

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

JOAB LUHAN FERREIRA PEDROSA

**EXPRESSÕES MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUÇÃO DE YACON
PROPAGADA ASSEXUADAMENTE**

ALEGRE-ES

2018

JOAB LUHAN FERREIRA PEDROSA

**EXPRESSÕES MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUÇÃO DE YACON
PROPAGADA ASSEXUADAMENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de Magister Scientiae em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz de Oliveira.

Coorientador: Prof. Dr. Moises Zucoloto.

ALEGRE-ES

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Sul, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P372e Pedrosa, Joab Luhan Ferreira, 1994-
Expressões morfofisiológicas e produção de yacon propagada
assexuadamente / Joab Luhan Ferreira Pedrosa. – 2018.
74 f. : il.

Orientador: Fábio Luiz de Oliveira.

Coorientador: Moises Zucoloto.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Plantio. 2. Plantas – Propagação. 3. Yacon. I. Oliveira, Fábio
Luiz de. II. Zucoloto, Moises. III. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 63

Bibliotecária: Lizzie de Almeida Chaves – CRB-6 ES-000871/O

JOAB LUHAN FERREIRA PEDROSA

**EXPRESSÕES MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUÇÃO DE YACON
PROPAGADA ASSEXUADAMENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal na área de concentração em Fitotecnia.

Aprovada em 12 de julho de 2018

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. Dr. Fábio Luiz de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)


Dr. Diego Mathias Natal da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo


Prof. Dr. Moises Zucoloto
Universidade Federal do Espírito Santo
(Coorientador)


Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo

À Minha mãe, Waldeth Ferreira Pedrosa e à
minha avó Maria de Nazaré Ferreira Alves, por
todo apoio e carinho.

DEDICO

"Eu não acredito que as coisas sejam boas ou ruins, a não ser em relação a nossas necessidades. Mas se eu tivesse que escolher uma qualificação, diria que, como Deus criou tudo, as coisas forçosamente são boas. No plano universal da criação, é possível que muito do que existe ou acontece tenha um significado que ainda não compreendemos. Será que as ervas daninhas existem para que não fiquemos preguiçosos, pois temos que arrancá-las da terra? Será que a dor que existe no mundo para podermos amar e dar valor à felicidade? Será que o ódio existe para que nós possamos vivenciar a alegria espiritual do perdão? A verdade é que, sem dificuldades, seria impossível que nós nos tornássemos seres humanos melhores e descobríssemos nosso verdadeiro eu. É nos momentos mais críticos que trazemos à luz o que há de melhor em nós."

- A. G. Roemmers -

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde e proteção em todos os momentos da minha vida, me dando força, coragem e discernimento para encarar esse desafio. À minha mãe, pelo amor, carinho, apoio e confiança incondicional que sempre me concedeu e por todas as alegrias vividas;

A Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização do curso, a (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo auxílio financeiro e apoio à pesquisa;

Agradeço ao professor Dr. Fábio Luiz de Oliveira, pela orientação, ensinamentos, conselhos e sugestões, pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis e principalmente pela amizade. A todo corpo de docentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, especialmente aos professores José Francisco Teixeira do Amaral, Marcelo Antonio Tomaz, Leandro Pin Dalvi, Paulo Cezar Cavatte, e Edvaldo Fialho dos Reis que contribuíram de forma significativa para minha formação com suas respectivas disciplinas durante o mestrado;

À banca examinadora, que prontamente aceitaram o convite para participar, e pela contribuição na melhoria deste trabalho;

Aos amigos, Ariany Texeira, Magno Paraja, Mateus Cabral, Juliana Elias pela amizade, companheirismo e ajuda no desenvolvimento do experimento, e por todos os momentos divertidos que passamos juntos. Aos amigos Vanessa Barros, Ramon Sales, Tiago Pacheco, Bruno Fardim, Matheus Quaresma e Márcio Apostólico a ajuda, o apoio e a disponibilidade de vocês foi fundamental e, aos demais colegas de pós-graduação, pelo convívio, ajuda e troca de experiências por muitos momentos;

Ao proprietário do viveiro de mudas em Celina-ES. Sr. Didi Mataveli, por ceder seu espaço para realização de parte da pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos!

BIOGRAFIA

Joab Luhan Ferreira Pedrosa, filho de Waldeth Ferreira Pedrosa, nasceu em 04 de fevereiro de 1994, em Itapecuru-Mirim, estado do Maranhão. Coursou o ensino fundamental, em três escolas: Paroquial São Vicente de Paulo, Leonel Amorim e Mariana Luz, cidade de Itapecuru-Mirim, MA. Coursou o ensino médio na Escola Estadual Ayrton Senna, na mesma cidade. Em julho de 2011, ingressou no curso de graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (CCAA-UFMA) na cidade de Chapadinha- MA. Durante a graduação, participou como bolsista do CNPq de projetos de iniciação científica (PIBIC). Em maio de 2016, recebeu o título de Engenheiro Agrônomo, e ingressou em julho do mesmo ano no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do (CCAUE-UFES), onde iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal, submetendo-se à defesa em 12 de julho de 2018.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	viii
GENERAL ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL	8
REFERÊNCIAS.....	10
ARTIGO I - PROPAGAÇÃO DE BATATA YACON A PARTIR DE ESTACAS HERBÁCEAS COM DIFERENTES NÚMEROS DE GEMAS	14
INTRODUÇÃO	16
MATERIAIS E MÉTODOS	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS.....	36
ARTIGO II - PROPAGAÇÃO DE BATATA YACON A PARTIR DE RIZÓFOROS COM DIFERENTES NÚMEROS DE GEMAS	42
INTRODUÇÃO	44
MATERIAIS E MÉTODOS	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS.....	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72

RESUMO GERAL

PEDROSA, Joab Luhan Ferreira, Universidade Federal do Espírito Santo, Julho – 2018.

Expressões morfofisiológicas e produção de yacon propagada assexuadamente.

Orientador: Fábio Luiz de Oliveira. Coorientador: Moises Zucoloto.

A batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tem origem Andina e atualmente está sendo cultivada e consumida em diversas partes do mundo por apresentar inúmeras propriedades nutraceuticas. O aumento do interesse na cultura gerou demanda por informações técnicas sobre seu cultivo, no entanto, essas informações são escassas, sobretudo, no Brasil. Dessa forma, o objetivou-se neste trabalho avaliar a propagação da batata yacon a partir de rizóforos e estacas herbáceas com diferentes números de gemas. Para tanto, foram realizados dois experimentos, ambos divididos em desenvolvimento das mudas em viveiro e crescimento de produção a campo. No experimento 1 os tratamentos constituíram-se da variação no número de gemas por estaca: a) T1- duas gemas; b) T2- três gemas e c) T3- quatro gemas. Em viveiro, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com 40 repetições e em campo, o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições. No Experimento 2, os tratamentos constituíram-se da variação no número de gemas nos rizóforos: T1 (1 a 2 gemas), T2 (3 a 4 gemas), T3 (5 a 6 gemas) e T4 (7 a 8 gemas). Em viveiro adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com 50 repetições e em campo o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições. Foram avaliadas as seguintes características morfológicas: altura de plantas (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), número de hastes (NH), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar, massa seca de folhas, de rizóforos, de raízes tuberosas e produtividade. Fisiológicas: valor estimado de clorofila, taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração foliar (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência no uso da água (EUA) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). De acordo com os resultados, obtidos nas fases de mudas e de campo, a batata yacon apresentou o melhor desenvolvimento, vegetativo e produtivo, quando propagada por estacas herbáceas com três gemas e quando propagada por rizóforos com 3 a 4 gemas.

Palavras-chave: *Smallanthus sonchifolius*. *Polymnia sonchifolia*. Asteraceae. Estaquia herbácea. Rizóforo. Plantio. Propágulos. Assexuada.

GENERAL ABSTRACT

PEDROSA, Joab Luhan Ferreira, **Universidade Federal do Espírito Santo**, July – 2018. **Forms of propagation of potato yacon**. Advisor: Fábio Luiz de Oliveira. Co-Advisor: Moises Zucoloto.

Potato yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is of Andean origin and is currently being grown and consumed for its numerous nutraceuticals properties. The increased interest in the crop generated demand for technical information about its cultivation, however this information is scarce, especially in Brazil. Thus, the objective of this work was to evaluate the propagation of the yacon potato from rhizophores and herbaceous cuttings with different numbers of buds. Two experiments were carried out, both of which were divided into nursery seedling development and field production growth. Experiment 1, in which the treatments constituted the variation in the number of buds per cutting: a) T1- two buds; b) T2- three buds; and c) T3- four buds. A completely randomized design with 40 replicates was used in the nursery, and the randomized block design with 4 replications was used in the experiment. In Experiment 2, the treatments consisted of the variation in the number of buds in the rhizophores: T1 (1 to 2 buds), T2 (3 to 4 buds), T3 (5 to 6 buds) and T4 (7 to 8 buds). In the nursery the design was completely randomized with 50 replications and in the field the randomized blocks design with 4 replicates. The following morphological characteristics were evaluated: plant height (H), collection diameter (DC), number of leaves (NF), number of stems (NH), Dickson quality index (IQD), leaf area, leaf dry mass, rhizophores, tuberous roots and productivities. Physiological: estimated value of chlorophyll, assimilation rate of CO₂ (A), leaf transpiration (E), stomatal conductance (g_s), internal CO₂ concentration (C_i), water use efficiency (EUA) and instantaneous carboxylation efficiency (A/C_i). According to the results obtained in the seedling and field phases, the yacon potato presented the best vegetative and productive development when propagated by herbaceous cuttings with three buds and when propagated by rhizophores with 3 to 4 buds.

Keywords: *Smallanthus sonchifolius*. *Polymnia sonchifolia*. Asteraceae. Herbaceous cuttings. Rhizophore. Cultivation. Propagules. Asexual.

INTRODUÇÃO GERAL

É crescente o interesse em culturas alimentares com baixo teor de carboidratos complexos e maior conteúdo de substâncias biologicamente ativas, vitaminas e antioxidantes (KONONKOV; SIDOROVA, 2011; DIONÍSIO et al., 2015). Uma dessas plantas é a batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*), uma planta perene herbácea da família Asteraceae, nativa da região andina da América do Sul que produz raízes tuberosas. Suas raízes apresentam quantidades reduzidas de amido e altas concentrações de frutooligossacarídeos (FOS) e inulina, compostos bioativos de importância à saúde humana, o que torna essa raiz tuberosa potencialmente benéfica, em especial na dieta de diabéticos (OLIVEIRA, 2010; CAETANO et al., 2016).

A batata yacon também possui considerável concentração de ácidos fenólicos como o ferúlico, clorogênico e cafeico, os quais apresentam atividade antioxidante, diminuindo o estresse oxidativo e, por sua vez, auxiliando na prevenção de algumas patologias crônicas não-transmissíveis (PEREIRA et al., 2016). Além disso, possui baixo valor calórico, fato que pode auxiliar em tratamentos de redução de peso ou mesmo, na prevenção de obesidade (SIMONOVSKA et al., 2003; RIBEIRO, 2008; BRANDÃO et al., 2014; SOUSA et al., 2015).

Diante disso, a batata yacon foi introduzida com sucesso em vários países como a Rússia, Nova Zelândia, República Checa, Japão, Estados Unidos e no Brasil, onde o cultivo comercial é relativamente recente (OJANSIVU; FERREIRA; SALMINEN, 2011).

Pode-se constatar o crescimento em produção de yacon por meio do volume de entrada no Ceasa/SP, já que cresceu de 723 toneladas em 2010 para 1606 toneladas em 2015, mais que dobrou e continua crescendo. Ela chega de 15 municípios e de quatro estados diferentes (OLIVEIRA, 2016). No estado do Espírito Santo, o município de Santa Teresa é o responsável pela maior parte da produção da hortaliça vendida na Ceasa/ES, seguido dos municípios de Santa Maria de Jetibá e Afonso Cláudio, região serrana do estado (CEASA- ES, 2017).

No entanto, embora sejam conhecidos alguns aspectos agronômicos (FERNANDEZ et al., 2006; SUMIYANTO et al., 2012; ARÁOZ et al., 2013; SILVA et al., 2015, ERLACHER et al., 2016; MORAES et al., 2017; SILVA et al., 2018), bioquímicos (BRANDÃO et al., 2014; AN et al., 2016; SANCHO et al., 2016; LEONE

et al., 2017) e genéticos (LORENZONI et al., 2017) desta plantas, o aumento do interesse pela batata yacon gera demanda por mais informações técnicas sobre seu cultivo, em especial, a propagação.

A propagação de yacon tem sido realizada via assexuada, principalmente devido à planta apresentar dificuldades na obtenção de sementes, por razões ainda pouco compreendidas (MANSILLA et al., 2010). Manrique et al. (2014) relatam que a difícil reprodução sexuada da batata yacon pode estar relacionada a fatores como: problemas durante a meiose (devido à sua possível origem híbrida), falta de viabilidade das sementes e da ausência de polinizadores.

No Brasil, a batata yacon é propagada, em cultivos comerciais através de porções do rizóforos (VILHENA et al., 2000). Entretanto, no seu local de origem ela também é plantada a partir de estacas herbáceas (SEMINARIO et al., 2003). Uma das principais dificuldades na implantação da cultura tem sido a falta de material propagativo, pois a propagação convencional por rizóforos apresenta uma sazonalidade de oferta, que ocorre com os momentos de colheita (que inclusive leva tempo, já que o ciclo da cultura pode chegar a 11 meses) e é onerosa em razão do grande volume de material a transportar. Nesse contexto, otimizar o uso desse material propagativo (rizóforos), determinando um tamanho ideal (peso e número de gemas) poderia significar redução nos custos de produção da lavoura. Assim como, buscar potencializar a adoção de outras formas, como as estacas herbáceas, que inclusive apresentam um considerável volume de material que é descartado pelos produtores (GURUNG, 2018).

A recomendação técnica para o plantio é utilizar rizóforos pesando entre 60 e 80 g, e para uma densidade média de 30 mil plantas/ha, gerando uma demanda de 1800 a 2400 kg/ha⁻¹ de rizóforos (VILHENA et al., 2000). Porém, esse volume pode ser reduzido, trabalhando-se a partir de uma razão com um número ideal de gemas em um rizóforo de menor peso, pois a presença de gemas está relacionada com a capacidade de emissão de parte aérea e futura capacidade de produção de assimilados nas mudas, além de outras substâncias como auxina, importante fator na promoção do enraizamento (TAIZ et al., 2017).

A mesma estratégia pode ser pensada para o uso de estacas herbáceas na propagação da yacon. Além do que, pode constituir em uma alternativa viável para solucionar o problema da escassez de material de plantio, reduzir o tempo e os custos de produção desse material.

Portanto, o presente trabalho objetivou avaliar a propagação da batata yacon a partir de rizóforos e estacas herbáceas com diferentes números de gemas.

REFERÊNCIAS

- AN, L.; YANG, J. C.; YIN, H., XUE, R.; WANG, Q., SUN, Y. C.; YANG, M. Inulin-Type Oligosaccharides Extracted from Yacon Produce Antidepressant-Like Effects in Behavioral Models of Depression. **Phytother.Res.**, [s.l.], p.1-6, 2016. <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.5698>.
- ARÁOZ, M. V. C.; GONZÁLEZ, A. M. K.; MERCADO, M. I.; PONESSA, G. I.; GRAU, A.; CATALÁN, C. A. Ontogeny and total sugar content of yacon tuberous roots and other three *Smallanthus* species (Heliantheae, Asteraceae), insights on the development of a semi-domesticated crop. **Genetic Resources And Crop Evolution**, [s.l.], v. 61, n. 1, p.163-172, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-013-0022-0>.
- BRANDÃO, C. C.; ASQUIERI, E. R.; ATTARAN, S.; DAMIANI, C. Study of the aging of fermented of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and sensory profile and acceptance. **Food Science And Technology**, [s.l.], v. 34, n. 2, p.332-340, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612014005000032>.
- CAETANO, B. F.; DE MOURA, N. A.; ALMEIDA, A. P.; DIAS, M. C.; SIVIERI, K.; BARBISAN, L. F. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a Food Supplement: Health-Promoting Benefits of Fructooligosaccharides. **Nutrients**, [s.l.], v. 8, n. 12, p.436-440, 2016. <http://dx.doi.org/10.3390/nu8070436>.
- DIONÍSIO, A. P.; SILVA, L. B. C.; VIEIRA, N. M.; GOES, T. S.; WURLITZER, N. J.; BORGES, F. M.; FIGUEIREDO, R. W. Cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) functional beverage improve the diabetic state in rats. **Food Research International**, [s.l.], v.77, p.171-176, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.020>
- ERLACHER, W. A.; OLIVEIRA, F. L.; FIALHO, G. S.; SILVA, D. M. N.; CARVALHO, A. H. O. Models for estimating leaf área of yacon. **Horticultura Brasileira** (Impresso), v.34, p.422 - 427, 2016.

- FERNÁNDEZ, E. C.; VIEHMANNÓVÁ, I.; LACHMAN, J.; MILELLA, L. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the Central Europe. **Plant Soil Environ.**, v. 52, p. 564-570, 2006.
- GURUNG, S. An Introduction to Ground Apple (*Smallanthus sonchifolius*): A Review. **International Journal of Genetics**, v. 10, p.401-404, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.9735/0975-2862.10.4.401-404>
- KONONKOV, P. F.; SIDOROVA, N. V. Use of growth regulators during introduction of yacon in the Non-Chernozem Zone of Russia. **Russian agricultural sciences**, v. 37, n. 3, p. 209, 2011.
- LEONE, R. S.; ANDRADE, E. F. R.; ELLENDERSEN, L. N.; CUNHA, A. T.; MARTINS, A. M. C.; GRANATO, D.; MASSON, M. L. Evaluation of dried yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as an efficient probiotic carrier of *Lactobacillus casei* LC-01. *Lwt - Food Science And Technology*, [s.l.], v. 75, p.220-226, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.027>.
- LORENZONI, R. M.; MENINE, F.; MARQUES JUNIOR, E.; OLIVEIRA, F. L.; SOARES, T. C. B. Genetic diversity of yacon accessions using ISSR markers. **Genetics And Molecular Research**, v.16, p.1 - 8, 2017.
- MANRIQUE, I.; GONZALES, R.; VALLADOLID, A.; BLAS, R.; LIZÁRRAGA, L. Producción de semillas en yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &Endl.)) mediante técnicas de polinización controladas. **Ecología Aplicada**, [s.l.], v. 13, n. 1-2, p.135-140, 2014. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.464>.
- MANSILLA R, LÓPEZ C, FLORESM, ESPEJO R. Reproductive biology study in five accessions of *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &Endl.) Robinson. **Ecol Appl**, v.9, p.167–75, 2010.
- MORAES, W. B.; MENDONÇA, R. F.; SCHWAN, V. V.; DE OLIVEIRA, F. L.; VENTURIN, C. H. P.; SOBREIRA, F. B. S.; SOARES, T. C. B. First Report of *Fusarium oxysporum* Causing Fusarium Root Rot on Yacon Potatoes in Brazil. **Plant Disease**, [s.l.], v. 101, n. 4, p.629-629, 2017. <http://dx.doi.org/10.1094/pdis-04-16-0493-pdn>.
- OJANSIVU, I; FERREIRA, C; SALMINEN, S. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. **Trends InFood Science & Technology**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.40-46, 2011.<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2010.11.005>.

- OLIVEIRA, R. L. C. Etnobotânica e plantas medicinais: estratégias de conservação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.10, n.2, 2010.
- OLIVEIRA, T. Diversidade e yacon. 2016. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/2016-06-03-10-49-48/diversidade-e-yacon.html>>. Acesso em: 09 jun. 2018.
- PEREIRA, J. A. R.; TEIXEIRA, M. C.; SACZK, A. A.; BARCELOS, M. D. F. P.; OLIVEIRA, M. F. D.; ABREU, W. C. D. Total antioxidant activity of yacon tubers cultivated in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 40, n. 5, p.596-605, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542016405009416>.
- RIBEIRO, J.A. **Estudos químico e bioquímico do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) In natura e processado e influência do seu consumo sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos**. 2008. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação “scripto-sensu” em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais - Brasil, 2008.
- SANCHO, R. A. S.; SOUZA, J. D. R.; DE LIMA, F. A.; PASTORE, G. M. Evaluation of oligosaccharide profiles in selected cooked tubers and roots subjected to in vitro digestion. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], p.1-8, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.046>.
- SANTANA, I; CARDOSO, M.H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 38, n. 3, p.898-905, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782008000300050>
- SEMINARIO, J.M.; VALDERRAMA, E I.; MANRIQUE. **El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, PER. 2003.
- SILVA, D. M. N.; VENTURIM, C. H. P.; CAPUCHO, M. E. O. V.; OLIVEIRA, F. L.; MENDONÇA, S E. Impact of soil cover systems on soil quality and organic production of yacon. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 235, p.407-412, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.024>.
- SILVA, D. M. N; OLIVEIRA, F. L; DALVI L, P.; PRATISSOLI, D.; ERLACHER W. A; QUARESMA, M. A. L. Occurrence of insects causing injuries to the yacon crop. **Horticultura Brasileira**, v.33, p. 394-397, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000300020>.

- SIMONOVSKA, B.; VOVK, I.; ANDRENŠEK, S.; VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers. **Journal Of Chromatography A**, [s.l.], v. 1016, n. 1, p.89-98, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/s0021-9673\(03\)01183-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0021-9673(03)01183-x).
- SOUSA, S.; PINTO, J.; RODRIGUES, C.; GIÃO, M.; PEREIRA, C.; TAVARIA, F.; PINTADO, M. Antioxidant properties of sterilized yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuber flour. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 188, p.504-509, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.047>.
- SUMIYANTO, J.; DAYAN, F. E.; CERDEIRA, A. L.; WANG, Y. H.; KHAN, I. A.; MORAES, R. M. Oligofructans content and yield of yacon (*Smallanthussonchifolius*) cultivated in Mississippi. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 148, p.83-88, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.020>.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- VILHENA, S. M. C.; CÂMARA, F. L. A.; KAKIHARA, S. T. O cultivo de yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v.18,p.5-8, 2000.

ARTIGO I - PROPAGAÇÃO DE BATATA YACON A PARTIR DE ESTACAS HERBÁCEAS COM DIFERENTES NÚMEROS DE GEMAS

Resumo: Objetivou-se no presente trabalho avaliar a propagação da batata yacon a partir de estacas herbáceas com diferentes números de gemas. Por conseguinte, montou-se um experimento dividido em duas fases. A primeira fase foi desenvolvida em viveiro de mudas, no delineamento experimental inteiramente casualizado com 40 repetições. Os tratamentos constituíram-se da variação no número de gemas por estaca: a) T1- duas gemas; b) T2- três gemas ; e c) T3- quatro gemas. A segunda fase foi conduzida a campo com delineamento experimental em blocos ao acaso, com 4 repetições, cujos tratamentos foram os mesmos utilizados na fase de mudas. Foram avaliadas as seguintes características: número de folhas por planta, área foliar, altura da planta, diâmetro do caule, número de hastes por planta, massa seca de folhas, caules, rizóforos, raízes tuberosas, produtividade de raízes tuberosas grandes, médias, pequenas e totais. Também foi avaliado o valor estimado de clorofila, taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração foliar (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência no uso da água (EUA) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). De acordo com os resultados obtidos, nas fases de mudas e de campo, a batata yacon apresentou o melhor desenvolvimento vegetativo e produtivo, quando propagada por estacas herbáceas com três gemas.

Palavras-chave: *Smallanthus sonchifolius*. Plantio. Propágulo. Assexuada. Estaquia.

ARTICLE I - YACON POTATO PROPAGATION FROM HERBACEOUS CUTTING WITH DIFFERENT NUMBERS OF GEMS

Abstract: The objective of the present work was to evaluate the propagation of the yacon potato from herbaceous cuttings with different numbers of buds. Therefore, we set up experiment divided into two phases. The first phase was developed in a nursery of seedlings, completely randomized with three treatments and 40 repetitions, the treatments consisted of the variation in the number of buds per pile: a) T1- two buds; b) T2- three gems; and c) T3- four gems. The second phase was conducted in a field with a randomized block design, with three treatments and four replications, the treatments being the same as those used in the seedling phase. Each experimental plot consisted of 4 planting lines with 5 plants, spaced 1.0 m between rows and 0.5 m between plants, totaling 20 plants per experimental plot. The following characteristics were evaluated: number of leaves per plant, leaf area, plant height, stem diameter, number of stems per plant, dry mass of leaves, stems, rhizophores, tuberous roots, yields large, medium, small and total. The estimated value of chlorophyll, CO₂ net assimilation rate (A), leaf transpiration (E), stomatal conductance (g_s), internal CO₂ concentration (C_i), water use efficiency and efficiency instant carboxylation (A/C_i) was also evaluated. According to the results obtained, in the seedling and field phases, the yacon potato presented the best vegetative and productive development when propagated by herbaceous cuttings with three buds.

Keywords: *Smallanthus sonchifoliu.*. Planting. Propagules. Asexual. Cuttings.

INTRODUÇÃO

A batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma cultura andina que nos últimos anos tem atraído interesse significativo, por possuir substâncias que têm ação benéfica à saúde humana, como os frutanos, destacando-se os do tipo inulina e frutooligosacarídeos, (FOS). Esses frutanos são capazes de resistir à hidrólise pelas enzimas digestivas do corpo humano e, dessa forma, passam por meio do trato digestivo sem serem metabolizados, fornecendo baixo conteúdo energético ($1,5 \text{ kcalg}^{-1}$) e exercendo funções semelhantes à fibra alimentar (GENTA et al., 2009). Constitui um alimento prebiótico de baixo teor calórico, adequado para pessoas com diabetes e excesso de peso (SEMINARIO et al., 2003; SACRAMENTO; SILVA; TAVARES, 2017).

Os estudos sobre a batata yacon em sua grande maioria são pautados principalmente para conhecer a diversidade genética e morfológica (MANSILLA et al., 2006; ALBINO; GUEVARA; CAVERO, 2015) e o potencial como alimento funcional e medicinal (VALENTOVÁ e ULRICHOVÁ, 2003; ARNAO et al., 2011; DELGADO et al., 2013; SATOH et al., 2013). Outra linha do estudo é a produção de sementes (MANRIQUE et al., 2014). No entanto, existem lacunas na informação sobre o manejo agrônomico, propagação, fisiologia das plantas e pós-colheita (SEMINARIO et al., 2003, MANRIQUE et al., 2005).

No contexto agrônomico, a propagação é uma fase do manejo em que há maior necessidade de geração de informações. A principal forma de se propagar a yacon é por partes vegetativas, isso ocorre pela dificuldade na obtenção de sementes botânicas viáveis (ZARDINI et al., 1991).

No seu local de origem a planta é propagada vegetativamente, por duas formas, a mais tradicional, através de pedaços da porção subterrânea do caule, chamados rizóforos, ou também através de estacas das hastes aéreas com no mínimo duas gemas. Esta técnica permite ter propágulos ou estacas vegetativas, na metade do tempo necessário comparado ao uso de rizóforos (SEMINARIO et al. 2003). Além disso, segundo os mesmos autores o rendimento das raízes geradas por esta técnica, em comparação com o rendimento das plantas obtidas a partir de rizóforos, é similar, com a vantagem em relação à produção de raízes de armazenamento mais flexíveis e com menos deformações.

No Brasil, a propagação da batata yacon em áreas produtivas tem sido feita apenas a partir de rizóforos, pesando de 60 a 80 g (VILHENA et al., 2000), o que dificulta a aquisição de material propagativo para cultivos comerciais expressivos, já que o custo dos rizóforos tem aumentado, acompanhando a expansão das lavouras. Isto constitui limitação para a expansão da cultura, principalmente para os agricultores que desejam iniciar o seu cultivo (SILVA, 2015).

Estudos sobre a utilização de estacas das hastes aéreas da planta na propagação da batata yacon podem ser uma alternativa ao uso dos rizóforos, principalmente para instalação de novas lavouras. Este método desenvolve uma nova planta formando gemas apicais e raízes, possui a vantagem de garantir a expressão de genótipos superiores, além da maior produção de mudas em menor espaço de tempo (PINTO; FRANCO, 2009; TAVARES et al., 2012).

Para se potencializar o uso da haste vegetativa da batata yacon é importante definir um número de gemas ideal para a propagação da mesma. Pois, a presença de gemas é um dos fatores que exerce grande estímulo à iniciação de raízes. Este efeito está relacionado à translocação de carboidratos para a base da estaca, além de auxinas, hormônios vegetais, que participam do seu crescimento e diferenciação e outros cofatores importantes para o enraizamento (HARTMAN et al., 2002; TAIZ et al., 2017).

Pelo exposto, objetivou-se no presente trabalho avaliar a propagação da batata yacon a partir de estacas herbáceas com diferentes números de gemas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenvolvimento das mudas em viveiro

Foi instalado um experimento em viveiro comercial de produção de mudas, no período de fevereiro a abril de 2017. O viveiro está localizado em Celina, município de Alegre/ES, a 20° 47' 1" de latitude Sul e 41° 36' 56" de longitude Oeste e 640 m de altitude. A classificação climática da região, proposta por Köppen, é tropical úmido com temperatura média anual de 24 °C (PEZZOPANE et al., 2012).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três tratamentos e 40 repetições. Os tratamentos constituíram-se da variação no número de gemas por estaca: a) T1- duas gemas; b) T2- três gemas e c) T3- quatro gemas.

As estacas herbáceas foram obtidas em uma lavoura experimental de yacon, conduzida na localidade de Alto Norte (1180 m de altitude), município de Muniz Freire/ES. Em seguida, o material vegetal foi levado para o laboratório de análises vegetais da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES) para preparo das estacas.

As estacas foram cortadas, com auxílio de tesoura de jardinagem comum e padronizadas pelo diâmetro médio de 15 mm, e com o tamanho variado em função do número de gemas, conforme cada tratamento. Posteriormente, para proteger as estacas do possível ataque por agentes patógenos, essas foram lavadas em água corrente e em seguida imersas em solução de hipoclorito de sódio, na concentração de 0,0038 mL/L durante o período de 5 minutos de acordo com SEMINÁRIO et al. (2003). Em seguida, foram mantidas na posição de ápice para cima, em recipiente com água filtrada, cobrindo 1/3 do comprimento das estacas, até o momento do plantio.

O plantio foi realizado no dia seguinte ao preparo das estacas (ou seja, dois dias após coleta das estacas), em sacolas de polietileno (dimensões de 10 cm de diâmetro e 22 cm de altura, e capacidade volumétrica de 1,7 litros), preenchidas com substrato usado, constituído de terra+esterco. A análise do substrato revelou as concentrações de 100 mg/dm³ de P, 657 mg/dm³ de K, 4,74 cmol_c / dm³ de Ca, 0,97 cmol_c /dm³ de Mg, 3,05 cmol_c /dm³ de H + Al , 7,67 g/kg de matéria orgânica. As estacas ou mudas foram mantidas sob telado de sombrite (com 70% de restrição de luminosidade), sendo feitas duas irrigações manuais diárias, com (capacidade/volume) de 13 litros distribuídos com regador de maneira uniforme para todas as mudas.

Aos 60 dias após o plantio, o experimento foi encerrado e realizaram-se as seguintes avaliações: Área foliar, mensurada de maneira indireta, utilizando a medida de largura e comprimento de cada folha, obtendo a estimativa da área foliar total por planta de acordo com o modelo de determinação indireta ($AF_{CL} = (-27,7418 + (3,9812CL / \ln CL)$) proposto por ERLACHER et al., 2016; número de brotos (NB); número de folhas completamente desenvolvidas (NF); e, utilizando a estaca apenas como estrutura foi feita a medição do diâmetro utilizando paquímetro do broto mais desenvolvido.

Para a obtenção da biomassa seca, as folhas e raízes foram separadas em sacos de papel craft e postas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até a estabilização do peso. As massas foram determinadas por meio de balança digital semianalítica.

As análises fisiológicas empregadas foram realizadas por meio do leitor de gases por infravermelho (IRGA Licor 6400XT), obtendo assim, estimativas da taxa de assimilação líquida de carbono (A), expressa em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; condutância estomática (g_s), expressa em $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; taxa de transpiração foliar (E), expressa em $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, estimativa da eficiência do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$). Também foram calculadas concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-1} \text{s}^{-1} \mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$).

A avaliação foi realizada em dia de céu limpo, entre 8 e 11 horas da manhã, tomando-se por padrão folhas totalmente desenvolvidas, e sem a ocorrência visual de qualquer tipo de anomalia. A radiação fotossinteticamente ativa foi padronizada em luz saturante artificial de $1000 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e o CO_2 em concentração na câmara de 420 ppm.

Foi avaliado o teor de clorofila a , b e clorofila total das folhas, utilizando o medidor portátil de teor de clorofila “ClorofiLOG” Falker modelo FL1030, com as medições realizadas entre 8 e 11 horas da manhã.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa computacional R (*Development Core Team* 2016).

Crescimento e produção a campo

Para acompanhar o desenvolvimento das plantas até a produção foi realizado um experimento, no período de abril a outubro de 2017, na área experimental do CCAE/UFES, na localidade de Rive, município de Alegre – ES, a $20^\circ 45'$ de latitude Sul e $41^\circ 29'$ de longitude Oeste e altitude de 113 m.

A referida região utilizada é uma baixada no vale do Rio Itapemirim, que é uma microrregião tropical quente (terras baixas) com temperaturas mais elevadas (PEZZOPANE et al., 2012). A temperatura média mensal variou de 22°C a 26°C , e a precipitação pluvial alcançou 201,6 mm durante os meses em que o experimento foi conduzido (Figura 1).

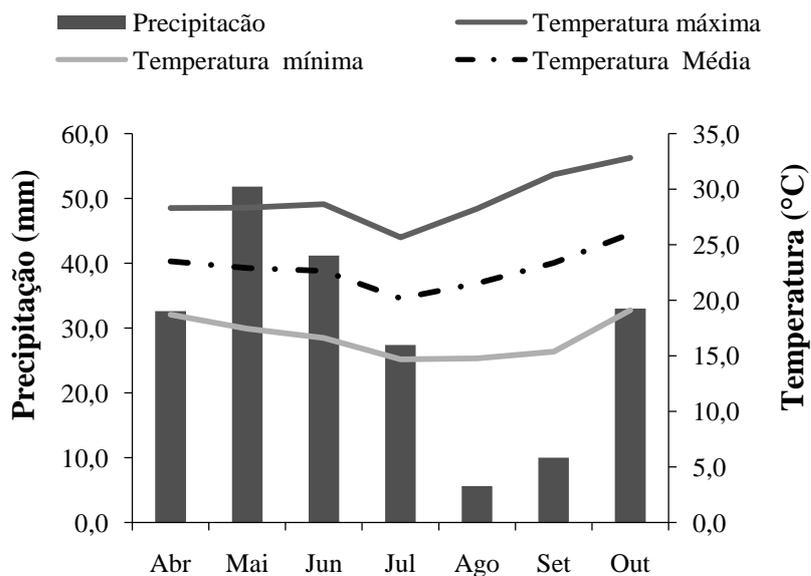


Figura 1. Acúmulo mensal de precipitação (mm), média das temperaturas máximas, mínimas e médias (°C), observadas no período de abril a outubro de 2017, em Alegres. Fonte: INMET*, Sistema de Informações Meteorológicas, 2017. *Estação meteorológica.

O solo onde o experimento foi conduzido foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média (EMBRAPA, 2014), cuja amostra, coletada de 0-20 cm de profundidade, foi analisada no Laboratório de Solos do CCAE/UFES, apresentando: pH (água) 5,73; Fósforo Mehlich 1 (mg dm^{-3}) 34,79; Potássio (mg dm^{-3}) 42; Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 2,51; Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 1,38; Alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 0,00; Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 2,36; CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 2,36; Saturação por bases (%) 57,34; Carbono orgânico total (%) 1; Nitrogênio total (%) 0,1; Areia (%) 55; Silte (%) 4; Argila (%) 30.

O experimento seguiu o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, cujos tratamentos foram constituídos pelas mudas produzidas a partir das estacas herbáceas com diferentes tipos de gemas: a) T1-duas gemas; b) T2-três gemas e c) e T3- quatro gemas. Cada parcela experimental foi constituída por 4 linhas de plantio com 5 plantas, espaçadas de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Foram utilizadas como área útil as duas linhas centrais, exceto as plantas da bordadura de cada linha.

O manejo da adubação foi realizado com a aplicação em cobertura de 180 g de esterco bovino curtido por planta. O esterco bovino continha os seguintes nutrientes: 15,05 g. kg^{-1} de N; 6,00 g. kg^{-1} de P; 30,07 g. kg^{-1} de K; 9,10 g. kg^{-1} de Ca e 8,75g. kg^{-1}

de Mg. Ao longo do ciclo de cultivo foi realizado o controle manual de plantas espontâneas e irrigação por aspersão convencional, após observação diária da necessidade de irrigação, de acordo com as recomendações para a cultura da batata yacon (SILVA, 2015).

Ao longo do ciclo de cultivo da batata yacon, foram realizadas quatro coletas de dados morfológicos: aos 60, 105, 160 e 220 dias após o transplante das mudas (DAT). Nessas coletas foram avaliados: altura da planta (maior haste), número de folhas e número de hastes por planta, área foliar, diâmetro do caule. Ao final do ciclo (220 DAT), foram avaliados: massa seca de folhas, rizóforos, raízes tuberosas e produtividade de raízes tuberosas frescas, classificando-as por tamanho em grandes, médias, pequenas e total (OLIVEIRA, 2016).

Também foram realizadas análises fisiológicas. Na folha índice: folha mais nova completamente expandida por meio do leitor de gases por infravermelho (IRGA Licor 6400XT), obtendo assim, estimativas da taxa de assimilação líquida de carbono (A), expressa em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; condutância estomática (g_s), expressa em $\text{mol H}_2\text{O}^{-2} \text{s}^{-1}$; taxa de transpiração foliar (E), expressa em $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e estimativa da eficiência do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$). Também foram calculadas a concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a eficiência instantânea de carboxilação (AC_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-1} \text{s}^{-1} \mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$).

Foi avaliado o teor de clorofila a , b e clorofila total das folhas, utilizando o medidor portátil de teor de clorofila “ClorofiLOG” Falker modelo FL1030, com as medições realizadas entre 8 e 11 horas da manhã.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foram ajustadas regressões para as variáveis ao longo do tempo quando significativo. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa computacional de código aberto R (*Development Core Team* 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento das mudas em viveiro

Nota-se que as mudas originárias de estacas com 4 gemas (T-3) apresentaram maior número de brotos, mas, esses brotos apresentaram menor diâmetro, quando comparados com as mudas originadas de 2 ou 3 gemas, que não se diferiram. Também, observou-se que as mudas originárias de estacas com 4 gemas apresentaram maior número de folhas, no entanto, com menor área foliar, quando comparadas com as mudas originadas de 2 ou 3 gemas (Tabela 1).

Esse resultado evidencia um possível efeito compensatório nas mudas, pois as estacas com maiores números de gemas desenvolveram um maior número de brotos, comportamento esperado, e que por questão de relação fonte/dreno, esses brotos tiveram menores diâmetros.

O mesmo aconteceu com as folhas, pois as mudas de estacas com 2 e 3 gemas, apesar de apresentarem os menores números de folhas, apresentaram as maiores áreas foliares, demonstrando que essas folhas, apesar de ainda jovens (mudas) já estavam mais expandidas. Esse é um fato interessante, porque essa característica, além de representar maior capacidade de produção de fotoassimilados, também possibilita maior síntese de auxinas, já que os tecidos de folhas jovens são importantes sítios desse hormônio, que é essencial para emissão de raízes adventícias e crescimento da planta (CARVALHO et al., 2015).

Tabela 1. Número de brotos (NB), diâmetro do broto (DB), número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) em mudas de batata yacon originadas de estacas herbáceas com diferentes números de gemas. Alegre, ES, 2017.

Tratamento	NB	DB (mm)	NF	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSR (g)
T-1	1,55 b	6,77 a	9,05 b	226,54 b	2,22 a	0,16 c
T-2	1,44 b	7,11 a	8,88 b	248,80a	2,21 a	0,24 a
T-3	1,83 a	6,08 b	9,89 a	187,47c	2,01b	0,19 b
CV (%)	28,39	11,42	10,15	6,55	8,24	12,31

T-1= 2 gemas; T-2 = 3 gemas; T-3 = 4 gemas, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

No acúmulo de massa seca em raízes, nota-se que as mudas originadas de estacas com 3 gemas (T-2) foram as que melhor se desenvolveram, seguidas das mudas com 4 gemas, e depois com 2 gemas (Tabela 1). Esse maior acúmulo de massa em raízes corrobora com a discussão anterior, com maior área foliar das mudas do (T-2), possibilitando maior produção de carboidratos e, por consequência maior investimento das plantas em acúmulo de massa, em parte aérea e raízes (ANDRADE et al., 2009).

De acordo com Vidal et al., (2006), a relação equilibrada entre a massa da matéria seca da parte aérea e o sistema radicular, pode demonstrar uma melhor distribuição de raízes, caracterizando uma melhoria na qualidade da muda. Esta relação é de fundamental importância para a organização e o funcionamento dos processos fisiológicos e o desenvolvimento das plantas (LELES et al., 2000).

Analisando os teores de clorofila, nota-se que para clorofila *a* não há diferença entre os tratamentos, no entanto, as mudas originadas de estacas com 3 gemas apresentaram maiores teores para clorofila *b*, seguidas das mudas com 2 gemas, e depois com 4 gemas. Resultado semelhante foi observado para clorofila total, com as mudas de estacas com 3 gemas se destacando e apresentando maior valor em relação às mudas originadas de estacas com duas gemas (Tabela 2).

Os resultados confirmam diferenças entre as mudas para a capacidade de realização da fotossíntese, destacando-se que as mudas de estacas com 3 gemas apresentariam maior capacidade na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, por apresentar maior quantidade de clorofila *b* (STREIT et al., 2005). Além disso, apresentam maiores teores de clorofila total, apesar de não diferir das mudas com 4 gemas.

Tabela 2. Teores de clorofila em mudas da batata yacon, originadas de estacas herbáceas com diferentes números de gemas, Alegre, ES, 2017.

Tratamento	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila Total
T-1	23,88 ^{ns}	6,72b	30,52b
T-2	24,66 ^{ns}	7,23a	31,89a
T-3	24,47 ^{ns}	6,22c	30,69ab
CV (%)	3,6	6,19	3,84

T-1= 2 gemas; T2 = 3 gemas; T3 = 4 gemas, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo.

Observando as variáveis fisiológicas (Tabela 3), nota-se que as mudas originadas de estacas com 3 gemas, apresentaram maior condutância estomática (g_s), o que refletiu nas maiores taxas de transpiração (E), demonstrando que as plantas estariam em uma condição favorável, que permitiria maior abertura de estômatos, resultando em maior condutância dessas plantas (manutenção do contínuo solo-planta atmosfera) (PAUL et al., 2017). O que implica diretamente na capacidade de absorção de nutrientes e, conseqüentemente, melhorando seu crescimento, corroborando o maior acúmulo de MSPA e MSR (Tabela 1).

Também nota-se maior taxa de assimilação líquida nas mudas originadas de estacas com 3 gemas, apesar da semelhança com as de 2 gemas (Tabela 3), refletindo a maior eficiência dessas plantas em incrementar a massa seca total em função da área foliar, corroborando a maior MSPA e MSR observada (Tabela 1). Indiretamente pode-se sugerir que as plantas foram mais eficientes no uso dos recursos como luz, CO_2 , temperatura, disponibilidade de água e nutrientes, idade das folhas, etc, (PINZÓN-TORRES; SCHIAVINATO, 2008).

Esse fato pode estar relacionado com o número de folhas, pois nas mudas originadas de 4 gemas, que apresentaram um maior número de folhas, poderia haver competição por luz, principalmente, devido à sobreposição das folhas, tendendo a diminuir a fotossíntese líquida e quando isso acontece os estômatos tendem a ficar mais fechados assimilando menores volumes de CO_2 (GUIMARÃES et al., 2017), o que ocorreria com menor intensidade nas mudas originadas de estacas com 3 gemas.

As mudas originadas de estacas com 3 gemas apresentaram as menores eficiências no uso de água (EUA) (Tabela 3), ou seja, menor quantidade de carbono fixado, por cada unidade de água transpirada, isso por consequência de uma condição de conforto e maior área foliar que levou a planta a transpirar mais, diminuindo a eficiência. Apesar da menor eficiência no uso da água para fixar carbono, essa condição não prejudicou o crescimento das mudas, que apresentaram maiores acúmulos de massa seca, conforme já demonstrado (Tabela 1).

Tabela 3. Condutância estomática (g_s), transpiração (E), taxa de assimilação líquida CO_2 (A), eficiência no uso da água (EUA), concentração interna de CO_2 (C_i) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), em folhas de mudas da batata yacon, originadas de estacas herbáceas com diferentes números de gemas, (Alegre/ES 2017).

Tratamento	g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
T-1	0,513c	2,23c	5,53ab
T-2	0,777a	4,37a	5,59a
T-3	0,695b	3,69b	5,38b
CV (%)	7,68	6,34	5,63

Tratamento	EUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)	C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	AC_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$ $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$)
T-1	2,48a	338,23b	0,016a
T-2	1,28c	370,30a	0,015a
T-3	1,45b	361,63a	0,013b
CV (%)	7,5	4,47	6,85

T-1= 2 gemas; T2 = 3 gemas; T3 = 4 gemas, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

A maior concentração interna de CO_2 (C_i) nas folhas das mudas originadas de estacas com 3 gemas, apesar da semelhança com as estacas de 4 gemas, ocorreu em virtude da maior condutância estomática (g_s) (Tabela 3), que permite maiores aberturas dos estômatos, favorecendo maior entrada de CO_2 para a cavidade subestomática. Em valores baixos de C_i como apresentado para a estaca com 2 gemas, há um balanço negativo entre CO_2 fixado fotossinteticamente e o liberado pela respiração. A concentração interna de CO_2 corresponde ao balanço nulo entre a quantidade de CO_2 que entra e a que sai da câmara subestomática e define o ponto de compensação de CO_2 (RIBEIRO et al., 2018).

Além do mais, para baixa concentração interna de CO_2 , a enzima ribulose bifosfato (RuP2) carboxilase-oxigenase (rubisco) fica saturada ao substrato RuP2, o aumento da concentração interna de CO_2 provoca aumento linear da taxa de assimilação líquida (A) até a fotossíntese atingir o valor máximo, o que pode ter acontecido (Tabela 3). Incrementos na fotossíntese, além desse ponto, não ocorrem devido à saturação de CO_2 e à limitação quanto à capacidade de regeneração de RuP2, ou seja, mesmo que ocorra um aumento na concentração interna de CO_2 , não ocorre aumento de A (MACHADO et al., 1994; ZEIST et al., 2017).

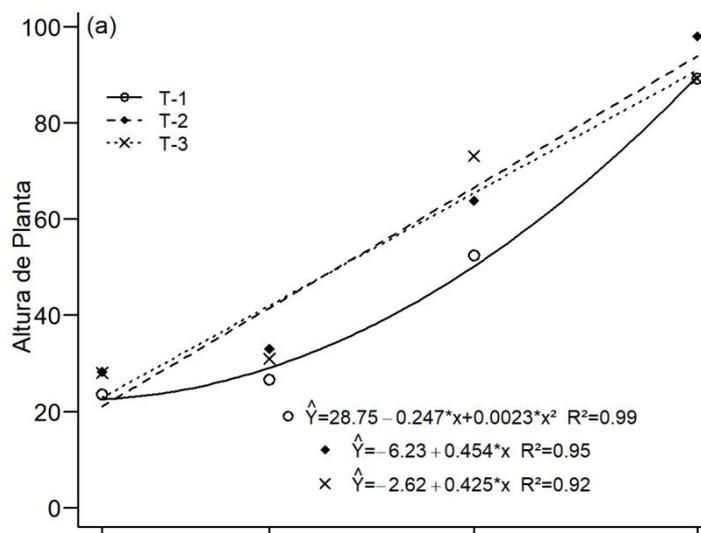
Já em relação à eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), as estacas com 3 gemas, assim como as de 2 gemas axilares, apresentaram os maiores valores (Tabela 3).

A eficiência instantânea de carboxilação possui estreita relação com a concentração intracelular de CO_2 e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono (MACHADO et al., 2005).

Diante disso, observa-se que no desenvolvimento das mudas em viveiro, a estaca vegetativa com 3 gemas apresentou resultados morfológicos e fisiológicos superiores, indicando que esse tratamento seria a melhor opção para a produção de mudas. No entanto, sujeito a observações para o seu crescimento a campo.

Desenvolvimento das mudas em campo

As plantas originadas de estacas com 3 e 4 gemas apresentaram as maiores alturas de plantas durante o ciclo de cultivo, sendo que ao final (220 DAT) as originadas de 3 gemas se destacaram (Figura 2a). Em relação ao número de hastes, nota-se que as plantas originadas de estacas com 3 gemas se destacaram, apesar de se igualar às de 4 gemas, ao final do ciclo (Figura 2b). Também se observa destaque para as plantas originadas de estacas com 3 gemas, quanto ao diâmetro do coleto (Figura 2c). Notadamente, esses resultados são reflexos do ocorrido na fase muda, pois as mudas originadas de estacas herbáceas com 3 gemas foram as que melhor se desenvolveram.



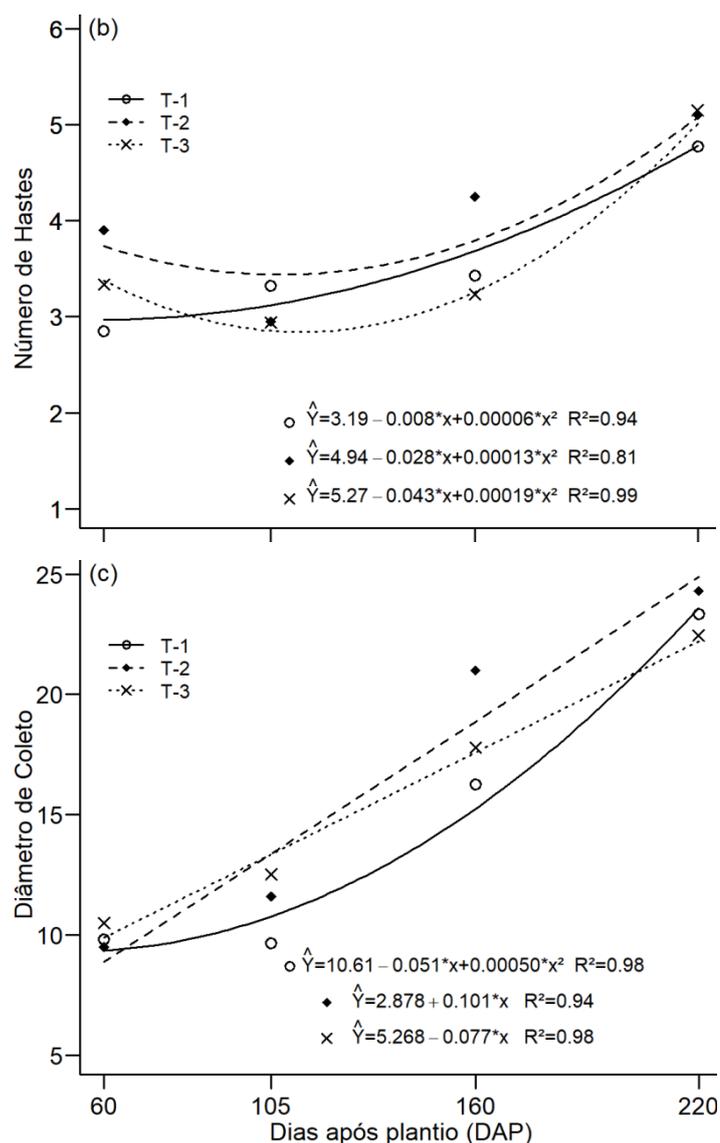


Figura 2. Altura de planta (a), número de hastes (b) e diâmetro do coleto (c), em plantas da batata yacon, originadas de estacas herbáceas com diferentes números de gemas, (Alegre/ES 2017). * significativo em 5% de probabilidade.

As plantas da batata yacon originadas de estacas com 3 gemas apresentaram o maior número de folhas durante todo o ciclo (Figura 3a), Interessante, pois, na fase de muda, estas plantas não se diferiam das demais, mas, na fase de campo, essas plantas se destacaram provavelmente por reflexo do bom desenvolvimento das hastes em número, altura e diâmetro (Figura 2).

Além do mais, plantas com um maior número de folhas, podem apresentar maior eficiência fotossintética, ou seja, sugere-se que as plantas apresentaram uma maior interceptação de luz do dossel durante o ciclo de cultivo (RICHARDS, 2000; PINZÓN-TORRES; SCHIAVINATO, 2008). Por consequência, maior capacidade de armazenar

fotoassimilados em suas raízes tuberosas, o que pode promover maior produtividade (AMAYAROBLES, 2002; TARDIEU, 2013).

No decorrer das avaliações verificou-se um aumento da área foliar em todos os tratamentos, no entanto, após 160 (DAP), as plantas provenientes de mudas com 4 gemas, apresentaram a maior área foliar, seguido das plantas com 2 gemas. Após essa avaliação, as plantas oriundas de mudas com estacas de 3 gemas apresentaram a menor área foliar, mesmo com maior número de folhas (Figura 3a). Os resultados evidenciam que, ao final do ciclo de cultivo, as plantas de yacon provenientes de estacas com 3 gemas investiram fotoassimilados preferencialmente na produção de raízes tuberosas (Tabela 5), que são drenos fortes, em detrimento da expansão foliar.

Esse resultado pode estar indicando que existe uma relação direta entre área foliar e rendimento de raízes tuberosas, devido a variações no nível de interceptação de luz em diferentes estádios de desenvolvimento (JAIMEZ et al., 2008). O que pode ter acontecido com os resultados encontrados para área foliar (Figura 3) e produtividade total (Tabela 5), em que as estacas com 3 gemas apresentaram o melhor desempenho, e isso pode explicar o menor valor da área foliar, já que a planta pode ter investido na produção de fotoassimilados em raízes tuberosas.

Entretanto, espera-se na relação fonte e dreno para número de folhas e área foliar como capacidade de interceptação de luz. Ou seja, uma redução para o número de folhas, o que não aconteceu neste experimento (Figura 3b), devido a um possível efeito compensatório relacionado ao aumento do número de hastes (Figura 2b), as plantas continuaram a emitir novas folhas, apesar dessas novas folhas serem cada vez menores, as plantas continuaram a manter um crescimento linear ao longo das avaliações.

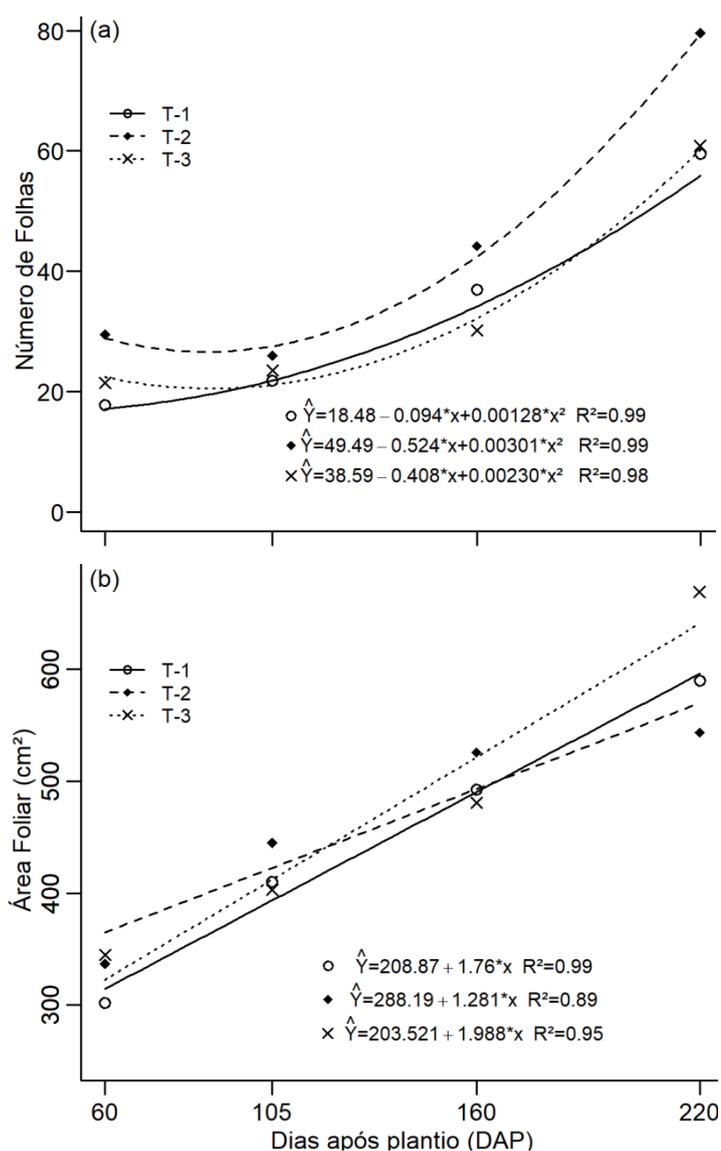


Figura 3. Número de folhas (a) e área foliar (b) em plantas da batata yacon, originadas de estacas herbáceas com diferentes números de gemas, (Alegre/ES, 2017).

Os maiores teores de clorofila *a*, *b* e total ocorreram em plantas oriundas de estacas com 3 gemas, seguido das estacas com 4 gemas, na maior parte do ciclo. Os resultados indicam que essas plantas estariam em melhores condições fisiológicas, assim como já observado nas mudas, apresentando maior capacidade de realização da fotossíntese, pela maior capacidade na absorção de luz (maiores teores de clorofila total) e na transferência da energia radiante para os centros de reação, por apresentar maior quantidade de clorofila *b* (STREIT et al., 2005).

O pico de atividade de clorofila em todas as plantas ocorreu por volta dos 160 DAT (Figura 4). Esse pico pode estar relacionado com a realização da adubação de cobertura (105 DAT) com esterco bovino curtido, o que pode ter levado a maiores

valores de clorofila na avaliação seguinte (160 DAT), devido à maior disponibilidade de nutrientes como nitrogênio e magnésio, considerando que tais elementos são constituintes da molécula de clorofila (ARMOND et al., 2016).

De modo geral, aos 220 DAT todas as plantas de yacon apresentaram queda nos teores de clorofila, que estaria relacionado ao processo de senescência foliar (das folhas mais velhas, apesar do que a planta continuou a emitir folhas jovens), natural da planta, ainda mais evidenciada devido à formação de órgãos de reserva (raízes tuberosas), que naquele momento são drenos metabólicos fortes, para os quais as plantas mobilizam os assimilados (CONCEIÇÃO et al., 2005; SILVA, 2015). Além disso, esse resultado pode estar aliado ao autossombreamento das folhas inferiores da planta, durante o desenvolvimento da cultura também pode ocorrer devido ao aumento da idade média das folhas como já citado, reduzindo, assim, sua taxa fotossintética (POHL et al., 2009).

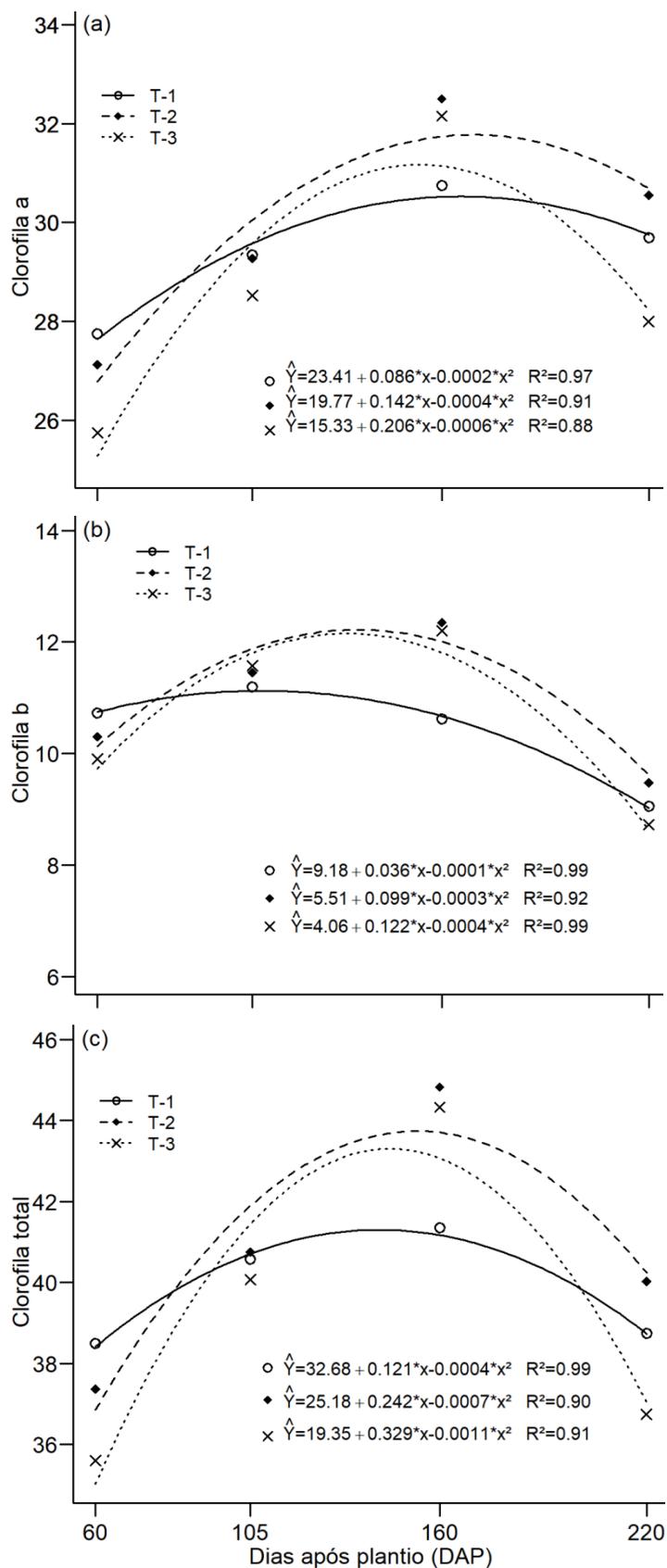


Figura 4. Estimativa dos teores de clorofila *a*, *b* e total, em plantas da batata yacon, originadas de estacas herbáceas com diferentes números de gemas, (Alegre, ES, 2017).

As plantas originárias de estacas com 3 gemas também apresentaram a maior taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) (Tabela 4). Não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos na eficiência instantânea no uso da água (EUA) e concentração interna de CO_2 C_i (Tabela 4).

Esses resultados indicam que as plantas oriundas de mudas com 3 gemas apresentaram capacidade de incrementar a produção de fotoassimilados, devido à maior taxa de assimilação líquida CO_2 (A), que ocorreu por contribuição das maiores condutância estomática (g_s) e a transpiração (E), uma vez que essas duas variáveis estão diretamente relacionadas com a assimilação de CO_2 .

Em relação à eficiência do uso da água (EUA), uma variável que relaciona a quantidade de carbono fixada por unidade de água perdida no processo de transpiração, pode não ter apresentado diferença entre os tratamentos, pelo fato que a demanda hídrica foi suprida de forma adequada. Ou seja, durante a avaliação, não ocorreu déficit hídrico, assim, o potencial hídrico nas folhas não atingiu valores críticos para induzir o fechamento estomático. Sendo assim, pode-se inferir que as estacas com 2, 3 e 4 gemas são capazes de assimilar as mesmas quantidades de carbono por unidade de água transpirada via fluxo estomático (COLODETTI, 2016).

A concentração interna de carbono (C_i) pode ter permanecido estável em todas as plantas, porque essas podem ter equilibrado o influxo de CO_2 para a cavidade subestomática, com o efluxo de água pela transpiração, mantendo C_i aproximadamente constante (SHIMAZAKI et al., 2007).

Já em relação à eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), novamente as plantas oriundas de estacas com 3 gemas apresentaram os maiores valores (Tabela 4). A eficiência instantânea de carboxilação possui estreita relação com a concentração intracelular de CO_2 e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono (MACHADO et al., 2005). Sendo assim, a maior (A/C_i) ocorreu devido às maiores taxas de assimilação líquida CO_2 (A) observadas nessas plantas.

Tabela 4. Condutância estomática (g_s), transpiração (E), taxa de assimilação líquida CO_2 (A), eficiência no uso da água (EUA), concentração interna de CO_2 (C_i) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), em folhas de mudas da batata yacon, originadas de estacas herbáceas com diferentes números de gemas, (Alegre/ES, 2017).

Tratamento	g_s (mol $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	E (mmol $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
T-1	0,47b	2,89b	12,80b
T-2	0,62a	3,46a	16,20a
T-3	0,48b	2,50b	13,89b
CV (%)	5,43	6,82	5,69

Tratamento	EUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)	C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	AC_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$) $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$)
T-1	4,80 ^{ns}	442,50 ^{ns}	0,31b
T-2	4,68 ^{ns}	443,75 ^{ns}	0,36a
T-3	5,14 ^{ns}	433,25 ^{ns}	0,29c
CV (%)	9,47	2,57	3,54

T-1= 2 gemas; T2 = 3 gemas; T3 = 4 gemas, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo.

As plantas provenientes de estacas com 3 gemas apresentaram maiores acúmulos de massa seca da parte aérea, rizóforos e raízes (Tabela 5). Esse resultado está associado ao maior acúmulo de fotoassimilados, expressando-se na parte aérea, com o melhor crescimento apresentado (plantas mais altas com maior número de diâmetro das hastes) (Figura 2b), o que pode representar uma característica interessante do ponto de vista da propagação, tendo em vista que o próprio estudo em questão está apontando o potencial das estacas como material propagativo.

Além disso, as maiores taxas fisiológicas, assim como, a quantidade de massa seca acumulada na raiz tuberosa podem estar relacionadas à melhor disposição das folhas no dossel das plantas, já que essas plantas apresentaram o maior número de folhas, assim como, maiores números de hastes por planta (Figura 2). Isso, possivelmente, favorece a interceptação de luz e reduz os autossombreamentos das folhas inferiores.

É importante salientar que na batata yacon a formação de rizóforos ocorre após a translocação dos fotoassimilados para as raízes tuberosas, as quais posteriormente servem de fonte para a formação destas estruturas utilizadas pela planta como estratégia de sobrevivência (AMAYAROBLES, 2002), o que justifica os maiores valores para massa seca da raiz, em destaque para as estacas com 3 gemas, seguido da de 4 gemas.

Vale destacar, que os resultados encontrados para a massa seca dos rizóforos podem significar um maior potencial de propagação em lavouras sucessivas ou até mesmo fonte de renda com a venda desse material. Já que o custo dos rizóforos tem aumentado, acompanhando a expansão das lavouras. A falta de material para propagação acaba sendo uma limitação para a expansão da cultura, principalmente para os agricultores que desejam iniciar o seu cultivo (SILVA, 2015).

Além disso, os maiores acúmulos de massa seca em rizóforos podem favorecer o lançamento de novas hastes, já que essas se originam dos rizóforos (SEMINARIO et al., 2003). Portanto, o resultado para o número de hastes, com destaque para estacas vegetativas com 3 gemas seguido pela de 4 gemas é uma característica positiva, pois a base das hastes da batata yacon contém grandes quantidades de frutooligossacarídeos (FOS), o que possivelmente está relacionado com armazenamento temporário de açúcares nas hastes durante a fase vegetativa e posteriormente translocação para as raízes tuberosas para armazenamento (FUKAI et al., 1993; VENTURIM, 2016).

Tabela 5. Massa seca da parte aérea, rizóforos e raiz, de plantas de batata yacon originadas de estacas herbáceas com diferentes números de gemas, (Alegre/ES 2017).

Tratamentos	Massa seca parte aérea (t ha ⁻¹)	Massa seca rizóforo (t ha ⁻¹)	Massa seca raiz (t ha ⁻¹)
T1	1,91ab	0,95b	1,95b
T2	2,20a	1,65a	2,95a
T3	1,73b	1,05b	2,25ab
CV%	9,67	14,78	8,22

T-1= 2 gemas; T2 = 3 gemas; T3 = 4 gemas, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

A maior produtividade total de raízes tuberosas ocorreu nas plantas provenientes de mudas de estacas com 3 gemas, seguido por estacas com 4 gemas (Tabela 6), corroborando o bom desenvolvimento observado nessas plantas. No entanto, é importante expor que a yacon tem apresentado grande variação no rendimento produtivo em raízes tuberosas. Na região Sul do Espírito Santo, por exemplo, já foram observadas produtividades entre 4 e 97 t ha⁻¹, dependendo da época e do local de plantio, com plantas propagadas por rizóforos (SILVA, 2015), e 6 a 32 t ha⁻¹, de acordo com a cobertura do solo, com plantas propagadas por estacas (SILVA et al., 2018). Em São Paulo, AmayaRobles (2002) relatou a produtividade total de 44,8 t ha⁻¹ para plantas

originárias de gemas axilares. Essa variação é consequência das condições de cultivo (clima e solo), do manejo da cultura (dentre eles o material propagativo) e da variabilidade genética (SUMIYANTO et al., 2012).

Ao classificar as raízes tuberosas em grandes, médias e pequenas, nota-se que as plantas oriundas de 3 gemas apresentaram 63,7 % da produtividade em raízes grandes (27,2 t ha⁻¹) e 28,10 % da produtividade em raízes médias (12 t ha⁻¹). Já as plantas oriundas de 4 gemas apresentaram 71,38 % da produtividade em raízes grandes (23,4 t ha⁻¹) e 18,26 % da produtividade em raízes médias (6 t ha⁻¹). Enquanto as plantas oriundas de 2 gemas apresentaram 40,09 % da produtividade em raízes grandes (10,08 t ha⁻¹) e 47,57% da produtividade em raízes médias (11,96 t ha⁻¹). Novamente as plantas oriundas de 3 gemas se destacaram por apresentarem um maior volume de produção de raízes na classe de maior interesse comercial (Tabela 6).

Tabela 6. Produtividade de raízes frescas e por classe, de batata yacon originada de estacas herbáceas com diferentes números de gemas, (Alegre, ES, 2017).

Tratamentos	Raízes grandes (t ha ⁻¹)	Raízes Médias (t ha ⁻¹)	Raízes Pequenas (t ha ⁻¹)	Produtividade total (t ha ⁻¹)
T-1	10,08c	11,96a	3,1 ^{ns}	25,8c
T-2	27,2a	12a	3,5 ^{ns}	42,8a
T-3	23,45b	6c	3,4 ^{ns}	32,8b
CV%	19,88	26,75	29,78	8,17

T-1= 2 gemas; T2 = 3 gemas; T3 = 4 gemas, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo. Classes propostas por (OLIVEIRA, 2016).

Tendo em vista todo comportamento apresentado, desde a fase muda até o campo, pelas plantas oriundas de estacas herbáceas com 3 gemas, essa se mostra como uma forma de propagação aplicável ao cultivo de yacon.

CONCLUSÃO

As estacas herbáceas com 3 gemas apresentaram o melhor desempenho, nas fases de mudas e de campo, mostrando-se como uma forma de propagação aplicável ao cultivo de yacon.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, D. P. V.; GUEVARA, O. B.; CAVERO, A. Valladolid. Caracterización morfológica de seis variedades parentales de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y trece cruces obtenidas de un plan de hibridación. **Revista Peruana de Biología**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.175-182, 2015. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v22i2.11352>.
- AMAYA, R. J. E **Desenvolvimento de “yacón”(Polymnia sonchifolia Poep. & Endl.) a partir de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos**. 2002. 89f. Tese de Doutorado. (Tesis Doctoral).: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho, Botucatu, Brasil, 2002.
- ANDRADE, C. A. B.; SCAPIM, C. A.; LUCCA, A.; MARTORELLI, D. T. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s.l.], v. 31, n. 4, p.683-688, 2009. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.6397>.
- ARMOND, C.; OLIVEIRA, V. C.; GONZALES, S. D. P.; OLIVEIRA, F. É. R.; SILVA, R. M.; LEAL, T. T.; SILVA, F.. Desenvolvimento inicial de plantas de abobrinha italiana cultivada com húmus de minhoca. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.439-442, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362016003022>.
- ARNAO, I. J.; SEMINARIO, R.; CISNEROS, Y. J.; TRABUCO, L. Potencial antioxidante de 10 accesiones de yacón *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, procedentes de Cajamaraca-Perú. **An. Fac. Med.**, v.72, p.239-243, 2011.
- CARVALHO, J. S. B.; NUNES, M. F. P. N.; CAMPOS, G. P. A.; GOES, M. D. C. C. Influência de diferentes tipos de estacas e substratos na propagação vegetativa de *Hyptispectinata*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 14, n. 1, p. 89-91, 2015.
- COLODETTI, T. V. **Arquitetura da copa e fotossíntese de coffeea arabica conduzido com diferentes números de ramos ortotrópicos**. 2016. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, 2016.

- CONCEIÇÃO, M.K.; LOPES, N.F.; FORTES, G.R.L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) lam) cultivares abóbora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, p. 273-278, 2005.
- DELGADO, G. T. C.; TAMASHIRO, W. M. D. S. C.; JUNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A Functional Food. **Plant Foods For Human Nutrition**, [s.l.], v. 68, n. 3, p.222-228, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s11130-013-0362-0>.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014.
- ERLACHER, W. A.; OLIVEIRA, F. L.; FIALHO, G. S.; SILVA, D. M. N.; CARVALHO, A. H. O. Models for estimating leaf area of yacon. **Horticultura Brasileira** (Impresso). , v.34, p.422 - 427, 2016.
- FUKAI, K.; MIYAZAKI, S.; NANJO, F.; HARA, Y. Distribution of carbohydrates and related enzyme activities in yacon (*Polymniasonchifolia*). **Soil Sci. Plant Nutr.**, v.39, n.3, p.567-71, 1993.
- GENTA, S.; CABRERA, W.; HABIB, N.; PONS, J.; CARILLO, I. M.; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. **Clinical Nutrition**, [s.l.], v. 28, n. 2, p.182-187, abr. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2009.01.013>.
- GRAU, A.; REA, J. **Yacón: *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &Endl.) H. Robinson**. Tucuman (Argentina): Universidad Nacional de Tucumán, Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de los Yungas. 2002.
- GUIMARÃES, M. A.; NETO, L.; HOZANO, S.; ARAÚJO, R. B.; LIMA NETO, B. P.; SILVA, V. B.; MESQUITA, R. O. Staking system and planting spacing in the asparagus bean production. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 613-620, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170422>.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JR., F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

- JAIMEZ, R. E.; SANTOS, N.; AÑEZ, B.; VÁSQUEZ, J.; ESPINOZA, W. Photosynthesis of field-grown Arracacha (*Arracaciaxanthorrhiza* Bancroft) cultivars in relation to root-yield. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 118, n. 2, p.100-105, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2008.05.027>.
- LELES, P.S.S.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D. G.; MORGADO, I.F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em blocos prensados e tubetes. **RevistaÁrvore**, v.24, p.13-20, 2000.
- MACHADO, E. C .; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.
- MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas Gas exchanges and stomatal conductance onthree gramineous species. **Bragantia**, v. 53, n. 2, p. 141-149, 1994.
- MANRIQUE, I. A.; PÁRRAGA, Y M.; HERMANN. **Jarabe de yacón: principios y procesamiento. Centro Internacional de la Papa**, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Fundación Erbacher, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Lima, PER. 2005.
- MANRIQUE, I.; GONZALES, R.; VALLADOLID, A.; BLAS, R.; LIZÁRRAGA, L. Producción de semillas en yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &Endl.)) mediante técnicas de polinización controladas. **Ecología Aplicada**, [s.l.], v. 13, n. 1-2, p.135-140, 2014. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.464>.
- MANSILLA, R.C.; C. LÓPEZ, R.; BLAS, J.; CHIA, Y J.; BAUDIN. Análisis de la variabilidad molecular de un colección peruana de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.&Endl.) H. Robinson “yacón”. **Ecol. apl.** , v.5, p.75-80, 2006.
- OLIVEIRA, T. **Classificação de batata yacon na CEAGESP**. Boletim do Centro de Qualidade, Pesquisa & Desenvolvimento da CEAGESP, SP, v.1, n. 4, 2016.
- PAUL, S.; DAS, M. K.; BAISHYA, P.; RAMTEKE, A.; FAROOQ, M.; BAROOWA, B.; GOGOI, N. Effect of high temperature on yield associated parameters and vascular bundle development in five potato cultivars. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 225, p.134-140, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.061>.
- PEZZOPANE, J. E. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A. **Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo**. 1. ed. Vitória: UFES, p.178,2012.

- PINTO, F. A.; FRANCO, E. T. H. Propagação Vegetativa de *Lippia alba* (Mill.)N. E. Brown (Verbenaceae). **Caderno de Pesquisa Série Biologia**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 2, p. 61-75, 2009.
- PINZÓN-TORRES, J. A.; SCHIAVINATO, M. A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **Hoehnea**, [s.l.], v. 35, n. 3, p.395-404, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/s2236-89062008000300007>
- POHL, S.; LOPES, N.F.; BRAGA, E.J.B.; SILVA, C.P.; SILVA, F.S.P.; PETERS, J.A. Características de crescimento de plantas de batata, cv. Baronesa, e seu genótipo transformado geneticamente para resistência ao PVY. **Revista Ceres**,v.56, p. 736-743, 2009.
- R Development Core Team R: **A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. (2016). <http://www.R-project.org>.
- RIBEIRO, J. E. D. S.; BARBOSA, A. J. S.; LOPES, S. D. F.; PEREIRA, W. E.; ALBUQUERQUE, M. B. D. Seasonal variation in gas exchange by plants of *Erythroxylum simonis* Plowman. **Acta Botanica Brasilica**, [s.l.], v. 32, n. 2, p.287-296, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062017abb0240>.
- RICHARDS, R. A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. **Journal of experimental botany**, v. 51, n. 1, p. 447-458, 2000.
- SACRAMENTO, M. .S; SILVA, P. S. R. 1 C; TAVARES, M. I. B. Batata yacon - alimento funcional. **Semioses**, [s.l.], v. 11, n. 3, p.43-47, 2017. <http://dx.doi.org/10.15202/1981996x.2017v11n3p43>.
- SATOH, H.; NGUYEN, M. A.; KUDOH, A.; WATANABE, T. Yacon diet (*Smallanthus sonchifolius*) improves hepatic insulin resistance via reducing Trb3 expression in **Zuckerfa/fa rats**. **Nutrition & Diabetes**, [s.l.], v. 3, n. 5, p.70-75, 2013. <http://dx.doi.org/10.1038/nutd.2013.11>.
- SEMINARIO, J. M.; VALDERRAMA, E I.; MANRIQUE. El yacón: **fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, PER. 2003
- SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Ann. Rev. Plant Biol.** , v.58, p.219-247, 2007.

- SILVA, D. M. N. **Cultivo de yacon em duas condições edafoclimáticas e épocas de plantio no sul do espírito santo**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Fitotecnia), Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre – ES, 2015.
- SILVA, D. M. N.; VENTURIM, C. H. P.; CAPUCHO, M. E. O. V.; OLIVEIRA, F. L.; MENDONÇA, S E. Impact of soil cover systems on soil quality and organic production of yacon. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 235, p.407-412, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.024>.
- STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. D., HECKTHEUER, L. H. H. The chlorophylls. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.
- SUMIYANTO, J.; DAYAN, F. E.; CERDEIRA, A. L.; WANG, Y. H.; KHAN, I. A.; MORAES, R. M. Oligofructans content and yield of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) cultivated in Mississippi. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 148, p.83-88, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.020>.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TARDIEU, F. Plant response to environmental conditions: assessing potential production, water demand, and negative effects of water deficit. **Frontiers In Physiology**, [s.l.], v.4, p.327-345, 2013. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2013.00017>.
- TAVARES, I. B.; MOMENTÉ, V. G.; BARRETO H. G.; CASTRO, H.G.; SANTOS, G.R.; NASCIMENTO I. R. Tipos de estacas e diferentes substratos na propagação vegetativa da erva cidreira (quimiotipos I, II e III). **Bioscience Journal**, v.28, p. 206-213 n. 2, 2012.
- VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* - prospective andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomed.**, v.147, p.119-130, 2003. [doi:10.5507/bp.2003.017](https://doi.org/10.5507/bp.2003.017).
- VENTURIM, C. H. P. **Cobertura do solo no cultivo do yacon em duas condições edafoclimáticas no sul do espírito santo**. 2016. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - Es, 2016.
- VIDAL, L.H.I.; SOUZA, J.R.P.; FONSECA, E.P.; BORDIN, I. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.26-30, 2006.

- VILHENA, S. M. C.; CÂMARA, F. L.; KAKIHARA, S. T. O cultivo de yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.5-8, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362000000100002>.
- ZARDINI, E. Ethnobotanical notes on “yacon”, *Polymniasonchifolia* (Asteraceae). **Economic Botany**, v. 45, n. 1, p. 72-85, 1991.
- ZEIST, A. R.; PIVA, R.; RESENDE, J. T.; SILVA, I. F.; ATHANÁZIO, J. C.; RODRIGUES, J. D. Physiological and agronomic traits of cabbage plants hybrid Fuyutoyo ® sprayed with plant growth regulators. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.210-215, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170209>.

ARTIGO II - PROPAGAÇÃO DE BATATA YACON A PARTIR DE RIZÓFOROS COM DIFERENTES NÚMEROS DE GEMAS

Resumo: Objetivou-se no presente trabalho avaliar a propagação da yacon a partir de rizóforos com diferentes números de gemas. Por conseguinte, montou-se experimento dividido em duas fases. A primeira fase foi desenvolvida em viveiro de mudas, utilizando o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 50 repetições. Os tratamentos constituíram-se de rizóforos com: T1 (1 a 2 gemas), T2 (3 a 4 gemas), T3 (5 a 6 gemas) e T4 (7 a 8 gemas). A segunda fase foi conduzida a campo em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e 4 repetições, cujos tratamentos foram os mesmos utilizados na fase de mudas. Cada parcela experimental foi constituída por 4 linhas de plantio com 5 plantas, espaçadas de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Avaliaram-se as seguintes características morfológicas: altura de plantas (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), número de hastes (NH), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar, massa seca de folhas, rizóforos, raízes tuberosas e produtividades. Características fisiológicas: valor estimado de clorofila, taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração foliar (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência no uso da água (EUA) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). As plantas oriundas de rizóforos com 3 a 4 gemas apresentaram o melhor desempenho, nas fases de mudas e de campo, mostrando-se como uma forma de propagação adequada ao cultivo de yacon.

Palavras-chave: *Smallanthus sonchifolius*. Plantio. Propágulo. Assexuada. Produção.

ARTICLE II-PROPAGATION OF YACON POTATOES FROM RHIZOPHORE WITH DIFFERENT NUMBERS OF GEMS

Abstract: The objective of the present work was to evaluate the propagation of yacon potato from rhizophores with different numbers of buds. Therefore, the experiment was divided into two phases: The first phase was developed in a seedling nursery, completely randomized with four treatments and 50 replications, The treatments consisted of rhizophores with: T1 (1 to 2 buds), T2 (3 to 4 buds), T3 (5 to 6 buds) and T4 (7 to 8 buds). The second phase was conducted in a randomized block design with four treatments and 4 replications, the treatments of which were the same as those used in the seedling stage. Each experimental plot consisted of 4 planting lines with 5 plants, spaced 1,0 m between rows and 0,5 m between plants, The following morphological characteristics were evaluated: plant height (H) collection diameter (DC), number of leaves (NF), number of stems (NH), Dickson quality index (IQD), leaf area, leaf dry mass, rhizophores, tuberous roots and yields. Physiological: estimated value of chlorophyll, CO₂ net assimilation rate (A), leaf transpiration (E), stomatal conductance (g_s), internal CO₂ concentration (C_i), water use efficiency (EUA) and efficiency instant carboxylation (A/C_i). The plants from rhizophores with 3 to 4 buds presented the best performance, in the seedling and field phases, showing as a form of propagation adequate to yacon cultivation.

Keywords: *Smallanthus sonchifolius*. Planting. Propagules. Asexual. Yield.

INTRODUÇÃO

A propagação de yacon para fins agronômicos é basicamente feita de forma vegetativa, ou assexual, pois a planta possui baixa eficiência de propagação por sementes botânicas (sexual), o que está relacionado a diferentes causas, como a esterilidade do pólen, condições ambientais durante a germinação e origem híbrida alopoliplóide (MANRIQUE et al., 2014; IBAÑEZ et al., 2017).

São descritas duas formas de propagação vegetativa da yacon, sendo por estacas herbáceas ou por rizóforos. A propagação via estacas consiste em usar hastes vegetativas de plantas que ainda não floresceram. É uma forma menos comum, pois, apesar de permitir ter propágulos na metade do tempo necessário para obter com os rizóforos (SEMINARIO et al., 2002). O rendimento das raízes de plantas geradas por essa técnica seria inferior ao rendimento obtido com a propagação via rizóforos, além dos problemas de desidratação, que reduz pegamento de mudas e leva a desuniformidade na formação do estande de plantas no campo (SEMINARIO et al., 2003).

A forma mais usada para se propagar a yacon é por meio de rizóforos, que são porções da coroa, uma parte subterrânea do caule da planta, que armazena substâncias de reserva em forma de carboidratos simples e frutooligossacarídeos, onde se desenvolvem muitos brotos vegetativos, sendo o órgão responsável por perenizar a planta (SEMINARIO et al., 2003).

Os cultivos agrícolas de yacon no Brasil têm sido realizados com o plantio de rizóforos pesando entre 60 e 80 g, demandando de 1800 a 2400 kg de rizóforos para cada hectare plantado, para uma densidade de 30 mil plantas por hectare (VILHENA et al., 2000). Essa situação eleva o custo de implantação das lavouras e tem sido apontado como um fator limitante a expansão da cultura, principalmente para os agricultores que desejam iniciar o seu cultivo (SILVA, 2015). Além da sazonalidade de oferta do propágulo que se limita ao momento de colheita da cultura, que tem se concentrado em uma época específica do ano.

Outro ponto está na recomendação baseada no peso médio dos rizóforos a serem utilizados como muda, pois pode não haver uma relação direta entre o peso médio das mudas e a produtividade, como acontece na cultura do inhame, relatado por (PUIATTI, 2001; PUIATTI et al., 2003).

Há uma variação muito grande no número de gemas na coroa, o que por consequência promove uma variação no número de gemas que estarão presentes nessas porções, o que modifica a capacidade propagativa do material. De acordo com Hartmann (2011) e Taiz et al., (2017), a presença de gemas está relacionada com a capacidade de emissão de parte aérea e futura capacidade de produção de assimilados nas mudas, além de outras substâncias como auxina, importante fator na promoção do enraizamento, conforme observado em algumas culturas como taro (PUIATTI et al., 2003), mandiocinha-salsa (GOMES et al., 2010), taioba (SANTOS et al., 2014) e chanana (COELHO; AZEVEDO, 2016).

Portanto, é importante definir o melhor propágulo a partir do número de gemas presentes nos rizóforos. Pelo exposto, o presente trabalho objetivou-se avaliar a propagação da batata yacon a partir de rizóforos com diferentes números de gemas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenvolvimento das mudas em viveiro

Foi instalado um experimento em um viveiro comercial de produção de mudas, no período fevereiro a abril de 2017 localizado em Celina, município de Alegre/ES, coordenadas geográficas 20° 47' 1" de latitude Sul e 41° 36' 56" de longitude Oeste e 640 m de altitude. Sua classificação climática proposta por Köppen é tropical úmido com temperatura média anual de 24 °C (PEZZOPANE et al., 2012).

O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 50 repetições, cujos tratamentos foram mudas produzidas a partir de rizóforos com diferentes números de gemas: 1-2 gemas (T1); 3-4 gemas (T2); 5-6 gemas (T3) e 7-8 (T4). Os rizóforos apresentaram, em média, pesos em torno de 18 g (T1), 27 g (T2), 38 g (T3) e 100 g (T4).

Os rizóforos foram obtidos em uma lavoura experimental de yacon, conduzida localidade de Alto Norte (1180 m de altitude), município de Muniz Freire/ES. Em seguida, o material vegetal foi levado para o laboratório de análises vegetais da Universidade Federal do Espírito Santo – (CCAUE-UFES) para preparo dos propágulos.

Antes do plantio, os rizóforos foram cortados, com auxílio de tesoura de jardinagem comum e padronizados em função do número de gemas, conforme cada tratamento. Posteriormente, para proteger os propágulos de possível ataque por agentes

patógenos, os rizóforos foram lavados em água corrente e em seguida imersos em solução de hipoclorito de sódio, na concentração de 0,0038 mL/L durante o período de 5 minutos de acordo com (SEMINÁRIO et al., 2003). Depois mantidos em recipiente com água destilada, até o momento do plantio.

O plantio foi realizado no dia seguinte ao preparo dos rizóforos, em sacolas de polietileno, dimensões de 15 cm de diâmetro e 22 cm, de altura e capacidade volumétrica de 1,5 litros preenchida com substrato usado no viveiro, constituído de (terra + esterco). Após análise constatou-se as concentrações de 100 mg/dm³ de P, 657 mg/dm³ de K, 4,74 cmol_c/dm³ de Ca, 0,97 cmol_c/dm³ de Mg, 0,05 cmol_c/dm³ de H + Al, 7,67 g/kg de matéria orgânica. Foram mantidas sob telado de sombrite (com 70% de restrição de luminosidade), sendo feitas duas irrigações manuais diárias, com (capacidade/volume) de 13 litros distribuídos com regador de maneira uniforme para todas as mudas.

Aos 60 dias após o plantio, o experimento foi encerrado e realizado as seguintes avaliações morfológicas: altura de plantas (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), número de hastes (NH), índice de qualidade de Dickson (IQD), e área foliar. As medidas de área foliar foram realizadas de maneira indireta, utilizando a medida de largura e comprimento de cada folha, obtendo a estimativa da área foliar total por planta de acordo com o modelo de determinação indireta proposta por (ERLACHER et al., 2016):

$$AF_{CL} = (-27,7418 + (3,9812CL / \ln CL))$$

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e da massa seca das raízes (MSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{PMST (g)}{H (cm) / DC (mm) PMSPA (g) / PMSR (g)}$$

Para a obtenção da biomassa seca, as folhas e raízes foram separadas em sacos de papel craft e postas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até a estabilização do peso, quando tiveram as massas determinadas por meio de balança digital semi-analítica.

As análises fisiológicas empregadas foram realizadas por meio do leitor de gases por infravermelho (IRGA Licor 6400XT), obtendo assim, estimativas da taxa de assimilação líquida de carbono (A), expressa em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; condutância estomática

(g_s), expressa em $\text{mol H}_2\text{O}^{-2} \text{ s}^{-1}$; taxa de transpiração foliar (E), expressa em $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, estimativa da eficiência do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). Também foi calculada concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1} \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$).

A avaliação foi realizada em dia de céu limpo, no horário entre 8 e 11 horas da manhã, tomando-se por padrão folhas totalmente desenvolvidas, e sem a ocorrência visual de qualquer tipo de anomalia. A radiação fotossinteticamente ativa foi padronizada em luz saturante artificial de $1000 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o CO_2 em concentração na câmara de 420 ppm.

Foi avaliado o teor de clorofila a , b e clorofila total das folhas, utilizando o medidor portátil de teor de clorofila “ClorofiLOG” Falker modelo FL1030, com as medições realizadas entre 8 e 11 horas da manhã.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa computacional R (*Development Core Team* 2016).

Crescimento e produção a campo

Para acompanhar o desenvolvimento das plantas até a produção foi realizado um experimento, no período de abril a outubro de 2017, na área experimental do CCAE/UFES, na localidade de Rive, município de Alegre – ES. Coordenadas de $20^\circ 45'$ de latitude Sul e $41^\circ 29'$ de longitude Oeste, altitude de 113 m.

É uma região de baixada, no vale do Rio Itapemirim, que é uma microrregião tropical quente (terras baixas) com temperaturas mais elevadas (PEZZOPANE et al., 2012). A temperatura média mensal variou de 22°C a 26°C , e a precipitação pluvial alcançou 201,6 mm durante os meses em que o experimento foi conduzido (Figura 1).

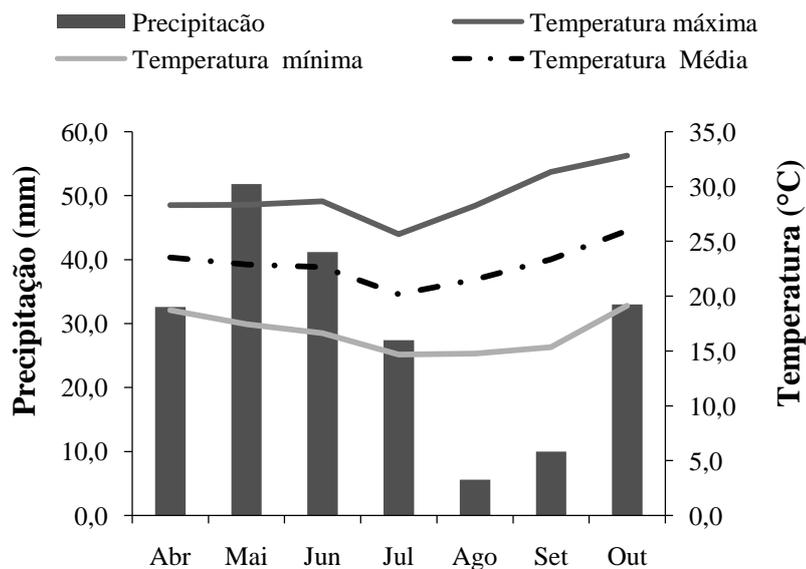


Figura 1. Acúmulo mensal de precipitação (mm), média das temperaturas máximas, mínimas e médias (°C), observadas no período de abril a outubro de 2017, em Alegres, Fonte: INMET*, Sistema de Informações Meteorológicas, 2017, *Estação meteorológica.

O solo onde o experimento foi conduzido foi classificado como Latossolo Vermelho- Amarela textura média (EMBRAPA, 2014), cuja amostra, coletada de 0-20 cm de profundidade, foi analisada pelo laboratório de Solos do CCAE/UFES, apresentando: pH (água) 5,73; Fósforo Mehlich 1 (mg dm^{-3}) 34,79; Potássio (mg dm^{-3}) 42; Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 2,51; Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 1,38; Alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 0,00; Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 2,36; CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 2,36; Saturação por bases (%) 57,34; Carbono orgânico total (%) 1; Nitrogênio total (%) 0,1; Areia (%) 55; Silte (%) 4; Argila (%) 30.

O experimento seguiu o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, cujos tratamentos foram às mudas produzidas a partir rizóforos com diferentes números de gemas: 1-2 gemas (T1); 3-4 gemas (T2); 5-6 gemas (T3) e 7-8 (T4). Cada parcela experimental foi constituída por 4 linhas de plantio com 5 plantas, espaçadas de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Foram utilizadas como área útil as duas linhas centrais, exceto as plantas da bordadura de cada linha.

O manejo da adubação foi realizado com a aplicação de cobertura de 180 g de esterco bovino curtido por planta. O esterco bovino continha os seguintes nutrientes: 15,05 g, kg^{-1} de N; 6,00 g, kg^{-1} de P; 30,07 g, kg^{-1} de K; 9,10 g, kg^{-1} de Ca e 8,75 g, kg^{-1}

de Mg. Ao longo do ciclo de cultivo foi realizado o controle manual de plantas espontâneas e irrigação por aspersão convencional, após observação diária da necessidade de irrigação, de acordo com as recomendações para a cultura da batata yacon (SILVA, 2015).

Ao longo do ciclo de cultivo da batata yacon, foram realizadas quatro coletas de dados morfológicos aos 60, 105, 160, 220 dias após o transplante (DAT). Nessas coletas foram avaliados: altura da planta (maior haste), número de folhas e número de hastes por planta, área foliar e diâmetro do caule. Ao final do ciclo 220 DAT, foram avaliados: massa seca de folhas, rizóforos, raízes tuberosas e, produtividade de raízes tuberosas frescas, classificando-as por tamanho em grandes, médias, pequenas e total (OLIVEIRA, 2016).

Também foram realizadas análises fisiológicas, por meio do leitor de gases por infravermelho (IRGA Licor 6400XT), obtendo assim, estimativas da taxa de assimilação líquida de carbono (A), expressa em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; condutância estomática (g_s), expressa em $\text{mol H}_2\text{O}^{-2} \text{s}^{-1}$; taxa de transpiração foliar (E), expressa em $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, estimativa da eficiência do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$). Também foi calculada concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-1} \text{s}^{-1} \mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$).

Foi avaliado o teor de clorofila a , b e clorofila total das folhas, utilizando o medidor portátil de teor de clorofila “ClorofiLOG” Falker modelo FL1030, com as medições realizadas entre 8 e 11 horas da manhã.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foram ajustadas regressões para as variáveis ao longo do tempo quando significativo. A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa computacional de código aberto R (*Development Core Team* 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento das mudas em viveiro

Observa-se que as mudas originárias de rizóforos com intervalo de 3 a 4 gemas (T2) foram as que melhor se desenvolveram, apresentando maiores área foliar, diâmetro de coleto, número de folhas, massa seca acumulada em parte aérea e raízes, e no índice de qualidade de Dickson, apesar da semelhança com o intervalo de 5 a 6 para a área foliar e o número de folhas e a diferença para altura de plantas, quando as mudas originárias de rizóforos com intervalo de 5 a 6 gemas (T3) apresentaram maiores valores, quanto ao número de hastes não houve diferença entre as mudas (Tabela 1).

De acordo com Maldaner (2009), o número médio de hastes por planta determina a área foliar para interceptação da radiação solar e realização da fotossíntese pelo dossel, mas também afeta a competição intra-específica por água, luz e nutrientes, o que pode afetar a produtividade. Em outra hipótese, a falta de diferença estatística na fase de muda para essa variável, sugere que as plantas apresentaram autocontrole, ou seja, as mudas de yacon mantiveram equilíbrio das relações de interferência, como a competição por nutrientes, água e outros elementos (FIGUEIREDO et al., 2015). Além disso, o número de hastes por planta está diretamente relacionado com o tamanho da raiz tuberosa tubérculo semente utilizado, bem como com a sua condição de brotação no momento do plantio (FERNANDES et al., 2010).

Tabela 1. Área foliar (AF), altura de plantas (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), número de hastes (NH), massa seca da parte aérea e raiz (MSPA; MSR índice de qualidade de Dickson (IQD), em mudas da batata yacon, originadas de rizóforos com diferentes números de gemas (Alegre, ES, 2017).

Tratamento	AF (cm ²)	H	DC(mm)	NF	NH	MSPA(g)	MSR(g)	IQD
T-1	206,60b	36,07c	7,32b	7,23c	1,40 ^{ns}	2,49b	0,63b	0,33b
T-2	248,87a	39,94b	8,28a	9,35a	1,48 ^{ns}	3,22a	0,77a	0,47a
T-3	231,84a	43,58a	6,92bc	9,25a	1,39 ^{ns}	2,49b	0,60b	0,31b
T-4	210,57b	38,42b	6,82c	8,23b	1,42 ^{ns}	2,10c	0,58c	0,28c
CV (%)	5,87	4,51	7,03	9,39	12,28	7,56	6,07	6,19

T-1= 1-2 gemas; T-2 = 3-4 gemas; T-3 = 5-6 gemas T-4= 7-8, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo.

Apresentar maiores áreas foliares e número de folhas, conforme ocorreu em mudas oriundas de rizóforos com 3 a 4 (T2) e com 5 a 6 gemas (T3), demonstra a capacidade dessas mudas na interceptação de luz e sua conversão em energia química armazenada (fotoassimilados), que determinará o sucesso no crescimento e desenvolvimento inicial das plantas (FERREIRA et al., 2014; MENEGHELLI et al., 2017).

Essa capacidade é refletida no acúmulo de massa seca da parte aérea e raízes, onde se observa destaque para as mudas T2. Esse ganho de biomassa seca da parte aérea também se reflete em maior diâmetro das hastes, podendo ser um bom indicador da qualidade da muda, principalmente para a sobrevivência e crescimento após o plantio no local definitivo, tendo em vista que plantas com maior diâmetro de coleto apresentam maiores tendências à sobrevivência, principalmente pela maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (CAMPOS; UCHIDA 2002; FREITAS et al., 2013; TAIZ et al., 2017).

Acrescenta-se que o diâmetro do caule é uma característica importante na família das Asteraceae, pois diminui o acamamento da cultura e facilita seu manejo, tratos culturais e colheita (DUTRA et al., 2012).

Já o aumento ocorrido para a massa seca da raiz pode indicar ganho na absorção de água e nutrientes, resultando em maior desenvolvimento da planta e consequentemente, maior eficiência metabólica (FILGUEIRA, 2008; RÓS; NARITA, 2011; RÓS; ARAÚJO; NARITA, 2013; NEUMANN et al., 2017). Além disso, de acordo com os mesmos autores, raízes com desenvolvimento adequado são mais capazes de suportar mudanças ambientais, pois o sistema radicular das plantas permite maior contato da área com o solo, devido à maior biomassa seca da raiz.

Como consequência das maiores massas secas acumuladas em parte aéreas e raiz, as mudas T2 apresentaram melhor índice de qualidade Dickson (IQD), indicando o bom desenvolvimento das mudas em viveiros, e assim abrindo uma expectativa para o melhor desempenho dessas em campo (RODRIGUES et al., 2016).

De forma geral, os valores de IQD observados foram acima de 0,20, com destaque para as mudas T2 (IQD = 0,47), o que correspondem à mudas de alta qualidade, entretanto, este parâmetro pode variar dependendo do manejo utilizado no viveiro, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente, da idade das mudas avaliadas e, principalmente, das espécies em estudo (PIMENTEL et al., 2017).

Tabela 2. Teores de clorofila em mudas da batata yacon, originadas de rizóforos com diferentes números de gemas, (Alegre/ES 2017).

Tratamento	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila Total
T-1	21,74c	5,35c	27,09c
T-2	25,98a	6,79a	32,77a
T-3	23,86b	6,07b	29,93b
T-4	24,11b	6,79a	30,90b
CV (%)	4,68	5,1	3,79

T-1= 1-2- gemas; T-2 = 3-4 gemas; T-3 = 5-6 gemas T-4= 7-8, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

Em relação aos pigmentos fotossintéticos, observam-se os maiores valores de clorofila *a* e total em mudas T2 (rizóforos com 3 a 4 gemas), apesar da semelhança em clorofila *b* com mudas T4 (rizóforos com 7 a 8 gemas) (Tabela 2).

Os resultados podem indicar diferenças entre as mudas para a capacidade de realização da fotossíntese, destacando a maior capacidade fotossintética para mudas T2 por apresentar maiores valores tanto em clorofila *a*, que é o pigmento utilizado para realizar o primeiro estágio do processo fotossintético (reações fotoquímicas), quanto para clorofila *b*, pigmentos que auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios (STREIT et al., 2005; TAIZ et al., 2017).

Para as características de trocas gasosas, nota-se que as mudas T2 e T3, apresentaram a maior condutância estomática (g_s) o que pode ter refletido nos maiores níveis de transpiração (E). Além disso, observa-se que essas mudas apresentaram a maior taxa de assimilação líquida de carbono (Tabela 3).

Também é interessante observar que as mudas T2 e T3 apresentaram as menores eficiências no uso de água (EUA) (Tabela 3), ou seja, menor quantidade de carbono fixado, por cada unidade de água transpirada, isso por consequência de uma condição de conforto e maior área foliar que levou a planta a transpirar mais baixando essa eficiência. Ou seja, acredita-se que a maior transpiração pode ter ocorrido devido à maior atividade estomática, talvez para aumentar o influxo de CO_2 (MACHADO et al., 2005). No entanto, este aumento na taxa de transpiração diminuiu a eficiência do uso da água, apesar da menor eficiência no uso da água para fixar carbono, essa condição não prejudicou o crescimento das mudas que apresentaram maiores acúmulos de massas seca, conforme já demonstrado.

Maiores concentrações internas de CO₂ (C_i) foram observadas nas folhas das mudas T3, o que ocorreu por consequência das maiores condutâncias estomáticas, o que permite maiores aberturas dos estômatos, favorecendo maior entrada de CO₂ para a cavidade subestomática (Tabela 3).

Tabela 3. Condutância estomática (g_s), transpiração (E), taxa de assimilação líquida CO₂ (A), eficiência no uso da água (EUA), concentração interna de CO₂ (C_i) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), em folhas de mudas da batata yacon, originadas de rizóforos com diferentes números de gemas, (Alegre/ES 2017).

Tratamento	g_s (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
T-1	0,549b	3,570c	4,70b
T-2	0,600a	4,013ab	5,86a
T-3	0,610a	5,060a	6,21a
T-4	0,582b	3,880b	4,75b
CV (%)	9,97	8,37	7,64

Tratamento	EUA (μmol CO ₂ mmol ⁻¹ H ₂ O)	C_i (μmolCO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	AC_i (μmol CO ₂ m ⁻¹ s ⁻¹) μmolCO ₂ mol ⁻¹)
T-1	1,33a	363,03b	0,012c
T-2	1,19b	371,75b	0,015a
T-3	1,23b	379,77a	0,016a
T-4	1,35a	371,82b	0,012b
CV (%)	11,21	2,3	8,32

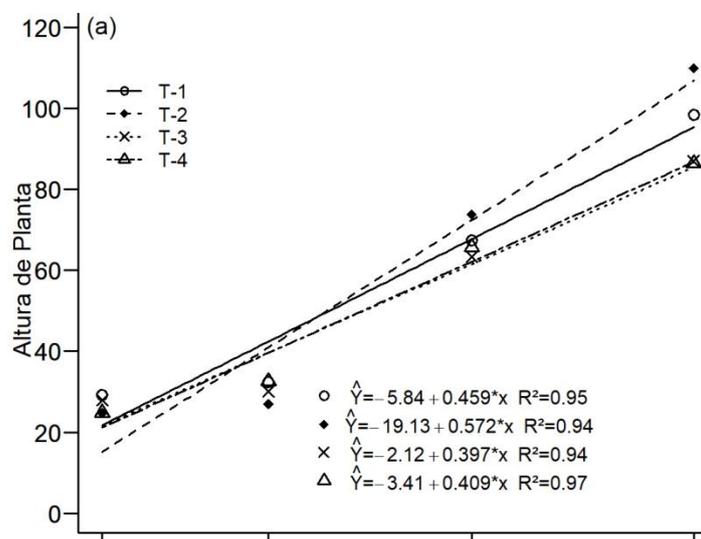
T-1= 1-2 gemas; T-2 = 3-4 gemas; T-3 = 5-6 gemas T-4= 7-8, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

A eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) vem confirmar que as mudas T2 (rizóforos com 3 a 4 gemas) e T3 (rizóforos com 5 a 6 gemas) foram mais eficientes na transformação do CO₂ atmosférico em fotoassimilados, sendo que isso contribuiu para o maior acúmulo de biomassa e, conseqüentemente no desenvolvimento dessas mudas (GUIMARÃES et al., 2017).

Diante do comportamento morfofisiológico apresentado, as mudas T2 (rizóforos com 3 a 4 gemas) e T3 (rizóforos com 5 a 6 gemas), mostram-se como as opções mais interessantes à propagação da batata yacon. No entanto, sujeito a observações a campo para conhecimento do potencial produtivo dessas mudas.

Desenvolvimento das mudas em campo

As plantas do T2 (mudas de rizóforos com 3 a 4 gemas) apresentaram as maiores alturas de plantas durante o ciclo de cultivo (Figura 2a). Em relação ao número de hastes, nota-se comportamento diferente para a T1 (mudas de rizóforos com 1 a 2 gemas) durante o ciclo, em relação das demais, sendo estas as plantas que apresentam o maior número de hastes ao final do ciclo, As plantas T2 apresentaram o segundo maior número de hastes (Figura 2b). Quanto ao diâmetro do coleto também se notou destaque para as plantas T1(Figura 2c).



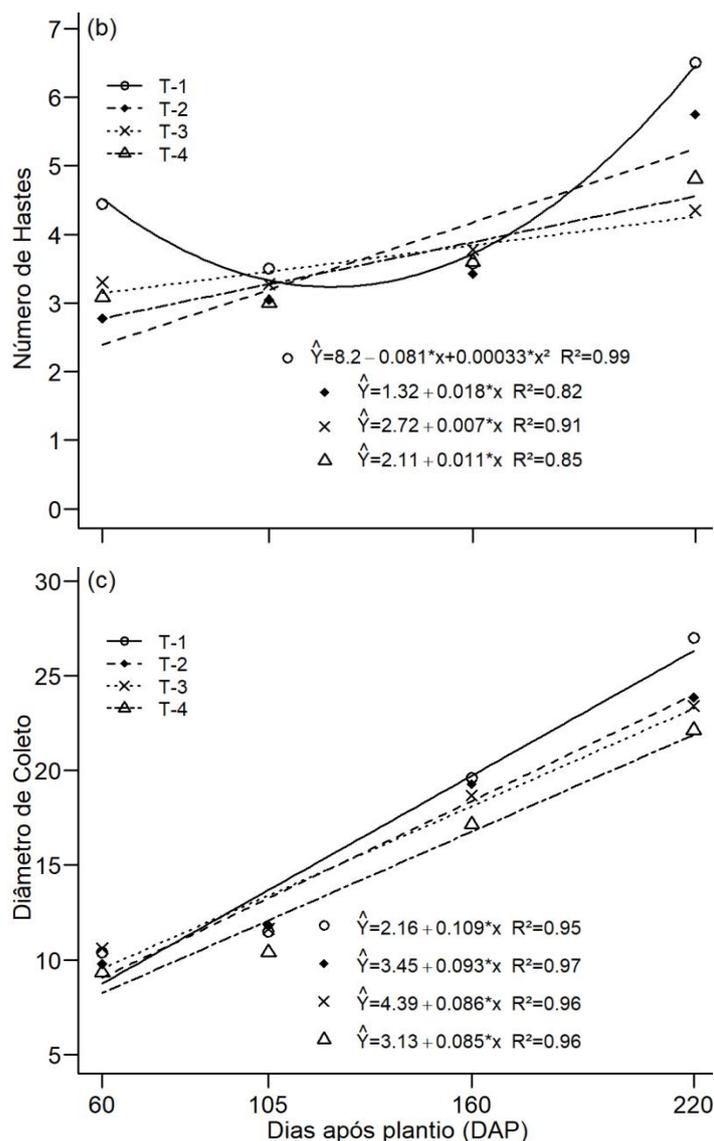


Figura 2. Altura de planta (a), número de hastes (b) e diâmetro do coleto (c), em plantas de yacon, originadas de rizóforos com diferentes números de gemas, (Alegre/ES 2017).

As plantas de yacon apresentaram variações no número de folhas durante o ciclo, sendo que ao final (220 DAP) destacaram-se as plantas T1 e T2, e logo em seguida as T3. Também há uma variação para a área foliar, em que as plantas T2 e T3 atingem o ponto máximo a parti 160 (DAP), já as T1 e T4 continuam crescendo até o final (220 DAP) (Figura 3b).

De forma geral, as plantas de yacon mantêm crescente o número médio de folhas, o que possivelmente deve estar relacionado com o aumento do número de hastes (Figura 2b), o que faria com que as plantas continuassem a emitir novas folhas (Figura 2).

No entanto, é importante acrescentar que essas novas folhas foram cada vez menores, no caso da T2 e T3, indicando que essas plantas poderiam estar fechando ciclo mais cedo (uma possível senescência de folhas), já que o ciclo nessa região gira em torno dos 7 meses (210 DAP), segundo (SILVA, 2015).

Puiatti et al., (2003) observaram comportamento semelhante com taro, quando verificaram que a área foliar aumentou rapidamente durante os seis primeiros meses, manteve-se relativamente constante por três meses e declinou no último mês, inclusive ressaltando que a produção máxima de rizomas é alcançada com o maior índice de área foliar, e que a senescência das folhas, demonstra que a planta está reduzindo sua capacidade de acumular fotoassimilados e fechando ciclo.

Também pode-se observar que os maiores valores de área foliar foram alcançados pelas plantas T1 e T2. Neste sentido, considerando-se a área foliar como índice de eficiência funcional das partes produtivas de um vegetal, essas plantas apresentariam maior potencial de produção de fotoassimilados e por consequência maior capacidade de acúmulo em órgãos de reserva, pois os açúcares resultantes do processo fotossintético são translocados do limbo foliar para os pecíolos, e desses prossegue até as raízes tuberosas, onde ocorre a síntese de carboidratos de reserva (GUSSO; MATTANNA; RICHARDS, 2015).

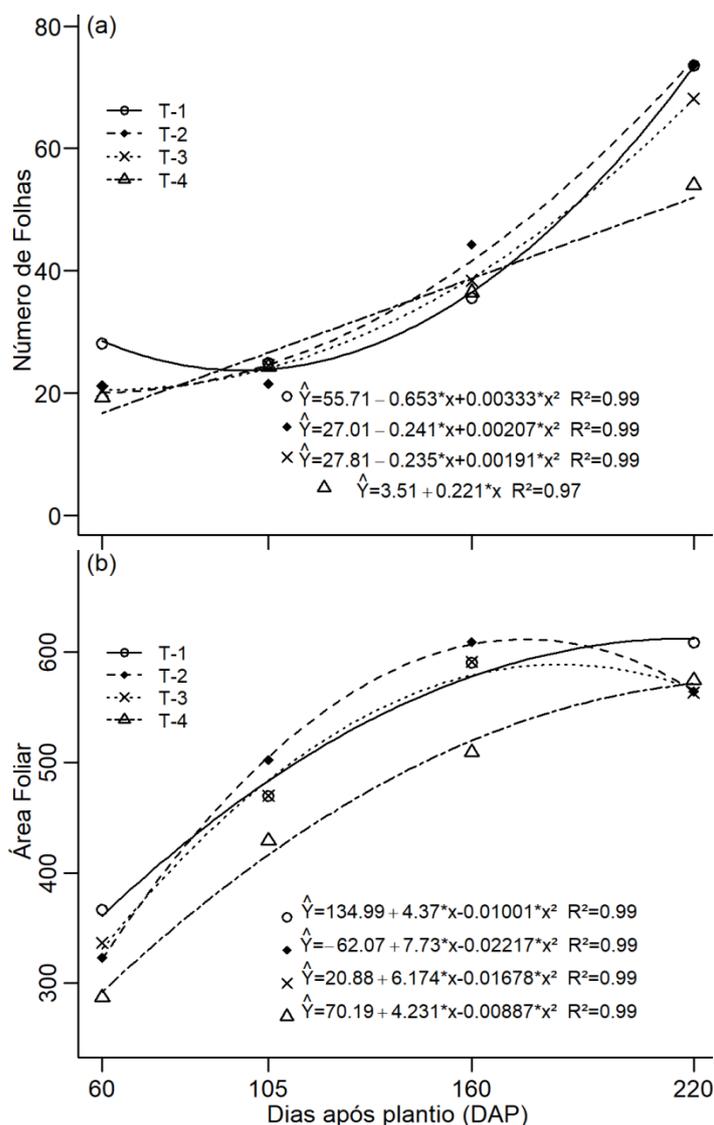


Figura 3. Número de folhas (a) e área foliar (b) em plantas de yacon, originadas de rizóforos com diferentes números de gemas, (Alegre/ES, 2017).

Os resultados sugerem que essas plantas T2 (originadas de rizóforos com 3 a 4 gemas), que apresentaram bom desempenho na fase de mudas, conseguiram manter bom desenvolvimento vegetativo em campo, e que as plantas T1 (originadas de rizóforos com 1 a 2 gemas), apesar de não ter sido destaque na fase de mudas, também apresentaram um bom desenvolvimento vegetativo no campo.

Nesse contexto, o número de gemas no rizóforo exerce influência direta no crescimento vegetativo das plantas e que o peso dos rizóforos, somente, pode não ser o único fator para seleção dos propágulos, já que as mudas T4, com peso médio em torno de 100 g, não se destacou em relação às demais que apresentaram menores pesos.

O maior pico de teores de clorofila *a*, *b* e total foram observados nas plantas T2, indicando que essas plantas estariam em melhores condições fisiológicas, assim como já

observado nas mudas, apresentando maior capacidade de realização da fotossíntese, pela maior capacidade na absorção de luz (maiores teores de clorofila total) e na transferência da energia radiante para os centros de reação, por apresentar maior quantidade de clorofila *b* (STREIT et al., 2005).

De forma geral, o pico de atividade de clorofila nas plantas ocorre por volta dos 160 (DAP). Esse resultado se correlaciona com o pico de área foliar apresentado pelas plantas (Figura 3).

Após essa avaliação aconteceu redução dos teores de clorofilas, processo característico da senescência (SILVA, 2009). A clorofila *b* foi mais suscetível que a clorofila *a* após os 160 (DAP). No entanto, a redução no teor de clorofilas das plantas cultivadas pleno sol é amplamente relatada na literatura, como registrado por (NAVES et al., 1994; ALMEIDA et al., 2004).

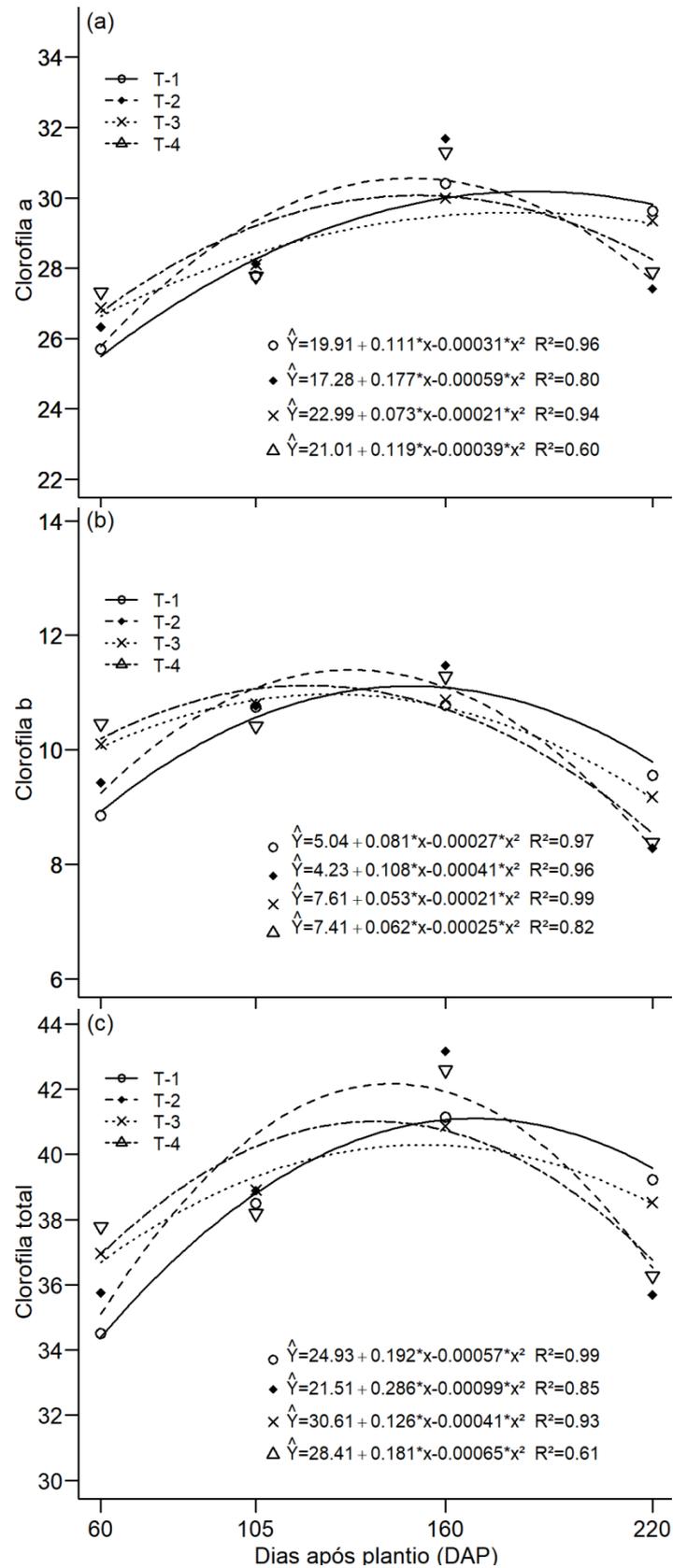


Figura 4. Estimativa dos teores de clorofila *a*, *b* e total, em plantas de yacon, originadas de rizóforos com diferentes números de gemas (Alegre, ES, 2017).

Os maiores teores de clorofila *a*, *b* e total nas plantas T2, podem estar indicando um maior potencial fotossintético dessas plantas. Tal como as avaliações individuais das clorofilas *a* e *b*, que revelam ligação direta com absorção e transferência de energia pelo aparato fotossintético. A clorofila *a* participa diretamente da etapa fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético - transferência de energia), e a clorofila *b* dos carotenóides e as ficobilinas que, conjuntamente, constituem os chamados pigmentos acessórios, que auxiliam na absorção de luz (SILVA et al., 2009; TAIZ e ZEIGER, 2017).

As plantas T3 apresentaram as maiores taxas de transpiração (E), apesar da semelhança com as plantas T2, assim como assimilação líquida de CO_2 (A) foi maior para as plantas T2, refletindo diretamente na eficiência do uso da água por essas folhas, que foram maiores (Tabela 4).

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para condutância estomática (g_s), o que refletiu diretamente nos valores de concentração de CO_2 no espaço intercelular (C_i) que também não diferiram, já que a (C_i) é diretamente proporcional à condutância estomática e inversamente proporcional a taxa de assimilação líquida CO_2 (A) (Tabela 4). Mas cabe ressaltar que os valores observados são equivalentes aos obtidos em plantas C3 (Taiz et al., 2017), o que indica que não houve limitação à disponibilidade de CO_2 para realizar a fotossíntese.

Quanto a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) nota-se destaque para as plantas T2, que é um reflexo das maiores taxas de assimilação líquida CO_2 (A) apresentada por essas plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Condutância estomática (g_s), transpiração (E), taxa de assimilação líquida CO_2 (A), eficiência no uso da água (EUA), concentração interna de CO_2 (C_i) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), em folhas de mudas da batata yacon, originadas de rizóforos diferentes números de gemas, (Alegre/ES 2017).

Tratamento	g_s (mol $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	E (mmol $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
T-1	0,500 ^{ns}	2,73b	12,10b
T-2	0,520 ^{ns}	3,12ab	14,15a
T-3	0,530 ^{ns}	3,40a	13,40ab
T-4	0,495 ^{ns}	2,66b	12,56b
CV (%)	14,39	8,03	3,4

Tratamento	EUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)	C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	AC_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$) $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$)
T-1	4,720ab	442,00 ^{ns}	0,0271b
T-2	5,190a	439,25 ^{ns}	0,0322a
T-3	5,102a	440,50 ^{ns}	0,0304ab
T-4	3,875b	443,25 ^{ns}	0,0280b
CV (%)	8,66	1,83	9,6

T-1= 1-2- gemas; T-2 = 3-4 gemas; T-3 = 5-6 gemas T-4= 7-8, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

Esses resultados mostram que as plantas T2 (oriundas de rizóforos com 3-4 gemas) apresentaram capacidade de incrementar a produção de fotoassimilados, devido a maior taxa de assimilação líquida CO_2 (A), que ocorreu por contribuição das maiores taxas de transpiração (E), aumentado a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), uma vez que essas duas variáveis estão diretamente relacionadas com a assimilação de CO_2 .

Além disso, observa-se que o resultado para a estimativa dos teores de clorofila a e b para as plantas T2 (Figura 4) correspondem com o maior resultado para a taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), mostrando uma relação direta entre essas variáveis, permitindo o uso dos teores de clorofila a e b como indicativo efetivo para a capacidade de assimilação de CO_2 da planta.

Os resultados encontrados estão de acordo com Flexas et al., (2002), Panda, Sharma e Sarkar (2008), Meschede et al., (2011), Guan et al., (2015), Kalaji et al., (2017), Evans, Morgan e Von Caemmerer (2017) que também encontraram correlação entre o conteúdo de clorofila e a atividade fotossintética. Diante dos resultados, pode sugerir a possibilidade por meio dos valores de clorofila, estimar a capacidade

assimilação na planta de yacon. Isso tornaria a avaliação mais barata, pois o clorofílog tem baixo custo e simples manuseio, quando comparado a outros analisadores de fotossíntese, como o IRGA (Infra-red Gas Analyzer).

Dependendo das condições ambientais, as plantas C3 apresentam atividade fotossintética variando a taxa de assimilação líquida CO₂ entre 10 e 25 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; as plantas C4, entre 25 a 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; e as plantas CAM, entre 2,5 a 7,6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (PIMENTEL, 1998; RAVEN et al., 2001; SILVA et al., 2010). Por meio dos valores de taxa de assimilação líquida de CO₂ obtidos (Tabela 4), pode-se relatar que a batata yacon é uma planta do tipo C3, corroborando com Seminario et al., (2003) e Silva, (2015).

As plantas T2 apresentaram os maiores acúmulos de massa seca da parte aérea (Tabela 5), consequência do bom desenvolvimento vegetativo (plantas mais altas, com maior número de hastes e folhas, figuras 2 e 3). No entanto, as plantas apresentaram a segunda maior massa acumulada em rizóforos, mostrando o investimento nesse órgão apenas o suficiente para ele cumprir a função de conexão do transporte de fotoassimilados desde as folhas até as raízes. Pode ser que as plantas ainda viessem a investir mais nesse órgão, pois segundo AmayaRobles (2002) a formação completa dos rizóforos ocorre após a translocação dos fotoassimilados para as raízes tuberosas, as quais posteriormente servem de fonte para a formação destas estruturas utilizadas pela planta como estratégia de sobrevivência.

Os maiores acúmulos de massa seca de raiz tuberosa (Tabela 5) demonstram que as plantas T2 também contribuíram para aumentar a capacidade de acumular os fotoassimilados em órgão de reservas, reforçando sua boa condição fisiológica. Resultado que reflete na capacidade produtiva das plantas em raízes tuberosas frescas (Tabela 6), que é a principal forma de comercialização da cultura.

Tabela 5. Massa seca da parte aérea, rizóforos e raiz, de raízes frescas de plantas de batata yacon originadas de rizóforos com diferentes números de gemas, (Alegre/ES 2017).

Tratamentos	Massa seca parte aérea (t ha ⁻¹)	Massa seca rizóforo (t ha ⁻¹)	Massa seca raiz (t ha ⁻¹)
T-1	3,0ab	2,3a	3,1b
T-2	3,3a	1,9b	3,9a
T-3	2,8b	1,4c	2,9bc
T-4	1,3c	1,1c	2,1c
CV%	9,6	8,62	9,59

T-1= 1-2 gemas; T-2 = 3-4 gemas; T-3 = 5-6 gemas T-4= 7-8, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade,

É importante expor, que a yacon tem apresentado grande variação no rendimento produtivo em raízes tuberosas. Na região Sul do Espírito Santo, por exemplo, já foram observadas produtividades entre 4 e 97 t ha⁻¹, dependendo da época e do local de plantio, com plantas propagadas por rizóforos (SILVA, 2015), e 6 a 32 t ha⁻¹, de acordo com a cobertura do solo, com plantas propagadas por estacas (SILVA et al., 2018). Em São Paulo, Amaya Robles (2002) relatou a produtividade total de 44,8 t ha⁻¹ para plantas originárias de gemas axilares. Essa variação é consequência da influência das condições de cultivo (clima e solo), do manejo da cultura (dentre eles o material propagativo) e da variabilidade genética (SUMIYANTO et al., 2012).

Ao classificar as raízes tuberosas de yacon, observa-se que as plantas (T2) novamente se destacaram ao apresentar 67,63 % da produtividade em raízes grandes (31,38 t há⁻¹) e 21,33 % da produtividade em raízes médias (9,9 t há⁻¹) (Tabela 6), que são as classes de raízes com os melhores valores comerciais.

Tabela 6. Produtividade de batata yacon por classe de raízes frescas, originadas de rizóforos com diferentes números de gemas, (Alegre, ES, 2017),

Tratamentos	Raízes grandes (t ha ⁻¹)	Raízes Médias (t ha ⁻¹)	Raízes Pequenas (t ha ⁻¹)	Total (t ha ⁻¹)
T-1	26,48b	9,33a	4,66 ^{ns}	40,41b
T-2	31,38a	9,9a	5,12 ^{ns}	46,45a
T-3	25,61b	8,79ab	5,05 ^{ns}	39,44b
T-4	17,32c	7,75b	5,58 ^{ns}	30,65c
CV%	15,1	21,79	18,97	9,12

T-1= 1-2 gemas; T-2 = 3-4 gemas; T-3 = 5-6 gemas T-4= 7-8, Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo. Classes propostas por OLIVEIRA, (2016).

Tendo em vista todo comportamento apresentado, desde a fase muda até o campo, pelas plantas oriundas de rizóforos com 3 a 4 gemas, essa se apresenta como a melhor forma de propagação aplicável ao cultivo de yacon.

CONCLUSÃO

As plantas oriundas de rizóforos com 3 a 4 gemas apresentaram o melhor desempenho nas fases de mudas e de campo, mostrando-se como uma forma de propagação adequada ao cultivo de yacon,

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. P.; DE ALVARENGA, A. A.; DE CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 34, n. 1, p.83-88, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782004000100013>.
- AMAYA, R J. E **Desenvolvimento de “yacón”(Polymnia sonchifolia Poep. & Endl.) a partir de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos.** 89f. Tese de Doutorado. (Tesis Doctoral): Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho. Botucatu, SP- Brasil, 2002.

- CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.
- COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; SALVIANO, A. M.; MESQUITA, A. C.; ALBERTO, K. D. C. Gas exchange and organic solutes in forage sorghum genotypes grown under different salinity levels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.231-236, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p231-236>.
- COELHO, M. D. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.. Efeito do tipo de estaca na propagação de *Turnera subulata*. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 34, n. 3, p.435-438, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362016003021>.
- DICKSON, A; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F.. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, [s.l.], v. 36, n. 1, p.10-13, 1960. <http://dx.doi.org/10.5558/tfc36010-1>.
- DUTRA, C. C.; FERREIRA, P. E. A., RAMÃO, P.L; QUINTÃO, S. S.. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 33, p.327-345, 2012. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33supl1p2657>.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014.
- ERLACHER, W. A.; OLIVEIRA, F. L.; FIALHO, G. S.; SILVA, D. M. N.; CARVALHO, A. H. O. Models for estimating leaf area of yacon. **Horticultura Brasileira** (Impresso)., v.34, p.422 - 427, 2016.
- EVANS, J. R.; MORGAN, P. B; VON C. S. Light Quality Affects Chloroplast Electron Transport Rates Estimated from Chl Fluorescence Measurements. **Plant And Cell Physiology**, [s.l.], v. 58, n. 10, p.1652-1660, 2017. <http://dx.doi.org/10.1093/pcp/pcx103>.
- FERNÁNDEZ, E. C.; VIEHMANNOVÁ, I.; LACHMAN, J.; MILELLA, L. Yacon [*Smilax sp.* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the Central Europe. **Plant Soil Environ.**, v. 52, p. 564-570, 2006.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; DE SOUZA-SCHLICK, G. D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na

- safrade inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 45, n. 8, p.826-835, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2010000800008>.
- FERREIRA, L. L.; ALMEIDA, A. E. S.; COSTA, L. R.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A.; PORTO, V. C. N.. Vermicompostos como substrato na produção de mudas de berinjela (*Solanum melongena*) e pimentão (*Capsicum annumm*). **Holos**, [s.l.], v. 4, p.269-274, 2014. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2014.1409>.
- FIGUEIREDO, P. G.; MORAES-DALLAQUA, M. A. D.; BICUDO, S. J.; TANAMATI, F. Y.; AGUIAR, E. B. Development of Tuberous Cassava Roots under Different Tillage Systems: Descriptive Anatomy. **Plant Production Science**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.241-245, 2015. <http://dx.doi.org/10.1626/pps.18.241>.
- FILGUEIRA, FAR. 2008. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 421p.
- FLEXAS, J.; ESCALONA, J. M.; EVAIN, S.; GULÍAS, J.; MOYA, I.; OSMOND, C. B.; MEDRANO, H. STEADY-. State chlorophyll fluorescence (Fs) measurements as a tool to follow variations of net CO₂ assimilation and stomatal conductance during water-stress in C₃ plants. **Physiologia Plantarum**, [s.l.], v. 114, n. 2, p.231-240, 2002. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1140209.x>.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: UPF, 2004.
- FREITAS, G. A; RIBEIRO, S. R. R, BARROS, B. H., VAZ-DE-MELO, A., PEREIRA, A. W. A. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, 2013.
- GOMES, H. E.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M.C.; PEREIRA GASSI, R.; PACITO, T. E.; VARGAS, M, R.. Produção de mudas e de raízes comerciais de mandioquinha-salsa ‘Amarela de Carandaí’ em função de espaçamentos e amontoa. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, 2010.
- GOULART, L. M. L.; PAIVA, H. N. D.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; DUARTE, M. L. Produção de Mudas de Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em Resposta a Fertilização Nitrogenada. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 24, p.327-345, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.137315>.
- GRAU A., REA J. (1997): **Yacon – *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson**. In: Hermann M., Heller J. (eds.): Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized

- and neglected crops. 21. Inst. Plant Gen. Crop Plant Res., Gatersleben/IPGRI, Rome, Italy.
- GRAU, A.; REA, J. **Yacón: *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson.** Tucuman (Argentina): Universidad Nacional de Tucumán, Laboratório de Investigaciones Ecológicas de los Yungas. 2002.
- GUAN, Kaiyu et al. Improving the monitoring of crop productivity using spaceborne solar-induced fluorescence. **Global Change Biology**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.716-726, 10 nov. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13136>.
- GUIMARÃES, M. A.; NETO, L.; HOZANO, S.; ARAÚJO, R. B.; LIMA NETO, B. P.; SILVA, V. B.; MESQUITA, R. O. Staking system and planting spacing in the asparagus bean production. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 613-620, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170422>.
- GUSSO, A. P; MATTANNA, P; RICHARDS, N. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 45, n. 5, p.912-919, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140963>.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES, F.T., Jr.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices.** 8th ed. Boston: Prentice-Hall, p. 915, 2011.
- HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA M. C. Composição nutritiva de rizomas em clones de inhame cultivados em Dourados-MS. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 1, p. 61-63, 2004.
- IBAÑEZ, M. S.; MERCADO, M. I.; ARÁOZ, M. C.; ZANNIER, M. L.; GRAU, A.; PONESSA, G. I. Flower structure and developmental stages of the capitulum of *Smallanthus sonchifolius* (Asteraceae): reproductive implications. **Journal Of Plant Research**, [s.l.], v. 130, n. 2, p.327-337, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s10265-017-0904-x>.
- KAKIHARA, T.S.; CÂMARA, F.L.A.; VILHENA, S.M.C.; RIERA, L. Cultivo e industrialização de yacon (*Polymnia sonchifolia*): uma experiência brasileira. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RAÍZES TROPICAIS 1 e CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA 9, São Pedro. **Anais...** Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, sociedade Brasileira de Mandioca, 1996. s.p.(resumo 148).
- KALAJI, H. M., SCHANSKER, G., BRESTIC, M., BUSSOTTI, F., CALATAYUD, A., FERRONI, L., LOSCIALE, P. Erratum to: Frequently asked questions about

- chlorophyll fluorescence, the sequel. **Photosynthesis Research**, [s.l.], v. 132, n. 1, p.67-68, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s11120-017-0356-0>.
- LORENZONI, M. Z.; REZENDE, R.; DE SOUZA, Á. H. C.; SANTOS, F. A. S.; LOZANO, C. S.; CASTRO S. C. Gas exchange, leaf and root dry mass in Bell Pepper under fertigation with nitrogen and potassium. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 39, n. 2, p.511-522, 2018. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p>
- MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.
- MALDANER, I. C.; GUSE, F. I.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; PITOL LUCAS, D. D.; LOOSE, L. H. Filocrono, área foliar e produtividade de frutos de berinjela conduzidas com uma e duas hastes por planta em estufa plástica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, 2009.
- MANRIQUE, I.; GONZALES, R.; VALLADOLID, A.; BLAS, R.; LIZÁRRAGA, L. Producción de semillas en yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &Endl.)) mediante técnicas de polinización controladas. **Ecología Aplicada**, [s.l.], v. 13, n. 1-2, p.135-140, 2014. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.464>.
- MELO, A. S. de. A.;SUASSUNA, J.F.; DANTAS, F. P.; BARBOSA, B, M. E.; FERNANDES, S. A.; OLIVEIRA, A. N. A. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum. Agronomy**,[s.l.], v. 32, n. 1, p.327-345, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.2136>
- MENEGHELLI, L. A.; MONACO, P. A.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, C. M.; ALMEIDA, K. M. Agricultural residues as a substrate in the production of eggplant seedlings. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 35, n. 4, p.527-533, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170409>.
- MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A.; SILVA, J. R. M. Alteração fisiológica da cana-de-açúcar pela aplicação de Glyphosate e Sulfometuron-Methyl. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 29, n. 2, p.413-419, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582011000200019>.
- MORAIS, E. R. G.; MAIA, C. E.; NEGREIROS, M. Z.; ARAÚJO, B. B.; MEDEIROS, J. F. Crescimento e produtividade do meloeiro goldex influenciado pela cobertura do solo. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 129-137, 2008.

- NAVES, V.L.; ALVARENGA, A.A.; OLIVEIRA, L.E.M. Comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas à diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa. **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.4, p.408-414, 1994.
- NEUMANN, É. R., DE RESENDE, J. T. V., CAMARGO, L. P., CHAGAS, R. R., LIMA FILHO, R. B.. Produção de mudas de batata doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum*. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 35, n. 4, p.490-498, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170404>.
- OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO, E.K. Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.7, p. 215-220, 2004.
- OLIVEIRA, T. **Classificação de batata yacon na CEAGESP**. Boletim do Centro de Qualidade, Pesquisa & Desenvolvimento da CEAGESP, SP, v 1, n 4, 2016.
- PANDA, D.; SHARMA, S. G.; SARKAR, R. Chlorophyll fluorescence parameters, CO₂ photosynthetic rate and regeneration capacity as a result of complete submergence and subsequent re-emergence in rice (*Oryza sativa* L.). **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 88, n. 2, p.127-133, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.08.012>.
- PEZZOPANE, J. E. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A. **Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo**. 1. ed. Vitória: UFES, p.178, 2012.
- PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, p.150, 1998.
- PIMENTEL, N.; LENCINA, K. H.; PEDROSO, M. F.; SOMAVILLA, T. M.; BISOGNIN, D. A. Morphophysiological quality of yerba mate plantlets produced by mini-cuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 38, n. 6, p.3515-3525, 2017. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n6p3515>.
- PUIATTI, M. Manejo da cultura do taro. In: CARMO, C.A.S. (Ed.). **Inhame e taro: sistemas de produção familiar**. Vitória-ES: INCAPER,. p.203-252.2001.
- PUIATTI, M., KATSUMOTO, R., PEREIRA, F. H., & BARRELLA, T. P. Crescimento de plantas e produção de rizomas de taro 'Chinês' em função do tipo de muda. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 21, n. 1, p.110-115,2003. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362003000100023>.

- R Development Core Team (2016). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RAVEN, P.H. et al. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 906p.2001.
- RODRIGUES, L. A.; ARAUJO, M. T.; SILVA, S. S.; CYRINO, E. A. Qualidade de mudas de Moringacultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 4, p.545-552, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663040016>.
- RÓS, A. B.; ARAUJO, H. S.; NARITA, N. Uso de fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de batata-doce em bandeja. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 34, n. 6, p.2667-2669, 11 dez. 2013. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6p2667>.
- RÓS, A.B.; NARITA, N. Produção de mudas de batata-doce a partir de poucas plantas matrizes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias –Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, [s.l.], v. 6, n. 1, p.85-89,2011. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i1a965>.
- SANTOS, F.; TRANI, P. E.; CARMO, M. S. S.; PASSOS, F. A Desempenho agrônômico de quatro cultivares de almeirão. *Horticultura Brasileira*, [s.l.], v. 31, n. 1, p.153-156, 2013..<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362013000100024>.
- SANTOS, W. M.; JUNIOR, S. S.; NOLASCO, F.; SILVA, C R. A., SILVA, M. B.; RODRIGUES, L. F. O. S. Produção de mudas de taioba em função do tipo e seccionamento de rizomas. **Científica**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.74-84, 2014. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n1p74-79>.
- SEMINARIO J; VALDERRAMA M. A. **Prueba de rendimiento de dos morfotipos de yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. &Endl.) H. Robinson, propagados poresqueje y cepas. Caxamarca.**, v.10, n. 1, p. 99-108, 2002.
- SEMINARIO, J., M. VALDERRAMA, E I. MANRIQUE..**El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Lima, PER. 2003.
- SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; DOMINGOS, J. R.; DUCATTI, C. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira'Roxo de Valinhos'. **Ciência Rural**, p. 1270-1276, 2010.

- SILVA, D. M. N. **Cultivo de yacon em duas condições edafoclimáticas e épocas de plantio no sul do espírito santo**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Fitotecnia), Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre – ES, 2015.
- SILVA, D. M. N.; VENTURIM, C. H. P.; CAPUCHO, M. E. O. V.; OLIVEIRA, F. L., MENDONÇA, S E. Impact of soil cover systems on soil quality and organic production of yacon. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 235, p.407-412, 2018..<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.024>.
- SILVA, F.L.; PINTO, C. A. B. P.; ALVES, J. D.; BENITES, F. R. G.; ANDRADE, C. M.; RODRIGUES, G. B.; LEPRE, A. L.; BHERING, L. P. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, [s.l.], v. 68, n. 2, p.295-302, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052009000200002>.
- STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. D.; HECKTHEUER, L. H. H. The chlorophylls. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M., ; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**.6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TJUKAVIN G.B. **Introduction of yacon in Russia**. Vympel, Moscow. (In Russian):rs: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Inst. Plant Gen. Crop Plant Res., Gatersleben/IPGRI, Rome, Italy. (2001):
- VILHENA, S. M. C; A CÂMARA, F. L; KAKIHARA, S T. O cultivo de yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.5-8, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362000000100002>.
- WANG, X.; XIN, C.; CAI, J.; ZHOU, Q.; DAI, T.; CAO, W.; JIANG, D. Heat priming induces trans-generational tolerance to high temperature stress in wheat. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 501, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A partir das avaliações realizadas ficam evidentes as influências do material propagativo no crescimento, desenvolvimento, e rendimento da yacon.

2. Neste trabalho observou-se que a condução de mudas da yacon em viveiro para ambos os materiais propagativos (estaca/rizóforo), podem ser uma alternativa viável para o produtor, com a redução de 2 meses dessas plantas a campo e, em consequência redução dos custos de manejo, já que ciclo da cultura é longo podendo variar de 7 a 11 meses. Além disso, as mudas da yacon, em ambiente protegido resultaram em plantas vigorosas e com baixo índice de mortalidade, o que talvez não acontecesse se o material propagativo se desse direto a campo.

3. As estacas herbáceas apresentaram-se como um material propagativo viável. Levando em consideração que a propagação convencional é realizada por meio de rizóforos, as estacas em sua grande maioria são descartadas pelos produtores. Esse material propagativo chegou a apresentar produtividade de $42,8 \text{ t ha}^{-1}$, quando propagado por estacas com 3 gemas. Visto que, a maior produtividade pelo método de propagação convencional foi de $46,4 \text{ t ha}^{-1}$ com o uso de rizóforos apresentando de 3 a 4 gemas.

4. Já em relação ao material propagativo convencional (rizóforo), verificou-se que a redução do peso desse material associado com o número de gemas interfere de forma positiva em ganhos na produtividade, além de que, pode reduzir custos no plantio.

Já que, no cultivo convencional se usa rizóforos pensando entre 60 e 80 g demandando de 1800 a 2400 kg de rizóforos para cada hectare plantado, para uma densidade de 30 mil plantas por hectare. Nesse contexto, o uso de rizóforos, com 3 a 4 gemas e peso médio de 27 g apresentou produtividade $46,4 \text{ t ha}^{-1}$ comparado ao material de uso convencional com produtividade de $30,6 \text{ t ha}^{-1}$. Ou seja, houve uma redução em volume de material propagativo e, em consequência redução dos custos de produção por hectare.