da planta, AFE é um parâmetro fisiológico que expressa a fração de massa seca não exportada das folhas para o resto da planta (LEÃO *et al.*, 2019).

A RAF declina enquanto a planta cresce, em função do auto-sombreamento, com a tendência da diminuição da área foliar útil ou fotossinteticamente ativa, para a produção de matéria seca. Apesar da RAF e da AFE serem componentes estruturais diferentes, enquanto que a AFE é o componente morfológico e anatômico (PEIXOTO *et al.*, 2011), a RAF é componente fisiológico, foi notável que dos 100 a 154 DAT os valores da RAF foram constantes (FIGURA 5C) à medida que a AFE (FIGURA 5B) também passou a diminuir na mesma coleta. Enquanto isso aumentou-se a área foliar e a matéria seca.

Em experimento com espinafre (*Talinum triangulare*), observou-se que conforme os níveis de sombra aumentaram, aumentos foram observados na AFE e RAF. Chegando a aproximadamente  $900 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  de AFE e  $250 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  de RAF com o máximo nível de sombreamento. O experimento foi realizado em Rio Verde, Goiás, com clima tropical Aw (classificação de Köppen) (ALEXANDRE *et al.*, 2018).

O oposto foi observado no presente estudo, pois, a AFE e a RAF diminuíram à medida que a parte aérea da batata-doce ia crescendo, causando auto-sombreamento. Corroborando com a conjectura da batata-doce em responder de forma resistente apresentando alterações

morfológicas e anatômicas positivas, sugerindo plasticidade fenotípica e a possibilidade de ser cultivada tanto em ambientes sombreados quanto em pleno sol devido sua maior proporção de tecido fotossinteticamente ativo (BRANT *et al.*, 2009). Desse modo, apesar do crescimento da planta aumentar a interferência das folhas superiores sobre as inferiores, diminuindo a área foliar útil, os valores de AFE e RAF, portanto, indicam maior eficiência das folhas em produção de biomassa (DANTAS *et al.*, 2009).

O perfil de crescimento da massa seca das folhas mostrou evidências de espessamento do limbo foliar, quando a AFE passou a diminuir. Assim, o sombreamento das culturas também pode interferir na expressão destes índices. Investigando este fator em cafeeiros, em Londrina, PR, com clima da região do tipo Cfa (clima subtropical úmido, com verão quente) foi relatado maior IAF de cafeeiros sombreados em relação aos não sombreados (MORAIS *et al.*, 2003). Este é o resultado do mecanismo utilizado pelas plantas para compensar a menor luminosidade recebida quando sombreadas, e conseqüentemente não prejudicar a produção de fotoassimilados (MORAIS *et al.*, 2003).

Semelhantemente, há maior AFE em plantas de cafeeiros sombreadas, assim, conclui-se que quanto maior a disponibilidade de luz, menor será esse índice (FERREIRA *et al.*, 2009). Apesar disso, este comportamento diferiu na batata-doce no presente trabalho, pois apesar da cultura ter evidenciado auto-sombreamento a partir dos 100 DAT (FOTOGRAFIA 5), a AFE diminuiu na mesma época.

O que pode ter sido interessante para a planta, já que está associada ao componente anatômico das folhas e se traduz em maior espessura total e resistência do limbo foliar. Denotando, assim, seu maior desempenho foliar, elevado potencial de produção e sua eficiência para produzir energia por unidade de área e de tempo. Podendo, ainda, estar relacionada com densidade celular, espessura de parede e outras características celulares e teciduais relacionadas com variações à exposição de luz (CASTRO *et al.*, 2003).

FOTOGRAFIA 5. Acesso BD-8 de batata-doce na terceira coleta, aos 100 DAT



Fonte: A autora

Visto que, o acesso estudado apresenta crescimento indeterminado e intenciona-se melhorar ainda mais o seu desempenho agrônômico, há a necessidade de avaliar o manejo de cultivo, e eventualmente, considerar o arranjo espacial da batata-doce (TAVARES *et al.*, 2019). Dispõe-se de várias formas para se estimar o crescimento das plantas, como a massa seca, área foliar, altura de plantas, os índices de crescimento e porcentagem de cobertura do solo que monitoram e estimam as mudanças na biomassa e no desenvolvimento vegetal. O conhecimento do perfil temporal dos índices de crescimento podem ser empregado para detectar variações na fenologia das culturas, duração do período de crescimento, pico vegetativo, modificações fisiológicas das folhas e períodos de senescência (WERNER *et al.*, 2018).

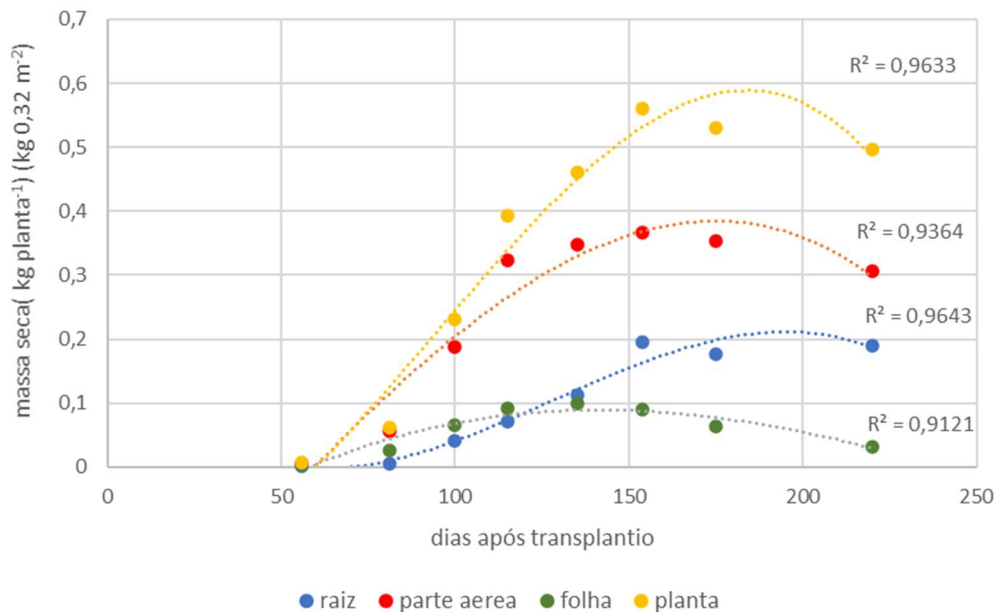
Mudança nos elementos do arranjo espacial das plantas pode aumentar a produtividade, sem grande impacto no custo de produção. Esta mudança pode ser ajustada de forma a alterar a arquitetura das plantas, o uso de recursos ambientais e o manejo fitossanitário. Permitindo assim, incrementos na competição intra-específica por luz. A plasticidade fenotípica está relacionada e refere-se à capacidade das plantas de alterar sua morfologia e regular o crescimento e os componentes de rendimento para se adaptar a diferentes densidades populacionais e suas consequências (FERREIRA *et al.*, 2016). No entanto, são necessários estudos que demonstrem se a batata-doce tem alta plasticidade fenotípica em resposta a mudanças na densidade.

Acúmulo de massa seca diária é mais uma variável indicativa do potencial da cultivar/cultura em estudo. Como valor determinado a campo, chegou-se a valores de aproximadamente  $10 \text{ g dia}^{-1}$  de acúmulo de massa seca, o que representaria picos de crescimento de  $312 \text{ kg ha}^{-1}$  de massa seca por dia (115 DAT). Considerando o modelo ajustado, a partir de 100 DAT até 175 DAT, teria o acúmulo diário médio de massa seca de aproximadamente  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  (FIGURA 5D). Ainda observando os valores obtidos de acúmulo diário de massa seca, observam-se valores negativos, indicando que, por problemas climáticos ou até mesmo erro amostral ou de método, não houve acúmulo de massa seca em determinado período (FIGURA 5D e FIGURAS 1 e 2).

Na Figura 6 é apresentado o acúmulo de massa seca de folhas, parte aérea, raízes e planta para genótipos de batata-doce BD-26 aos 56, 81, 100, 115, 135, 154, 175, 220 dias após o transplantio.

É possível observar nos pontos de determinação (dias após transplantio) que a partir de 56 DAT, a massa seca dos principais componentes, folhas e parte aérea, da cultivar BD-26 de batata-doce analisada, o crescimento acentuado até aproximadamente 175 DAT, com tendência de decrescer logo após (FIGURA 6). No caso do componente raiz tuberosa, o comportamento sigmóide ficou mais evidente, pois o início do acúmulo de massa seca ficou mais acentuado a partir, aproximadamente, dos 115 DAT, iniciando tendência crescente até os 175 DAT, diminuindo a partir de então (FIGURA 5). Em virtude da taxa de senescência foliar ter sobrepujado a taxa de emissão de novas folhas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004).

FIGURA 6 – Acúmulo de massa seca de folhas, parte aérea total, raízes tuberosas e planta do acesso de batata-doce BD-26, conforme dias após transplantio. Ponta Grossa, PR, 2020/21



Fonte: A autora.

Assim, tendo como interesse as raízes tuberosas para consumo humano, seria possível adotar o período aos 154 DAT como o fim do ciclo da cultivar BD-26 (FIGURA 6). A parte aérea foi a região com maior acúmulo de produtos da fotossíntese e nutrientes. O acúmulo de massa seca na parte aérea das plantas de batata-doce varia de acordo com o clima, solo, genótipo, entre outros aspectos (GUEDES, 2021).

O terceiro estágio fisiológico descrito para a batata-doce, em que prevalece o crescimento das raízes tuberosas também não foi observado (FIGURA 6) (QUEIROGA *et al.*, 2007). Neste estágio a variabilidade hídrica pode ser problema para o rendimento qualitativo de raízes tuberosas, pois períodos de excesso de precipitação após períodos de estresse hídrico tendem a ocasionar fissuras nas raízes (FELTRAM, 2022). Não houve a tendência de acúmulo de massa seca na parte aérea, bem como manutenção de massa das folhas no final de experimento (após 175 DAT).

O sentido da translocação segue o gradiente de concentração entre os centros que necessitam dos assimilados (centros de atração) e os centros de síntese ou de mobilização dos assimilados. As folhas totalmente desenvolvidas suprem preferencialmente os centros “consumidores”, os quais exercem grande atração. Este comportamento não criou um abastecimento balanceado suficiente no acesso BD-26, e não assegurou suprimento necessário para os tecidos de armazenamento. Pois, para que haja crescimento harmônico na planta como

um todo é essencial que cada um dos órgãos e tecidos receba a quantidade necessária de assimilados e que este abastecimento seja efetuado no tempo correto (LARCHER, 2004).

Como massa seca de raízes tuberosa foi observado valor máximo de  $5.916 \text{ kg ha}^{-1}$ , em termos de massa verde (raízes comerciais e não comerciais), chegou-se a  $34.875 \text{ kg ha}^{-1}$ , valores estes alcançado próximo aos 154 DAT. Sendo que destes,  $17.875 \text{ kg ha}^{-1}$  foram classificadas como raízes comerciais (massa verde), com formato e tamanho para comercialização in natura para consumo humano, valor alcançado aos 154 DAT.

Números estes que ficaram acima dos encontrados para a produtividade de raiz total e menor do que de raízes comerciais para batata-doce da cultivar Londrina, município de Presidente Prudente – SP, com a adubação de cobertura de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de 20-0-20 aos 45 dias após o plantio. Neste os autores observaram os valores médios de  $30.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de raízes totais e de  $22.550 \text{ kg ha}^{-1}$  de raízes comerciais (RÓS *et al.*, 2021).

Os valores observados no presente trabalho também ficaram acima dos encontrados tanto para raízes de batata-doce da cultivar Canadense, em clima Cfa, com adubação de cobertura de  $35 \text{ kg de N e } 35 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$  através do fertilizante formulado 20.00.20, onde foram relatados valores médios de massa verde de  $25.720 \text{ kg ha}^{-1}$  para raiz total e  $11.480 \text{ kg ha}^{-1}$  de raízes comerciais (NASSER, 2020).

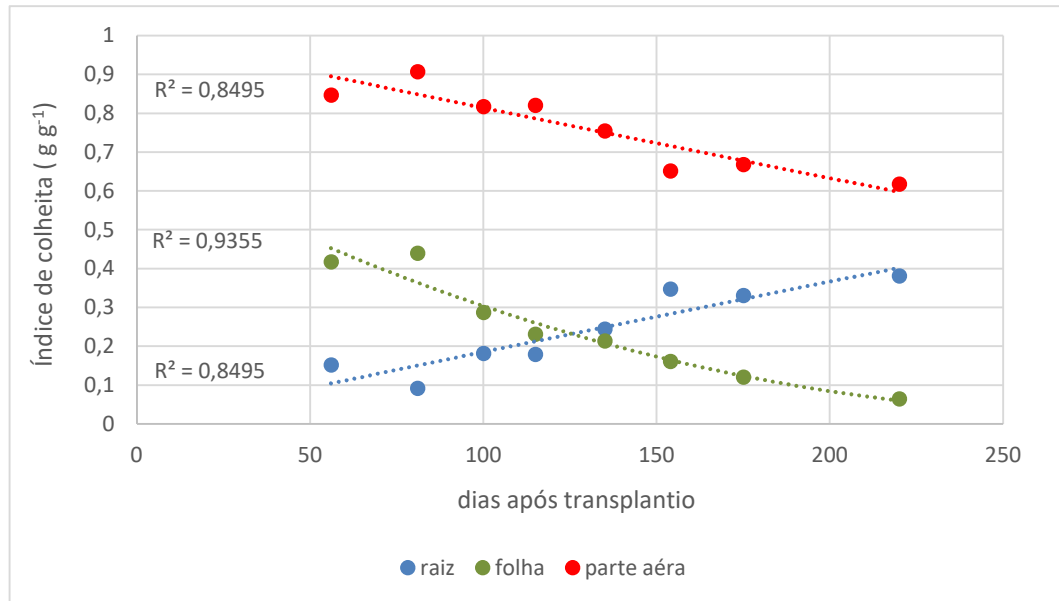
Para o genótipo BD-26, os índices de colheita tenderam a ajustes lineares (FIGURA 7). Foi observado a redução do ICPA e aumento do ICR ao longo do tempo (FIGURA 7), o que indica que, com a ontogenia da cultura ocorrem mudanças no padrão de distribuição de fotoassimilados e incremento de massa seca entre os diferentes órgãos das plantas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004).

Na Figura 7, têm-se os índices de colheita para raiz (ICR), folha (ICF) e parte aérea (ICPA) do acesso BD-26, nos 56, 81, 100, 115, 135, 154, 175, 220 dias após o transplântio.

Os valores de ICR possuem correlação direta com tempo de colheita. Exemplo disto é o estudo realizado para três cultivares “Coquinho”, “Brazlândia Branca” e “ESAM 1”, em clima BSwH, seco e muito quente, com ICR variando de  $0,24$  a  $0,49 \text{ g g}^{-1}$ , colhidas a 120 dias (MOREIRA *et al.*, 2011), já para cultivares ESAM1, ESAM2 e ESA3, em mesmo local, colhidas a 155, o ICR apresentou valor médio de  $0,64 \text{ g g}^{-1}$  (QUEIROGA *et al.*, 2007).



FIGURA 7 – Índice de colheita da raiz, folha e parte aérea do acesso BD-26, conforme dias após transplantio. Ponta Grossa, PR, 2020/21



Fonte: A autora

Semelhantemente ao percebido no presente trabalho e avaliando o desempenho agrônomo de vinte e cinco genótipos de batata-doce, em dois locais no Quênia, em duas épocas, com aplicação  $115 \text{ kg ha}^{-1}$  de fertilizante Fosfato Diamônio (DAP) duas semanas após transplantio, e colheita aos 120 DAT, relatou-se índice médio de colheita da raiz de  $0,42 \pm 0,07 \text{ g g}^{-1}$  (MBUSA *et al.*, 2018).

No caso do acesso BD-26, tanto pelas coletas bem como pelo modelo matemático ajustado, a partir de 154 DAT, seria época de colheita sugerida visando à produção de raízes. Contudo, visando promover a dupla aptidão da batata-doce, o ideal é realizar a colheita no ponto de interseção entre as curvas de ICR e ICPA. Porém, no acesso em questão não observada este comportamento já que o ICR se manteve por todo o ciclo bem abaixo do ICPA. Logo, este acesso não seria mais indicada para ser utilizada para duplo propósito.

O aumento da longevidade e retenção de folhas apresenta correlação positiva com a produtividade de raízes, e pode elevar acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas, aumentando a sua produtividade. A produtividade também está relacionada à manutenção da área fotossintetizante durante o período de crescimento da parte de interesse comercial. A batata-doce é uma cultura perene, de tuberação contínua sob condições favoráveis, de modo que a maior duração do período de início de tuberação à colheita permite maior tempo para a acumulação de fotoassimilados nas raízes (ERPEN *et al.*, 2013). O que não foi observado no acesso BD-26, pois aos 175 DAT o acúmulo de massa seca foi decrescendo com o tempo.

Como na cultura da batata-doce as raízes tuberosas são o principal produto de interesse econômico, o que seria o mais interessante na cultivar BD-26, pela presença da antocianina (cor roxa das raízes), em sua seleção buscaram-se plantas de elevado índice de colheita para raízes tuberosas, valores estes que podem variar com frequência (LOPES, 2021). O índice de colheita pode ser considerado satisfatório quando apresentar valores acima de 50% (PEIXOTO *et al.*, 2005). Esses resultados confirmam que não houve o equilíbrio de crescimento da cultura acima e abaixo do solo, mantendo o índice de colheita baixo. Assim, ocorreu limitação do crescimento da cultura nas raízes.

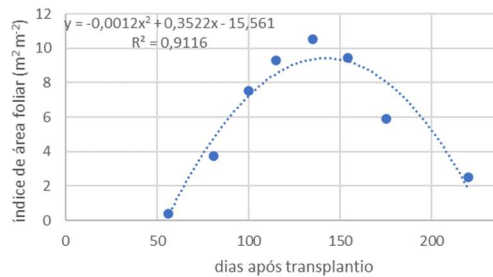
Complementando a compreensão fisiológica da cultura da batata-doce, determinou-se índice de área foliar, área foliar específica razão de área foliar e acúmulo de crescimento diário conforme período de cultivo para cultivar BD-26 (FIGURA 8).

A área foliar estimada atingiu valor máximo de 32.840 cm<sup>2</sup> aos 135 DAT, valor bem superior aos determinados para os clones ESAM1, ESAM2 e ESAM3, os quais foram iguais a 3.223, 2.667 e 3.840 cm<sup>2</sup>, respectivamente (QUEIROGA *et al.*, 2007). Na cana-de-açúcar, foi observada área foliar entorno de 9.000 cm<sup>2</sup> para a cultivar RB855113 (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Para esta mesma cultura, para a variedade RB73 9735 encontraram 3.900 cm<sup>2</sup> de área foliar (PRELLWITZ; COELHO, 2012). Assim, o conhecimento da dinâmica de desenvolvimento da área foliar permite melhor compreensão das relações desta característica com o rendimento final. Soma-se a isso o fato de a área foliar fotossinteticamente ativa está aliada à disponibilidade hídrica, térmica e luminosa (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

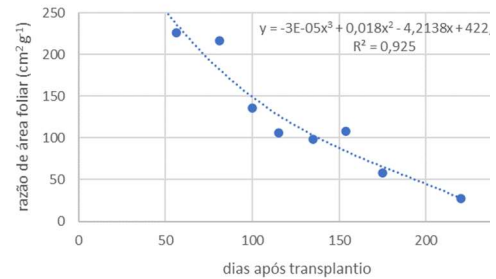
Os valores de IAF apresentaram tendência de crescimento até os 135 DAT, decrescendo a seguir (FIGURA 8A). Sendo o maior valor 11 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> de IAF. Na cultura da batata-doce essa redução do índice de área foliar é uma característica comumente observada, a qual é provocada tanto pela redução da emissão de folhas como pela senescência foliar (CÂMARA *et al.*, 2017).

Na fase de crescimento do índice de área foliar, houve também crescimento acentuado no acúmulo de massa seca das folhas (FIGURA 6) e no IC das folhas (FIGURA 7). Neste início, as folhas foram drenadas muito importante, pois receberam grande parte dos fotoassimilados. Neste mesmo período, os valores obtidos da massa seca das raízes e do IC das raízes se mantiveram sempre abaixo dos valores de todas as demais variáveis analisadas. Até os 135 DAT, o maior pico de IAF, os maiores valores observados foram de 0,1 g planta<sup>-1</sup> de massa seca de raiz e 0,25 g g<sup>-1</sup> de IC da raiz.

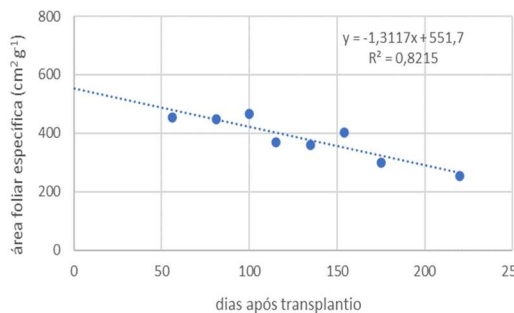
FIGURA 8 – Índices de área foliar (A), área foliar específica (B), razão de área foliar (C) e acúmulo de massa seca diária (D) do acesso de batata-doce BD-26 conforme dias após transplantio. Ponta Grossa, PR, 2020/21



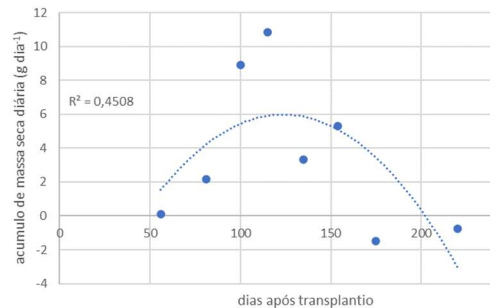
A - Índice de área foliar



B - Área foliar específica - área da folha por massa da folha



C - Razão de área foliar



D - Acúmulo de massa seca diária da planta

Fonte: A autora

Na fase final de crescimento, a diminuição no padrão de crescimento do índice de área foliar concomitantemente com a formação das raízes tuberosas está relacionada com a modificação do padrão de dreno da planta. Pois, enquanto a área foliar decresceu, o acúmulo de massa seca das raízes (FIGURA 6) e o ICR (FIGURA 7) foram visivelmente maiores que o das folhas. A partir dos 135 DAT, os maiores valores observados foram 0,2 g planta<sup>-1</sup> de massa seca de raiz e 0,7 g g<sup>-1</sup> de IC da raiz.

O declínio mais acentuado nos valores de IAF ocorreu tardiamente aos 154 DAT, época semelhante à observada por Queiroga *et al.* (2007), os quais apresentaram diminuição da área foliar das cultivares ESAM 1, 2 e 3 aos 155 DAT. Em experimento com três épocas de colheita (105, 130 e 155 DAT).

A interceptação de luz por uma superfície foliar é influenciada pelo seu tamanho, forma, arranjo vertical, horizontal, e pela sua absorção por estruturas não foliares. Deste modo, o crescimento das plantas é intensamente influenciado pelo tempo em que sua superfície foliar é conservada ativa. Tal característica é determinada pela duração do IAF: tempo em que é mantida

fotossinteticamente ativa a superfície foliar. É presumível supor que, sendo a fotossíntese o processo fornecedor de energia para o crescimento e desenvolvimento das plantas, quanto mais tempo o IAF permanecer funcional, maior será a produtividade biológica da cultura (PEIXOTO *et al.*, 2011).

Novos arranjos espaciais têm sido estudados na tentativa de se obter maiores produtividades, justificados pela necessidade determinar o melhor ajuste para as plantas, mas com a ressalva de que cada genótipo responde de forma diferenciada aos arranjos espaciais (TAVARES *et al.*, 2019). Todavia, há poucos trabalhos com arranjo de plantas considerando genótipos de batata-doce, as quais têm como atributo tipo de crescimento indeterminado.

Uma prática usada em algumas hortaliças é o tutoramento, seu tipo requerido é escolhido em função da densidade de semeadura, da topografia do terreno, da disponibilidade de materiais e seus custos. Por isso, o conhecimento de tutoramento torna-se uma informação importante para determinar o momento mais adequado para iniciar o cultivo e obter melhores resultados produtivos e qualitativos (LIMA *et al.*, 2010). Porém, não há, para a batata-doce, pesquisas que utilizem sistemas de tutoramento como os empregados na cultura do tomateiro.

Desde o transplântio a RAF apresentou tendência constante de diminuir ao final do ciclo. Apresentando seu maior valor aos 56 DAT e o menor valor aos 220 DAT, sendo  $250 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  e  $25 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente (FIGURA 8C). Na batata-doce os maiores valores de RAF ocorrem na fase inicial do ciclo, posteriormente a RAF diminuiu com o avançar do ciclo de desenvolvimento das plantas. Essa tendência de redução acentuada na RAF à medida que as plantas envelhecem é em parte resultado do aumento gradual de tecidos não assimilatórios (GUEDES, 2021).

Assim, a RAF possui comportamento similar e forte tendência ao decréscimo ao longo da ontogenia vegetal, sendo explicado em parte pelo aumento gradual de tecidos não assimilatórios, partes reprodutivas e raízes (AUMONDE *et al.*, 2011). Foi observado que a eficiência fotossintética das folhase elevou com o decorrer do experimento.

Observando-se que no decorrer do tempo e mesmo com uma menor AFE, houve a produção a mesma quantidade de produção de matéria seca que no início do experimento. Inicialmente, as folhas novas se comportam como drenos de fotoassimilados do que como fontes, até que alcancem em torno de 30% do seu tamanho final, quando, gradualmente, passam a exportar carbono a outras partes da planta, o que justifica o aumento da eficiência fotossintética com o aumento da idade da planta (STRASSBURGER *et al.*, 2011).

A AFE apresentou tendência de diminuição à medida que o ciclo avançava (FIGURA 8B). Foi observado função linear, o mesmo observado por Conceição *et al.*, (2005). A tendência de valores constantes da AFE indica durável e estável crescimento de folhas novas. Como a AFE está inversamente relacionada à espessura da folha, quanto maior a AFE, menor a lâmina foliar (LARCHER, 2004).

Aos 100 DAT, o perfil de crescimento da massa seca das folhas mostrou aumento, enquanto a AFE passou a diminuir levemente, indicando maior espessura do limbo foliar. Assim, a curva da AFE pode ser associada ao incremento estável de massa seca de folha (FIGURA 6), porém com tendência de diminuição ao final do ciclo, a partir dos 175 DAT (FIGURA 8B).

Acumulo de massa seca diária é mais uma variável indicativa do potencial da cultivar/cultura em estudo. Como valor determinado a campo, chegou-se a valores de aproximadamente  $11 \text{ g dia}^{-1}$  de acumulo de massa seca, o que representaria picos de crescimento de  $340 \text{ kg ha}^{-1}$  de massa seca por dia (135 DAT). Considerando o modelo ajustado, a partir de 100 DAT até 154 DAT, haveria acumulo diário médio de massa seca de aproximadamente  $172 \text{ kg ha}^{-1}$  (FIGURA 8D). Ainda observando os valores obtidos de acumulo diário de massa seca, observam-se valores negativos, indicando que, por problemas climáticos, sendo evidente nas coletas 7 e 8 (FIGURA 2), ou até mesmo erro amostral ou de método, não houve acumulo de massa seca em determinado período (FIGURA 8D).

## 6 CONCLUSÕES

- Os dois genótipos apresentaram grande quantidade de massa verde de raízes comerciais. Sendo 39.250 kg ha<sup>-1</sup> de massa verde de raízes comerciais na BD-8 e 17.875 kg ha<sup>-1</sup> de massa verde de raízes comerciais na BD-26.
- De acordo com o IC de cada genótipo e para ambos, no caso de interesse em bicomustível, podem-se colher as raízes em períodos maiores que 175 DAT para BD-8 e 154 para BD-26, com o mesmo acúmulo de massa seca, porém com maior matéria seca, o que diminuiria custo com transporte.
- Mesmo no final do experimento, na BD-8 foi observado a tendência de acúmulo de massa seca na parte aérea, bem como manutenção de massa seca das folhas (após 175 DAT). Este comportamento diferiu na BD-26, a qual apresentou valores decrescentes após este mesmo período.
- O declínio nos valores de IAF ocorreu no mesmo período, aos 154 DAT, para ambos genótipos. Na BD-8, ficou demonstrando manutenção de crescimento a partir de 75 DAT até 154 DAT, tanto para a AFE, como para a RAF. Sendo na AFE até mais acentuado que a RAF. Na BD-26, ocorreram valores decrescentes desde o início do ciclo, tanto na AFE quanto para a RAF.

## REFERÊNCIAS

- AEHLE, W. **Enzymes in industry: production and applications**. 3 ed. Holanda: John Wiley & Sons, 2007. 336 p.
- AGUIAR, A. T. E. **Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas**. 7 ed. São Paulo: IAC, 2014. 461 p.
- ALBUQUERQUE, J. A. A. et al. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta Daninha**, v. 26, n.2, p. 279-289, 2008.
- AMARO, C. L. et al. Análise do crescimento de mudas de Eucalyptus sp. submetidas a diferentes doses de giberelina. **Agri-environmental sciences**, v. 3, n. 1, p. 24-29, 2017.
- ANDRADE, J. V. C. et al. Selection of sweet potato clones for the region Alto Vale do Jequitinhonha. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 389-393, 2009.  
Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000300024>
- ATLAS SOLAR DO PARANÁ. **Irradiação Global Horizontal**. Disponível em: <http://atlassolarparana.com/map;jsessionid=56EDAD0B4706B07F361DDD6FC908528F>.  
Acesso em: 07 fev. 2020.
- AUMONDE, T. Z. et al. Análise de crescimento do híbrido de mini melancia smile® enxertada e não enxertada. **Interciencia**, v. 36, n. 9, p. 677–681, 2011.
- AUSTIN, M. E. et al. Some observations on the growth and development of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Journal of Horticultural Science**, v. 45, n. 3, p. 257-264, 1970. Doi: <https://doi.org/10.1080/00221589.1970.11514353>
- AUSTIN, M. E.; AUNG L. H. Patterns of dry matter distribution during development of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Journal of Horticultural Science**, v. 48, n. 1, p. 11-17, 1973.

BAI, F. W.; ANDERSON, W. A.; MOO-YOUNG, M. Ethanol fermentation Technologies from sugar and starch feed stocks. **Biotechnology Advances**, v. 26, n. 1, p. 89–105, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.09.002>

BARBERO, L. M. et al. Análise De Crescimento Em Plantas Forrageiras Aplicada Ao Manejo De Pastagens. **Veterinária Notícias**, v. 19, n. 2, p. 71–85, 2013.

BARREIRO, A. P. et al. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia**, v. 65, p. 563-567, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400005>

BATTISTI, G. et al. Efeito do extrato aquoso da cana-de-açúcar em genótipos de cártamo. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 181-187, 2017.

BAYER, E. A.; LAMED, R. The cellulose paradox: pollutant par excellence and/or a reclaimable natural resource? **Biodegradation**, v. 3, n. 2–3, p. 171–188, 1992.

BEMILLER, J. N. **Carbohydrate chemistry for food scientists**. 3 ed. Indiana: Elsevier, 2018.407 p.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2, p. 563–573, 2015. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0435>

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: Noções básicas**. Jaboticabal: Funep, p. 227–248, 1988.

BERNARDI, W. K. et al. Viabilidade econômica e financeira da produção de etanol de batata-doce em microdistilarias. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 23, p. e1777-e1777, 2021.

BOVELL-BENJAMIN, A. C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. **Advances in food and nutrition research**, v. 52, p. 1-59, 2007.



Doi: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(06\)52001-7](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)52001-7)

BRANT, R. DA S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas foto conversoras. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1401–1407, 2009.

Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000083>

CÂMARA, F. A. A. et al. Crescimento de cultivares de Ipomoea batatas oriundas de rebentos produzidas de forma convencional e in vitro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 363–372, 2017. Doi: <https://doi.org/10.19084/RCA15019>

CARDOSO, A. D. et al. Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1760–1765, 2007.

CARVALHO, A. A. et al. Análise do crescimento fisiológico do sorgo irrigado com água. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 5, p. 4258–4270, 2021.

Doi: 10.7127/rbai.v14n501212

CASTRO, E. M. et al. Crescimento e anatomia foliar de plantas jovens de Mikania glomerata Sprengel (guaco) submetidas a diferentes fotoperíodos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1293-1300, 2003. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000600013>

CASTRO, L. A. S et al. **Acessos de batata-doce do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado, com potencial de produção de biocombustível**. Pelotas-RS: Embrapa Clima Temperado, Documentos (INFOTECA-E). 2008. 26 p.

CASTRO, L. A. S. et al. **Obtenção de etanol de batata-doce na Embrapa clima temperado**. Simpósio estadual de agroenergia, 4., 2012, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: Embrapa Clima Temperado, 2012.

CASTRO, L. A. S. **Instruções para plantio de mudas de batata-doce com alta sanidade**. Embrapa Clima Temperado. Pelotas-RS: Embrapa Clima Temperado, Documentos (INFOTECA-E). 2010. 19 p.

CEREDA et al. Caracterizando tuberosas amiláceas Leonel e Cereda. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65–69, 2002.

CHANDA, S. V. et al. Growth Analysis Using Classical and Curve-Fitting Methods in Relation to Productivity in Pearl Millet (*Pennisetum americanum* L. Leeke). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 159, n. 5, p. 312–319, 1987.

Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1987.tb00108.x>

CHARLES, A. L.; SRIROTH, K.; HUANG, T. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. **Food chemistry**, v. 92, n. 4, p. 615–620, 2005.

CIP. **Centro Internacional de La Papa**. Disponível em: <https://cipotato.org/programs/potatoagri-food-systems-program/>. Acesso em: 04 fev. 2020.

CONCEIÇÃO M. et al. Partição de matéria seca entre órgão de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), cultivares Abóbora e Da Costa. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 10, p. 313–316, 2004. Doi: [HTTPS://DOI.ORG/10.18539/CAST.V10I3.964](https://doi.org/10.18539/CAST.V10I3.964)

CONCEIÇÃO M. et al. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) LAM) cultivares abóbora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 3, p. 273–278, 2005. Doi: [HTTPS://DOI.ORG/10.18539/CAST.V11I3.1251](https://doi.org/10.18539/CAST.V11I3.1251)

COSTA, F. M. et al. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em diferentes composições de substrato e ambiente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 138–146, 2018.

Doi: <https://doi.org/10.19084/RCA17230>

DANTAS, B. F. et al. Growth rates of catingueira seedlings submitted to different substrates and shading. **Revista Arvore**, v. 33, n. 3, p. 413–423, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000300003>

DAPENG, Z.; XIU-QING, L. **Sweetpotato as animal feed: the perspective of crop improvement for nutrition quality**. East, Southeast Asia and Pacific Region: Potato Center (CIP). v. 3, 2004. 2006p.

DUARTE, E. A. A.; MELO FILHO, P. DE A.; SANTOS, R. C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 843–847, 2013.

DUVERNAY, W. H. et al. Hydrolysis and fermentation of sweet potatoes for production of fermentable sugars and ethanol. **Industrial Crops and Products**, v. 42, n. 1, p. 527–537, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.028>

ECHER, F. R. et al. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura brasileira**, v. 27, p. 176-182, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Manual de métodos de análise de solo. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo**. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 1997. 212 p.

ERPEN, L. et al. Tuberização e produtividade de batata-doce em função de datas de plantio em clima subtropical. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 396–402, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1590/brag.2013.050>

FAO. **FAO statistical data base**. Disponível em: <http://www.fao.org/3/T0554E/T0554E14.htm>. Acesso em: 04 fev. 2020.

FARIAS, C. H. D. A. et al. Índice de área foliar em cana-de-açúcar sob diferentes níveis de irrigação e zinco na Paraíba. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 45-55, 2007.

FELTRAM, J. C. Fissuras em batata-doce. **Globo rural**. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,ERT222784-18289,00.html>. Acesso em: 09/02/2022.

FELTRIM, A. L. et al. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 50–55, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000100010>

FERNANDES, A. M. et al. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura brasileira**, v. 28, p. 299-304, 2010.

FERNANDES, F. D. et al. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, p. 1-12, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000100001>

FERREIRA, A. S. et al. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 362–370, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.479>

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FERREIRA, M.A.M. et al. Physiological characterization of plant growth in sweet potato. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1., p. 112-118, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190118>

FERREIRA, A. D. et al. Physiological index of seedlings of *Coffea arabica* grafted on *Coffea canephora*. **Coffee Science**, v. 4, n. 1, p. 27–34, 2009.

FIALLOS, G.; RAFAEL, F.; ALBERTO, C. Progresso temporal da ferrugem e redução sobre a área foliar e os componentes do rendimento de grãos em soja. **Acta Agronômica**, v. 60, n. 2, p. 147–157, 2011.

FIGUEIREDO, J. A. et al. Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 708–712, 2012.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.

FONTES, P. C. R. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 94-99, 2005.

FUGLIE, K. O. Economic prospects for root and tuber crop utilization for starch and animal feed in Asia. In: FUGLIE, K.O. (ed). Progress in potato and sweet potato research in Indonesia. Indonesia: **CIP**, p.148-161, 2003.

GASPAR, A. P. et al. Dry matter and nitrogen uptake, partitioning, and removal across a wide range of soybean seed yield levels. **Crop Science**, v. 57, n. 4, p. 2170–2182, 2017. Doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.05.0322>

GOBBI, K. F. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436–1444, 2011.

GOMES, F. H. F. et al. Análise de crescimento do milho safrinha em diferentes épocas de aplicação de zinco. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 557, 2018. Doi: 10.31413/nativa.v6i6.5576

GONÇALVES N., A. C. et al. Produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1513–1520, 2011.

GUARESCHI, R. F.; BRASIL, R. B.; PERIN, A.; RIBEIRO, J. M. M. Produção de silagem de híbridos de milho e sorgo sem nitrogênio de cobertura em safra de verão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 40, n. 4, p. 541–546, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/6389>. Acesso em: 4 jan. 2022.

GUEDES, P. T. P. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de clones de batata-doce de polpa alaranjada, branca e creme, 2021. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp Câmpus de Botucatu, Botucatu, 2021.

GUO, K. et al. Structural and functional properties of starches from root tubers of white, yellow, and purple sweet potatoes. **Food Hydrocolloids**, v. 89, n. August 2019, p. 829–836, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.058>

HEIFFIG, L. S. et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285–295, 2006.

HUAMAN, Z. et al. Selecting a peruvian sweet potato core collection on the basis of morphological, eco-geographical, and disease and pest reaction data. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 98, n. 5, p. 840–844, 1999.

HUAMÁN, Z. Systematic botany and morphology of the sweet potato plant. Technical Information Bulletin 25. Lima: **International Potato Center (IPC)**, 1992. 22p.

HUANG, J. et al. Sweet potato in China: economic aspects and utilization in pig production. **International Potato Center (IPC)**. Bogor, Indonesia, 2003.

HUNT, R., et al. A modern tool for classical plant growth analysis. **Annals of botany**, 490.4: 485-488, 2002. Doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcf214>

IBGE. **Produção Agrícola Nacional**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 20 de fev. 2020.

JIANG, T. et al. Protein-Bound Anthocyanin Compounds of Purple Sweet Potato Ameliorate Hyperglycemia by Regulating Hepatic Glucose Metabolism in High-Fat Diet/Streptozotocin-Induced Diabetic Mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 6, p. 1596–1608, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06916>

KAYS, S. J. Sweet potato production worldwide: Assessment, trends and the future. **Acta Horticulturae**, v. 670, p. 19–25, 2005. Doi: [10.17660/ActaHortic.2005.670.2](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.670.2)

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: GEN, 2017. 431 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo: RiMa Artes e Textos, 2004. 531 p.

LEÃO, J. M. et al. Índices fisiológicos de crescimento em mudas de maracujazeiro-amarelo sob substratos orgânicos. **Anais. CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA**. P. 2. 2019.

LEBOT, V. **Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids**. Wallingford: CAB, 2009. 432 p.

LEE, A. **Crescimento e Desenvolvimento das Plantas**. 2. ed. São Paulo: EDART, 1973. 96 p.

LEKSRISOMPONG, P. P. et al. Sensory attributes and consumer acceptance of sweet potato cultivars with varying flesh colors. **Journal of Sensory Studies**, v. 27, n. 1, p. 59–69, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00367.x>

LIMA, C. S. M. et al. Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de physalis. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2472–2479, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010001200006>

LIPORACCI, J. S. N.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Efeito do método de extração na composição química e nas propriedades funcionais do amido de inhame (*Dioscoreaalata*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 345, 2005.

LOPES, D. C. **Caracterização do desenvolvimento de clones de batata-doce de polpa alaranjada**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

LOPES, W. A. R. et al. Análise do crescimento de tomate “SM-16” cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 554–561, 2011.

LOWE, S. B.; WILSON, L. A. Yield and yield components of six sweet potato (*Ipomoea Batatas*) cultivars II. variability and possible sources of variation. **Experimental Agriculture**, v. 11, n. 1, p. 49–58, 1975.

MADHUSUDHAN, B. et al. Studies on sweet potatoes - III. Distribution of unit chains of branched and unbranched molecules of starch. **Food Chemistry**, v. 57, n. 2, p. 201–204, 1996.

MAINO, S. C. et al. Batata-doce (*Ipomoea batatas*) dentro do contexto de culturas energéticas, uma revisão. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 4, 2019.

Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v8i4.65754>

MALUF, W. R. **A batata-doce e seu o potencial na alimentação humana, na alimentação animal, e na produção de etanol biocombustível**. Cultura. p. 1–13, 2014.

MANTOVANI, E. C. et al. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 602–606, 2013.

MASSAROTO, J. A. et al. Avaliação de genótipos de batata-doce para a produção de raízes e ramas para alimentação animal. **Varia Scientia Agrarias**, v. 3, n. 1, p. 77-86, 2013.

MBUSA, H. et al. Agronomic Performance of Kenyan Orange Fleshed Sweet Potato Varieties. **Journal of Plant Studies**, v. 7, n. 2, p. 11, 2018.

MCHUGH, T. H.; KROCHTA, J. M. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 42, n. 4, p. 841-845, 1994.

MIRANDA, J. E. C et al. **Batata-doce** (*Ipomoea batatas* (L.) LAM). Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), n. 0102–6534, p. 19, 1989.

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



MORAIS, H. et al. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, p. 1131–1137, 2003.

MOREIRA, J. N. et al. Caracteres morfofisiológicos e produtivos de cultivares de batata-doce, em Mossoró, RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 33, 2011.

NASSER, M. D. et al. Produtividade e qualidade de raízes de batata-doce propagadas por diferentes tamanhos de mini estacas. **Scientia Plena**, v. 16, n. 7, 2020.

Doi: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.070204>

NAKAZONO, E. et al. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, p. 173-179, 2001.

Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000200007>

NEUMANN, M. et al. Corn hybrid silage quality according to harvesting time. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 369–382, 2020. Doi: 10.5433/1679-0359.2020v41n2p369

NIELSEN, J. W. et al. Degradation of the starch components amylopectin and amylose by barley  $\alpha$ -amylase 1: Role of surface binding site 2. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 528, n. 1, p. 1–6, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2012.08.005>

NITSCHKE, P.B. et al. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: <<http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

NUNES, M. U. C. et al. Produtividade de clones e cultivares de batata-doce com diferentes colorações de polpa em sistema de produção orgânico em Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Sergipe: Embrapa, 2009. 16 p. ISSN 1517-1981.

NWANKWO, I. I. M. et al. Evaluation of selected sweet potato landraces for high harvest index and high root yield indices for parental selection. **Int. J. Agric. Policy Res**, v. 6, p. 90-97, 2018. Doi: <https://doi.org/10.15739/IJAPR.18.011>

OLIVEIRA, E. C. A. DE et al. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 951–960, 2010.

OLIVEIRA, R. A. et al. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 71–76, 2007.

ONWUEME, I. C.; CHARLES, W. B. Tropical root and tuber crops: production, perspectives and future prospects. **Food & Agriculture Org.**, p. 115, 1994.

PARMAR, A.; HENSEL, O.; STURM, B. Post-harvest handling practices and associated food losses and limitations in the sweet potato value chain of southern Ethiopia. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 80, p. 65–74, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.12.002>

PAULETTI, V.; MOTTA, A.V.C. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p.

PAVLAK, M. C. M. et al. Estudo da fermentação do hidrolisado de batata-doce utilizando diferentes linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 82–86, 2011.

PEDÓ, T. et al. Crescimento de plantas e vigor de sementes de feijão em resposta à aplicação exógena de ácido giberélico. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 757–770, 2018. Doi: <https://doi.org/10.19084/RCA17169>

PEDÓ, T. et al. Physiological attributes, growth and expression of vigour in soybean seeds under soil water logging. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 39, p. 3791–3797, 2015. Doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9661>

PEDÓ, T. et al. Análise de crescimento de plantas de rabanete submetidas a doses de adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, 2014.

PEDROSA, C. H. Silagens de ramas e raízes de batata-doce. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 65p. 2012.

PEIXOTO, C. P. et al. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, 2011.

PEIXOTO, J. R. et al. Desempenho agrônômico de variedades de mandioca mansa em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 18, p. 19-24, 2005.

PILON, L. et al. Quality characterization, phenolic and carotenoid content of new orange, cream and yellow-fleshed sweetpotato genotypes. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 299–304, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210309>

PRELLWITZ, W. P. V.; COELHO, F. C. Produtividade de colmos, índice de área foliar e acúmulo de N na soca de cana-de-açúcar em cultivo intercalar com *Crotalaria juncea* L. **Revista Ceres**, v. 59, n. 6, p. 773–780, 2012.

QUEIROGA, R. C. F. et al. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 371–374, 2007.

RAVINDRAN, V. **Use of cassava and sweet potatoes in animal feeding**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995.

RIBEIRO, N. P. **Resposta da batata-doce a adubação nitrogenada associada ao uso de paclobutrazol**. 2020. Tese (Doutorado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, São Paulo, 2020.

RISSO, R. D. S. **Etanol de batata-doce: otimização do pré-processamento da matéria-prima e da hidrólise enzimática**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ROBERTSON, M.J. et al. Physiology and productivity of sugar cane with early and mid-season water deficit. **Field Crop Research**, v.64 p.211-227, 1999.

Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00042-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00042-8)

RODRIGUES, L. G. S. M. Composição química-bromatológica do resíduo de biocombustível de batata-doce (*Ipomoea batatas* (LAM)). **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, 2012.

RÓS, A. B. et al. Sweet potato yield as a function of different planting materials and plants spacing. **Científica**, v. 49, n. 1, p. 36–41, 2021.

ROSSI, E. S. et al. Características bromatológicas do grão e forragem de híbridos de milho com diferentes texturas de grãos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 2, p. 132–141, 2016. Doi: <https://doi.org/10.5039/agraria.v11i2a5363>

SANTOS, A. R. et al. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 445-452, 2017.

Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620170322>

SCHNEIDER, C.A. et al. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods**, v. 9, n. 7, p. 671-675, 2012.

SCHULTZ, N. et al. Yield of sugarcane varieties and their sugar quality grown in different soil types and inoculated with a diazotrophic bacteria consortium. **Plant Production Science**, v. 20, n. 4, p. 366–374, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1080/1343943X.2017.1374869>

SILVA, G. S. P. et al. Produtividade e concentração de amido em batata-doce em função da aplicação de potássio. **Ambiência**, v. 15, n. 2, p. 308–322, 2019.

SILVA J. B. C. et al. **Cultura da batata doce**. In: Sistemas de produção. Embrapa Hortaliças, 2008. Disponível em:

[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batatadoce/Batatadoce\\_Ipomoe\\_batatas/introducao.html](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batatadoce/Batatadoce_Ipomoe_batatas/introducao.html). Acesso em: 11 fev. 2020.

SILVA, P. I. B. E et al. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 132–139, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000200003>

SILVA, R. G. V. **Caracterização Físico-Química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos), Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia, Bahia, 2010.

SILVA, R. S. et al. Danos na cultura do milho em função da redução de área foliar por desfolha artificial e por doenças. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 4, p. 313–319, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/231093>

SILVEIRA, M. **A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol**. Boletim Técnico – UFT. Tocantins: Ed. Maio, 2007.

SILVEIRA, M. A. Batata-Doce: uma Nova Alternativa para a Produção de Etanol. Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Central – Brasília. **Álcool combustível**, (Série Indústria em Perspectiva), 163 p., 2008.

SMIT, N. E. J. M.; MATENGO, L. O. Farmers' cultural practices and their effects on pest control in sweet potato in south Nyanza, Kenya. **International Journal of Pest Management**, v. 41, n. 1, p. 2–7, 1995. Doi: <https://doi.org/10.1080/09670879509371912>

SOBRAL, L. F. et al. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E), p. 13, 2015.

STRASSBURGER, A. S. et al. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 283–289, 2011.

Doi: 10.4025/actasciagron.v33i2.5952

SUDA, I. et al. Intake of purple sweet potato beverage effects on serum hepatic biomarker levels of healthy adult men with borderline hepatitis. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, n. 1, p. 60–67, 2008.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TAVARES, A. C. S. et al. Efeito da inundação do solo nos índices fisiológicos da cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 229-235, 2018.

Doi: <https://doi.org/10.19084/RCA17036>

TAVARES, L. A. F. et al. Viabilidade econômica da semeadura de soja em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Energia na Agricultura**, v. 34, n. 2, p. 171-179, 2019.

Doi: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2019v34n2p171-179>

TAVARES, J. E. et al. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 199–203, 2002. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052002000200013>

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch - Composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 151–165, 2004.

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001>

TRUONG, V. D. et al. Sweet potato production, processing, and nutritional quality. **Handbook of Vegetables and Vegetable Processing: Second Edition**, v. 2–2, p. 811–838, 2018.

VANDEPUTTE, G. E. et al. Rice starches. II. Structural aspects provide insight into swelling and pasting properties. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n. 1, p. 53–59, 2003. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(02\)00141-8](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(02)00141-8)

VARELA, A.C. G. **Análise do comportamento morfofisiológico da cana-de-açúcar irrigada, variedades SP 791011 e SP 716949 nos tabuleiros costeiros paraibanos.** 2002. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade federal da Paraíba. 2002.

VIANA, D. J. S. **Produção e qualidade de raízes, ramos e silagem de ramos de clones de batata-doce em diferentes locais e épocas de colheita.** 2009. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009.

VIEIRA, J. R. **Caracterização de raízes e ramos de Batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) e seu potencial na alimentação animal.** 2019. Dissertação (Mestrado em Bioenergia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

VILLAVICENCIO, L E. et al. Temperature effect on skin adhesion, cell wall enzyme activity, lignin content, anthocyanins, growth parameters, and periderm histochemistry of sweet potato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 132, n. 5, p. 729–738, 2007. Doi: <https://doi.org/10.21273/JASHS.132.5.729>

WALUYO, B. et al. Identification of fifty sweet potato (*Ipomoea batatas (L.) Lam.*) promising clones for bioethanol raw materials. **Energy procedia**, v. 65, p. 22-28, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.024>

WANG, H. et al. Impact of ultrasonication on the aggregation structure and physicochemical characteristics of sweet potato starch. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 63, n. August, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104868>

WANG, X. et al. The inhibitory effects of purple sweet potato color on hepatic inflammation is associated with restoration of nad + levels and attenuation of nlrp3 inflammasome activation in high-fat-diet-treated mice. **Molecules**, v. 22, n. 8, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules22081315>

WARAMBOI, J. G. et al. Characterisation of sweet potato from Papua New Guinea and Australia: Physicochemical, pasting and gelatinisation properties. **Food Chemistry**, v. 126 n. 4, p. 1759-1770, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.077>

WERNER, F. et al. Dinâmica Da Cobertura Do Solo Por Plantas E Ndvi De Cultivares De Soja Em Diferentes Arranjos Espaciais De Plantas. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 2, p. 183–190, 2018.

XIANGLIN, L. **The livestock revolution and feed demand in China**. Sweet potato post-harvest research and development in China. Bogor: International Potato Center (IPC), p. 40-47, 2004.

ZISKA, L. H. et al. An evaluation of cassava, sweet potato and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 11, p. 1503–1508, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.07.014>



**ANEXO A - A AVALIAÇÃO DOS DESCRITORES MORFOLÓGICOS  
CONFORME HUAMÁN (1991)**

Tabela 1 - Descritores de caracterização das raízes tuberosas e parte aérea dos genótipos não identificados de batata-doce BD-8 e BS26. Ponta Grossa, 2022

Descritores	BD-8	BS26
Tipo de planta	9	9
Comprimento dos entrenós	3	5
Diâmetro dos entrenós	5	5
Cor predominante dos caules	1	3
Cor secundária dos caules	0	5
Pubescência do ápice dos caules	7	5
Perfil geral das folhas	3	4
Tipo de lóbulos	0	1
Número de lóbulos	1	3
Forma lóbulo central	2	2
Tamanho da folha madura	5	5
Cor nervuras abaxial	2	2
Cor da folha madura	2	2
Cor da folha imatura	3	2
Comprimento do pecíolo	5	5
Cor do pecíolo	3	1
Forma da raiz	8	9
Defeitos da raiz	5	0
Cor predominante da periderme	6	9
Intensidade da cor da periderme	1	3
Cor secundária da periderme	0	0
Cor predominante da polpa	2	9
Cor secundária da polpa	0	0
Distribuição da cor secundária da polpa	0	0
Espessura do córtex da raiz	1	5