

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

ARIANY DAS GRAÇAS TEIXEIRA

CULTIVO DE YACON EM AMBIENTES SOMBREADOS

ALEGRE-ES
2018

ARIANY DAS GRAÇAS TEIXEIRA

CULTIVO DE YACON EM AMBIENTES SOMBREADOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal na linha de pesquisa em Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz de Oliveira.
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte.

ALEGRE-ES
2018

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

T266c Teixeira, Ariany das Graças, 1987-
Cultivo de yacon em ambientes sombreados / Ariany das Graças
Teixeira. – 2018.
60 f. : il.

Orientador: Fábio Luís de Oliveira.
Coorientadores: Paulo Cezar Cavatte.
Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do
Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Alimentos. 2. Produtividade agrícola. 3. Crescimento. 4. Sombras. 5.
Raízes tuberosas. 6. Yacon. I. Oliveira, Fábio Luís de. II. Cavatte,
Paulo Cezar. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de
Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 63

Bibliotecário: Felício Gomes Corteletti – CRB-6 ES-000646/O


ARIANY DAS GRAÇAS TEIXEIRA

CULTIVO DE YACON EM AMBINETES SOMBREADOS


Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal na linha de pesquisa Fitotecnia.

Aprovada em 10 de julho de 2018

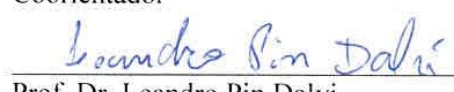
COMISSÃO EXAMINADORA:




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



Prof. Dr. Paulo César Cavatte
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Prof. Dr. Leandro Pin Dalvi
Universidade Federal do Espírito Santo



Dra. Lorena Abdalla O. Prata Guimarães
Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência
Técnica e Extensão Rural

Ao meu pai Elvino Teixeira e à minha mãe
Ana Maria e aos meus irmãos Aniely e Alípio
por todo apoio e amor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-Ufes), Alegre, Espírito Santo, Brasil;

A CAPES pela concessão da bolsa, e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo auxílio financeiro e apoio à pesquisa;

Ao meu orientador Fábio Luiz de Oliveira pela dedicação e orientação, pelos ensinamentos acadêmicos, profissionais, e acima de tudo por contribuir ainda mais com a minha formação profissional, me mostrando que a ética é umas das principais qualidades para a formação do bom professor e pesquisador. E por ser além de orientador, amigo e conselheiro;

Ao meu coorientador Paulo Cezar Cavatte por todos os ensinamentos, e aos membros da banca Prof. Leandro Pin Dalvi e a Lorena Abdalla pela disponibilidade e considerações;

À minha família por todo amor, ao meu pai Elvino pelo apoio incondicional, à minha mãe Ana Maria pelas orações, à minha irmã Aniely pelos conselhos, e por me acalmar nas horas mais intensas, ao meu irmão Alípio pela amizade e confiança;

Aos “filhos do Fábio” por todo trabalho em equipe e amizade; Mateus Quaresma, Tiago Pacheco, Magno Parajara, Mateus Cabral, Joab Pedrosa, Diego Mathias;

Aos professores e funcionários do Ifes- campus Alegre, pela disponibilidade e ajuda para desenvolver uma parte do trabalho; Prof. Wallace Luís Lima e o funcionário Adailton e ao setor de Agroecologia, ao Prof. Otacílio Rangel, ao servidor Luiz e ao funcionário Puri, do setor de Cafeicultura;

Ao servidor Vinicius, técnico responsável, e a todos os funcionários, em especial ao Pica Pau, da Área Experimental, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, UFES Alegre, pela colaboração direta na realização do trabalho;

Às secretárias do programa de pós-graduação Madalena e Alessandra pela dedicação e companheirismo;

Às minhas companheiras de repúblicas Maiara, Isabela, Jô, e Mayra pela amizade;

Aos amigos que estiveram presentes durante esses quatro anos me dando apoio e amizade; a minha amiga Natalia, aos amigos da UFES Dionisio, Paulinha, Lucas Rosa, Marlla, Danilo, Carol, Tião, Sara, Abel e Marjorie, aos amigos da UFRRJ Erika, Thianny, Fabiano e tantos outros que de alguma forma fizeram parte dessa caminhada.

“A cada novo dia, a cada momento, temos a nossa disposição a maravilhosa possibilidade do encontro, que traz em si infinitas oportunidades. Precisamos apenas estar atentos”.

"Aceite com sabedoria o fato de que o caminho está cheio de contradições. Há momentos de alegria e desespero, confiança e falta de fé, mas vale a pena seguir adiante"

Paulo Coelho

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
CAPÍTULO 1. Crescimento da yacon sob sombreamento artificial	11
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	14
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO 2. Cultivo consorciado e densidade de plantio de yacon	28
2.1 INTRODUÇÃO	30
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	31
2.4 CONCLUSÃO	49
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
3.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60

TEIXEIRA, Ariany das Graças. **Cultivo de yacon em ambientes sombreados**, 2018. (Tese – Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, 2018.

RESUMO GERAL A yacon (*Smallanthus sonchifolius*) espécie pertencente à família da Asteraceas, é cultivada pelos povos Peruanos, desde os tempos pré-inca. Atualmente conceituada um alimento funcional destaca-se como uma hortaliça promissora na indústria farmacêutica e alimentícia, porém no Brasil, as áreas cultivadas ainda são limitadas. Apesar de ser considerada uma espécie com facilidade de adaptação aos diferentes ambientes, seu sucesso produtivo passa pela necessidade de conhecimento sobre os aspectos agrônômicos. Assim, conhecer a resposta da yacon sob sombreamento poderá contribuir com as formulações de estratégia para o seu cultivo, principalmente em ambientes quentes. Portanto, surge a necessidade para esse estudo, que teve por objetivo conhecer as respostas da yacon quando sombreadas na condição de baixa altitude, além verificar a viabilidade produtiva quando consorciada. Foram realizados dois experimentos: Crescimento da yacon sob sombreamento artificial, constituído pelo cultivo da yacon em quatro níveis (0%, 30%, 50%, 70%) de sombreamento artificial; e Cultivo consorciado e densidade de plantio de yacon constituído por três espaçamentos (0,3; 0,4; 0,5m) entre plantas de yacon, sendo essas na presença e ausência de milho nas entre linhas alternadas de bananeiras. Os resultados demonstram a capacidade de produção da yacon sob ambientes sombreados. O ambiente com 30% e 50% de sombreamento propiciou o melhor crescimento da yacon, e boa produção de biomassa total. Logo, a quantidade de radiação sob a planta deve ser considerada, sendo que o maior nível de sombra poderá comprometer a produtividade final das raízes tuberosas. Porém, quando consorciada o fator sombra aliado a produção das culturas que formam o sistema, contribui para a viabilidade do cultivo sombreado, agregando valor a renda do agricultor familiar.

PALAVRAS-CHAVE: *Smallanthus sonchifolius*; sombra; produção; raízes tuberosas.

TEIXEIRA, Ariany das Graças. **Yacon cultivation in shaded environments**, 2018. (Tese – Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, 2018.

ABSTRACT- The yacon (*Smallanthus sonchifolius*) species belonging to the family of the Asteraceas, is cultivated by the Peruvian peoples, since pre-Inca times. Currently, a functional food stands out as a promising vegetable in the pharmaceutical and food industry, but cultivated areas are still restricted. Despite being considered a species with ease of adaptation to different environments, its productive success requires the knowledge of agronomic aspects. Thus, knowing yacon's response under shading may contribute to the strategy formulations for its cultivation, especially in hot environments. Therefore, the need arises for this study, which aimed to know the yacon responses when shaded in the low altitude condition, besides verifying the productive viability when consorted. Two experiments were carried out: Growth and yacon production under artificial shading, consisting of yacon cultivation in four levels (0%, 30%, 50%, 70%) of artificial shading; and yacon planting density, intercropped with corn, under banana orchard, consisting of three spacings (0,3; 0,4; 0,5m) between yacon plants, being these in the presence and absence of maize in alternating rows of banana trees. The results demonstrate yacon's production capacity under shaded environments. The environment with 30% and 50% of shading provided the best development of yacon, and good production of total biomass. Therefore, the amount of radiation under the plant should be considered, and the higher shade level may compromise the final productivity of tuberous roots. However, when the shadow factor is combined with the production of the crops that form the system, it contributes to the viability of the shaded cultivation, adding value to the income of the family farmer.

KEYWORDS: *Smallanthus sonchifolius*; shadow; production; tuberous roots.

INTRODUÇÃO GERAL

A yacon (*Smallanthus Sonchifolius* Poepp. & Endl) é apresentada como um alimento funcional e vem se destacando na indústria aplicada à tecnologia de alimentos, possui atividades prebióticas e sabor adocicado dos frutanos, na forma separada ou na composição de alimentos base (SACRAMENTO et al., 2017). A indústria alimentícia oferece alternativas para o processamento das raízes, que podem ser consumidas por meio da produção de farinha, utilizada na incorporação de bolos, biscoitos, doces e apresuntados, e das raízes desidratadas para a produção de chips (ROLIM et al., 2010, TEIXEIRA, 2011). Outra opção seria o consumo do suco que pode ser facilmente incorporado à dieta de diabéticos (GUSSO et al., 2015).

A importância dos resultados positivos do consumo da yacon para a saúde humana aumentou o interesse comercial perante o mercado consumidor, promovendo o desenvolvimento de atividades comerciais em torno de seu cultivo (MANRIQUE E PÁRRAGA, 2005).

Por conseguinte, com o aumento do consumo, houve a expansão do cultivo para os países fora dos Andes, principal região de plantio da cultura, como Paraguai, Estados Unidos, Eslováquia, China, Coreia e Taiwan (LACHAN et al., 2004), Nova Zelândia, (MANRIQUE E HERMANN, 2004), e o Japão onde se iniciou a dispersão da raiz para outros países, como Coreia e Brasil (SEMINÁRIO et al., 2003). No Brasil, o seu cultivo iniciou-se no Estado de São Paulo, no município de Capão Bonito (KAKIHARA et al., 1996, SANTA E CARDOSO, 2008). Recentemente é cultivada também nas regiões serranas do Estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

A expansão da área cultivada e os benefícios à saúde humana, como no controle da diabetes e do colesterol, abrem perspectivas sobre a aplicação da yacon (SANTANA E CARDOSOS, 2008). Com isso, o interesse pelo cultivo dessa raiz tuberosa motiva uma demanda por informações agronômicas, no entanto ainda escassas, principalmente para as condições do estado do Espírito Santo, onde já se encontram áreas de plantios estabelecidas.

A yacon é originária da região dos Andes, mas tem alta capacidade de adaptação a diferentes ambientes (ROBINSON, 1997), mas sua produção varia de acordo com o material genético, as condições edafoclimáticas, e as técnicas de manejo utilizadas (MANRIQUE et al., 2005; SILVA, 2015, QUARESMA, 2018, CARVALHO, 2018; SILVA et al., 2018). Sendo que as condições de cultivos e as técnicas de manejo da yacon podem alterar de acordo com as características do ambiente, onde a variação da altitude pode influenciar a precipitação, a temperatura, e a intensidade luminosa (SEMINÁRIO et al., 2003).

Diante da possibilidade da adaptabilidade da yacon a menores quantidades de luz (TOMAZINNI et al., 2009), o cultivo sombreado ajusta-se ao manejo como uma possível estratégia para sua produção em regiões de baixas altitudes. Criando-se um microclima favorável a fim de estimular a produção das raízes tuberosas.

O cultivo da yacon em ambientes sombreados poderá ocorrer na construção dos sistemas consorciados, já utilizados no cultivo de hortaliças, de modo a contribuir para melhoria da produção e da qualidade das raízes tuberosas. Para isso, culturas de expressividade na produção agrícola no estado do Espírito Santo, como o milho e a banana (INCAPER, 2017), poderão ser inseridas como componentes dos sistemas.

Nota-se, dessa forma, a importância do estudo da capacidade adaptativa da yacon a sombra, a qual poderá surgir como uma estratégia de cultivo para a região Sul do Espírito Santo. Tendo em vista trabalhos realizados na mesma condição climática de baixa altitude, demonstram que as altas temperaturas comprometem a produção e produtividade das raízes tuberosas (SILVA, 2015; QUARESMA, 2018; CARVALHO, 2018; SILVA et al., 2018).

Diante da necessidade da cultura apresentada, essa pesquisa teve por objetivo estudar a resposta da yacon a ambientes sombreados e ao consórcio com milho e banana. Além de contribuir para a complementação da renda do agricultor familiar com a inserção de uma nova cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, A. H. **Arranjos populacionais para o cultivo de yacon**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Fitotecnia), Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre – ES, 2018.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. INCAPER, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br>. Acessado em 30 de março de 2018.

GUSSO, A.P.; MATTANNA, P.; RICHARDS, N. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**, n.45, p. 912-919, 2015.

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). 1996.

LACHMAN, J.; HAVRLAND, B.; FERNÁNDEZ, E. C.; DUDJAK, J. Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson tubers and rhizomes, and factors affecting their content. **Plant soil environment**, Czech Republic, v.50, n.9, p.383-390, 2004.

MANRIQUE, I.; HERMANN, M.; BERNET, T. Yacon - Fact Sheet. Peru: **International Potato Center** (CIP), 2004.

MANRIQUE, I; PÁRRAGA, A. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: Uma década de investigación para el desarrollo (1993-2003). **Jarabe de yacón: principios y procesamiento**. Lima: Centro Internacional de La Papa. 40p. 2005.

QUARESMA, M. A. L. **Estratégias para cultivo de yacon: Conservação de rizóforos, métodos e profundidades de plantio em diferentes altitudes**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Fitotecnia), Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre – ES, 2018.

ROBINSON, H. Yacon, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endt). In: HERMAN, M.; HELLER, J. Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, p. 202-242, 1997.

SACRAMENTO, M.S.; DA SILVA, P. S. R. C; TAVARES, M. I. B. Batata yacon-alimento funcional. **Semioses**, v.11, n.3, p.43-48. 2017.

SANTANA, I.; CARDOSO, M.H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, 38: 898-905, 2008.

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.

ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; PADILHA, V. M.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C. Análise de componentes principais de pães de forma formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.). **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.012-017, 2010.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. **El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio**. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), 2003.

TEIXEIRA, J.T. **Elaboração de apresetado formulado com farinha e extrato de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2011.

TOMAZINI, R.; CAMARGO, J. T.; CASTIGLIONI, S. A. C.; OLIVEIRA, A. J.; OLIVEIRA, E. M. B.; VIRGOLINO, V. P. B.; GAVAZZONI, E. C.; LANGER, L. F.; VILLANOVA, A. C. C.; CASTIGLIONI, G. L. 2009. **Sombreamento na produção de folhas e raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl.) H. Robinsón**. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br> Acessado em 18 de abril de 2018.

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.

WANG, Q.; HOU, F.; DONG, S.; XIE, B.; LI, A.; ZHANG, H.; ZHANG, L. Effects of shading on the photosynthetic capacity, endogenous hormones and root yield in purple-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Plant Growth Regulation**, v.72, n.2, p.113-122, 2014.

Capítulo 1. Crescimento da yacon sob sombreamento artificial

RESUMO – A yacon é uma raiz tuberosa cultivada em sua maioria em regiões de clima ameno de elevadas altitudes. Entretanto, a espécie tem capacidade de se desenvolver em baixas altitudes. Para essa situação, o sombreamento pode ser uma estratégia de manejo que propicie condições favoráveis ao crescimento e à produção da yacon. Sendo assim, objetivou-se com esse estudo avaliar o crescimento e a produção da yacon em níveis de sombreamento artificial. O experimento foi conduzido em quatro níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 70%), e sete coletas mensais no delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. Avaliou-se o acúmulo de massa seca total e por partes da planta; área foliar; razão de área foliar; fração de massa foliar; fração de massa caulinar; fração de massa de rizóforos; fração de massa de raízes tuberosas; estimados valores instantâneos da taxa de crescimento relativo, de crescimento absoluto, e de assimilação líquida. O menor acúmulo de biomassa seca total e piores taxas de crescimento indicam que condições de acentuada restrição luminosa (70% de sombreamento) restringem o crescimento da yacon. As plantas de yacon crescendo sob níveis moderados de sombreamento (30 a 50%) mostraram maior capacidade de acúmulo total de biomassa, direcionando parte dessa biomassa para as raízes tuberosas, o que reflete diretamente em ganhos na produtividade agrônômica dessa cultura, indicando que a yacon tem potencial para ser associada a outros cultivos, que promovam um moderado sombreamento.

PALAVRAS-CHAVE: *Smallanthus Sonchifolius*, restrição de luz, taxas de crescimento, análise de crescimento.

ABSTRACT- Yacon is a tuberous root cultivated mostly in regions with a mild climate of high altitudes. However, the species has the capacity to develop at low altitudes. For this situation, shading may be a management strategy that provides favorable conditions for the growth and production of yacon. Thus, the aim of this study was to evaluate the growth and production of yacon at levels of artificial shading. The experiment was conducted in four levels of shade (0%, 30%, 50% and 70%), and seven monthly collections in a completely randomized design in a subdivided plot with five replications. The accumulation of total dry mass and parts of the plant was evaluated; leaf area; leaf area ratio; fraction of leaf mass; stem mass fraction; mass fraction of rhizophores; mass fraction of tuberous roots; estimates of relative growth rate, absolute growth, and net assimilation. The lower accumulation of total dry biomass and worse growth rates indicate that conditions of marked light restriction (70% shading) restrict yacon growth. Yacon plants growing under moderate levels of shading (30 to 50%) showed greater capacity of total biomass accumulation, directing part of this biomass to the tuberous roots, which directly reflects gains in the agronomic productivity of this crop, indicating that yacon has the potential to be associated to other crops, which promote a moderate shading

Keywords: *Smallanthus Sonchifolius*, light restriction, growth rates, plant growth analysis.

1.1 INTRODUÇÃO

A yacon também conhecida como batata diet, é considerada um alimento funcional com potencial nutracêutico, que tem despertado interesse da indústria alimentícia e farmacêutica, principalmente devido à presença dos frutooligossacarídeos. Estes compostos promovem vários benefícios à saúde humana, como a redução do colesterol e o controle da diabetes (OLIVEIRA et al., 2013; GUSSO et al., 2015).

É uma espécie originária dos Andes, região de clima tropical de montanhas, com elevadas altitudes. E, portanto, com temperaturas mais amenas, chuvas abundantes concentradas no verão, e com presença de neblina durante boa parte do ano. O inverno apresenta-se relativamente seco e frio, com duração de 2-4 meses, ideal para a produção das raízes tuberosas (SEMINARIO et al., 2003).

O cultivo da yacon tem se expandido para países fora dos Andes, como Paraguai, Estados Unidos, Eslováquia, China, Coreia, Taiwan e Brasil (LACHAN et al., 2004). No Brasil, seu cultivo foi introduzido pelos japoneses no início dos anos 90 e posteriormente expandiu-se para outras regiões do país (OLIVEIRA et al., 2013).

A cultura tem apresentado grande variação no desempenho produtivo com rendimentos entre 25,6 até 119 t ha⁻¹ de raízes tuberosas (KAKIHARA et al., 1996; SUMIYANTO et al., 2012). No Brasil foram relatados rendimentos de até 45 t ha⁻¹ de raízes tuberosas na região de Botucatu, São Paulo (OLIVEIRA e NISHIMOTO 2004), enquanto que na região de Caparaó, Espírito Santo, o rendimento obtido foi de 96 t ha⁻¹ (SILVA, et al., 2018a).

Para potencializar o cultivo da yacon em regiões distintas aos Andes, há que se buscar estratégias de manejo que propiciem condições mais favoráveis ao crescimento e à produção de raízes tuberosas nas plantas. Nesse sentido, o sombreamento pode ser uma estratégia promissora, tendo em vista a possibilidade da formação de microclima (maiores teores de umidade, solo e ar, com menores temperaturas e menor intensidade de radiação). Lembrando que a yacon é uma planta de ciclo fisiológico C3, grupo ao qual pertencem as plantas que melhor se adaptam a ambientes com menor intensidade luminosa (TAIZ et al., 2017).

Segundo SEMINARIO et al. (2003), a yacon comporta-se bem quando associada a espécies herbácea, arbustiva e arbórea, inclusive demonstrando possibilidade de ser um componente para sistemas agroflorestais. Os autores relatam que uma das formas de plantio tradicional na província de Contumazá, do departamento de Cajamarca, no Peru, é a associação com o milho sob irrigação. TOMAZINI NETO et al. (2006) obtiveram uma produtividade em raízes tuberosas de 54,83 t/ha a pleno sol e 100,13 t/ha com sombreamento de 50%. Dessa

forma, há apontamentos que o sombreamento pode ser favorável ao crescimento e à produção da yacon.

Todavia, a sombra fornecida às plantas deve estar em um nível ideal para cada espécie, de acordo com a necessidade de cada uma, sabendo que existem plantas mais adaptadas a pleno sol e outras a sombra (TAIZ et al., 2017). Principalmente porque a adoção de sombreamentos intensos pode promover limitação na atividade fotossintética, e como consequência levar a uma menor produção de biomassa (BRANT et al., 2011).

Diante do exposto, como pouco se conhece sobre as repostas morfofisiológicas da yacon quando submetida a ambientes sombreados, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento da yacon sob níveis de sombreamento artificial.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Espírito Santo, Ifes, no município de Alegre, ES, no período de maio a dezembro de 2015. O local de cultivo está situado a 20° 46' de latitude Sul e 41° 27' de longitude Oeste, a 128 de altitude.

Durante o período de condução do experimento as temperaturas máximas variaram entre 21 e 27 °C e a mínima 19 e 25 °C, com precipitação acumulada de 451,6 mm (dados adquiridos da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil-INMET, localizada próxima do experimento, município de Alegre/ES (Figura 1).

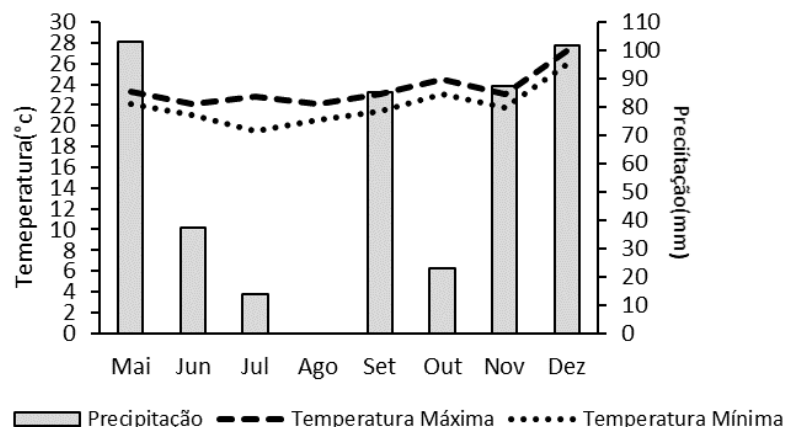


Figura 1. Médias mensais de temperatura, máxima e mínima, e médias mensais da precipitação no período de maio de 2015 a dezembro de 2015, Alegre/ES. Fonte: INCAPER*, Estação meteorológica automática do INMET, localizada em Alegre/ES (20,751° de latitude Sul, 41,489° de longitude Oeste e 138 m de altitude).

Para a caracterização dos tratamentos, foram realizadas as medições da radiação solar nos tratamentos, às 9:00 horas, por meio do radiômetro LI-191R Line Quantum Sensor (LICOR), sempre na altura do dossel das plantas, em dois períodos, no inverno e na primavera (Figura 2).

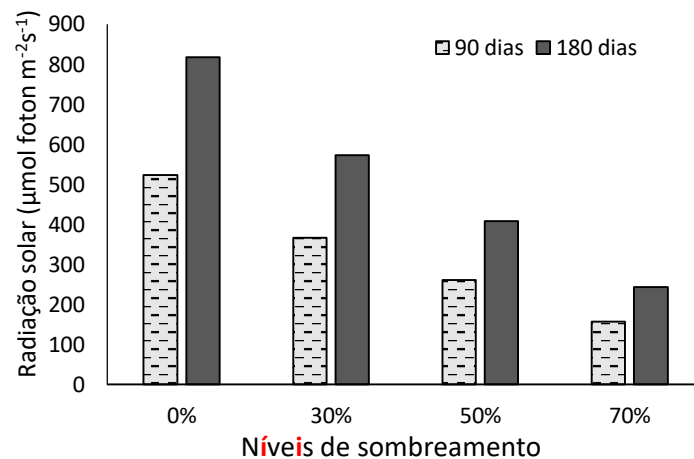


Figura 2. Radiação medida em duas épocas, aos 90 dias após o plantio, período do inverno e aos 180 dias na primavera nos quatros níveis de sombreamento.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) em um esquema de parcela subdividida no tempo, com cinco repetições. As parcelas foram compostas por quatro níveis de sombreamento 0%, 30%, 50% e 70%, e as subparcelas por sete épocas de coleta, (30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210) dias após o plantio (DAP).

Cada parcela foi composta por nove vasos numerados de acordo com as épocas de coleta. Os vasos foram colocados dentro de estruturas de madeira (montadas com estacas de eucalipto) de formato quadrado, com dimensões laterais de 1,00 m, com 1,70 m de altura, que foram totalmente revestidas com tela plástica do tipo sombrite, nos diferentes níveis de restrição (30%, 50% e 70%), sendo que no tratamento-controle as plantas foram mantidas a pleno sol (0%).

Foram usados vasos de plástico pretos com capacidade de 25 dm^3 , preenchidos com substrato obtido através da mistura homogênea do solo, areia e composto orgânico na proporção 3:1:1 (v/v). O solo utilizado para a confecção do substrato foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média (EMBRAPA, 2014), coletado no horizonte B, a profundidade de 20 cm, posteriormente seco ao ar e passado em peneira com malha de 5 mm, e submetido à análise (Laboratório de Solos, do Centro de Ciências Agrárias e

Engenharias/UFES) apresentando as seguintes características química e granulométricas: pH em água 5,71; 4,13 mg dm⁻³ de P (Mehlich 1); 20,0 mg dm⁻³ de K; 1,47 cmolc dm⁻³ de Ca; 0,69 cmolc dm⁻³ de Mg; 0,0 cmolc dm⁻³ de Al; 2,89 cmolc dm⁻³ Soma de bases; 2,20 cmolc dm⁻³ CTC efetiva; 43,19% de saturação por bases; 60% de areia, 5% de silte e 35% de argila.

Foi realizada calagem aplicando-se calcário dolomítico (dose de 0,1 t ha⁻¹), calculado pelo método de saturação por bases misturando-se ao solo uniformemente. Foi realizada a análise do composto orgânico que apresentava: 20,3 g kg⁻¹ de nitrogênio total, 3,40 g kg⁻¹ de fósforo, 6,30 g kg⁻¹ de potássio, 12,30 g kg⁻¹ de cálcio, 4,40 g kg⁻¹ de magnésio, 2,60 g kg⁻¹ de enxofre, 62,06 mg kg⁻¹ de boro, 55,90 mg kg⁻¹ de zinco, 307,4 mg kg⁻¹ de manganês, 1770,00 mg kg⁻¹ de ferro. Relação N/K 3,22, N/Ca 1,65, N/S 7,81, P/k 0,54, P/S 1,3.

O plantio ocorreu em 03 de maio de 2015. O material propagativo de yacon usado foram secções de rizóforos com aproximadamente 35 g, que foram plantados a uma profundidade de 6 cm.

A cada 30 dias foram realizadas as coletas. Em cada época foi coletada uma planta por tratamento. As plantas foram cortadas rente ao solo e a parte aérea separada em caule, folhas, e a parte subterrânea em rizóforos, raízes de absorção e raízes tuberosas. A área foliar das plantas foi obtida por medidor fotoelétrico (Licor Área Meter 3100). Cada parte da planta foi seca em estufa com circulação forçada de ar a 70 ± 5°C até massa constante, e posteriormente obtida a massa seca.

As variáveis estudadas foram: razão de área foliar, obtida pela divisão da área foliar total pela massa seca total; fração de massa foliar, obtida pela razão entre a massa seca foliar e massa seca total; fração de massa caulinar, obtida pela razão entre a massa seca caulinar e massa seca total; fração de massa seca de rizóforos, obtida pela razão entre a massa seca de rizóforos e massa seca total; e fração de massa de raízes tuberosas, obtida pela razão entre a massa seca de raízes tuberosas e massa seca total.

A temperatura do solo foi medida a 10 cm de profundidade. As leituras foram feitas com auxílio de termômetro digital (modelo Solo Term 1200), com a utilização de uma sonda metálica. A umidade do solo também foi medida a 10 cm, com o auxílio do Medidor Eletrônico de Umidade do Solo (HFM2030). As leituras foram realizadas às 15h.

As taxas de crescimento foram estimadas pelo método funcional de análise de crescimento (HUNT, 1982). Os logaritmos naturais das médias dos dados originais obtidos foram ajustados por regressão linear múltipla a diferentes modelos de crescimento, considerando o tempo como variável independente. O modelo exponencial polinomial de 2º

grau foi escolhido por apresentar maior coeficiente de determinação (R^2) e ser significativo a todos os parâmetros analisados (Tabela 1).

Por derivação dos modelos ajustados aos dados de massa seca total (MST) e área foliar (A), foram estimados valores instantâneos da taxa de crescimento relativo (TCR) = $(\ln MST2 - \ln MST1) / (T2 - T1) = g \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, taxa de crescimento absoluto, TCA = $(MST2 - MST1) / (T2 - T1) = g \text{ dia}^{-1}$, taxa de assimilação líquida (TAL) = $(MST2 - MST1) (\ln L2 - \ln L1) / (L2 - L1) (T2 - T1) = g \text{ dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, razão de área foliar (RAF) = $A/MST \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$.

Tabela 1. Coeficientes do modelo exponencial polinomial de 2º grau, $Y = \exp(a + bt + ct^2)$, ajustados aos dados de plantas de yacon cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento.

Característica	Níveis de sombreamento	Coeficientes			
		a	b	c	R ²
Massa seca total	0%	-0,7312	0,0601	-0,0002	0,944
	30%	0,2347	0,0484	-0,0001	0,809
	50%	-0,1318	0,0523	-0,0001	0,914
	70%	-1,0679	0,0589	-0,0002	0,983
Área foliar	0%	4,2953	0,0462	-0,0002	0,804
	30%	5,1797	0,0339	-1,00E-04	0,736
	50%	4,9388	0,0407	-0,0001	0,926
	70%	4,5311	0,0417	-0,0001	0,893

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do solo nos vasos aumentou ao longo do ciclo em todos os tratamentos, acompanhando o aumento da temperatura do ar local, no entanto, os menores valores sempre foram notados para o nível de 70% de sombreamento (Figura 1). Para a umidade do solo observam-se maiores valores em nível de 70% e menores para o nível de 0% (Figura 3). O sombreamento proporcionou um microclima com menores temperaturas, que contribuíram para a manutenção de umidade no solo, condição interessante no sentido de favorecer o crescimento das plantas, além de significar uma possibilidade de menores necessidades de complementação da demanda hídrica via irrigação.

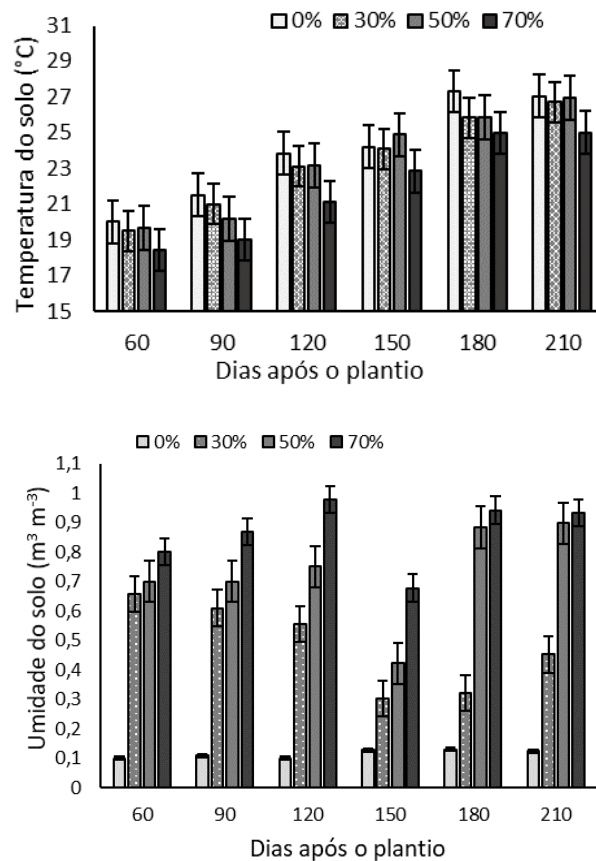


Figura 3. Temperatura e umidade do solo nos vasos, ao longo do ciclo da yacon, nos quatro níveis de sombreamento (UFES/Alegre- ES, 2015).

O tempo de emergência das plântulas foi em média de 30 dias após o plantio (DAP), para todos os tratamentos, não sendo observada interferência do sombreamento. Resultado possivelmente relacionado à uniformidade do material propagativo usado (secções dos rizóforos), que foi selecionado com os mesmos tamanhos e números de gemas (35 g e com 2 a 3 gemas), por tanto, com capacidade semelhante de reserva e fornecimento às plântulas.

Há um aumento evidente no acúmulo de massa seca total (MST) das plantas crescidas nas condições de 50% e 30% de sombreamento, ao longo da ontogenia da yacon (Figura 4 A), demonstrando que essas condições favorecem o crescimento da cultura.

Também há mudança na área foliar (AF) das plantas sombreadas, que apresentam um crescimento mais evidente ao longo de sua ontogenia. Destaca-se a condição de 50% de sombreamento, que apresentou plantas aos 210 DAP (momento final das avaliações), com os maiores valores de AF, sendo aproximadamente, 13, 25 e 90% superior que as AF apresentadas pelas plantas crescidas nas condições de 70, 30 e 0% de sombreamento, respectivamente (Figura 4B).

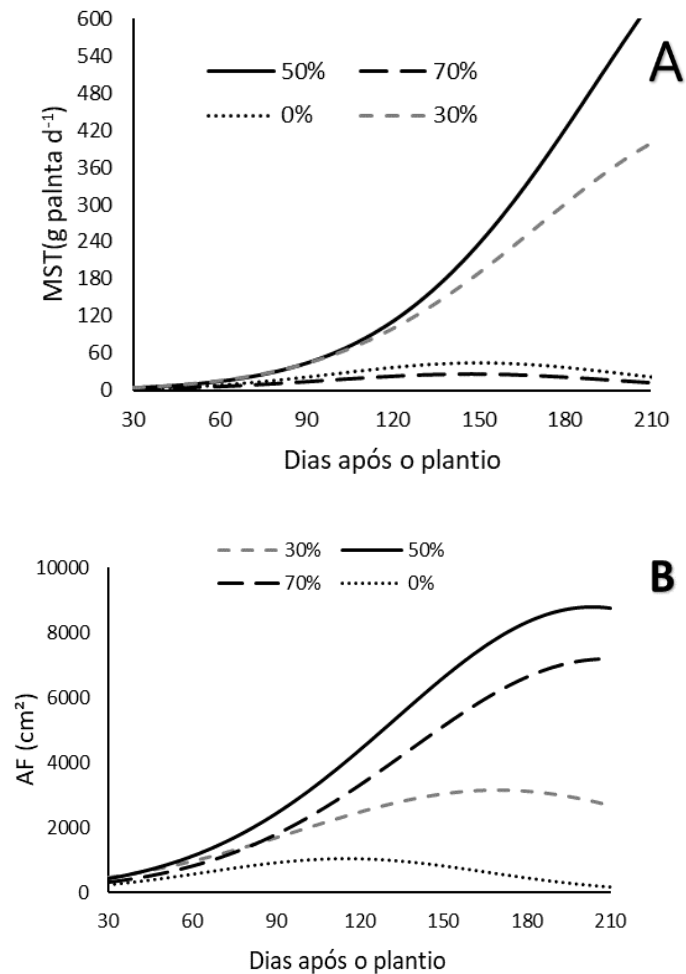


Figura 4. Massa seca total (MST) e área foliar (AF) ao longo da ontogenia da yacon nos quatro níveis de sombreamento (Alegre, ES 2015).

Cabe ressaltar que as plantas crescidas a pleno sol (0%), iniciam uma diminuição da AF, a partir dos 120 DAP, apresentando a quase total senescência das folhas aos 210 DAP, demonstrando a finalização do ciclo produtivo da yacon nessa condição. Isso representaria uma maior precocidade de ciclo e com menor acúmulo de biomassa nessas plantas.

O sombreamento com 50% demonstra ser a condição mais favorável às plantas de yacon, tendo em vista que a maior expansão da lâmina foliar, estaria refletindo em maior capacidade fotossintética na planta, percebida pelos maiores acúmulos de biomassa. O que não corre com as plantas com 70%. Já as plantas crescidas na condição de 30% de sombreamento, apesar de apresentar uma área foliar menor, apresentaram o segundo maior acúmulo de biomassa total nas plantas, mostrando que essa condição também pode ser favorável ao crescimento da yacon.

Esse comportamento é notado em algumas espécies de plantas que apresentam capacidade de desenvolver-se sob ambiente com certa restrição de luz (SILVA et al., 2016), como OLIVEIRA et al. (2011) demonstraram com o taro (*Colocasia esculenta*). Possivelmente por consequência da situação de conforto, pelo microclima favorável, possibilitando a planta obter melhores índices de fotossíntese líquida, o que poderá contribuir com o acúmulo de biomassa nos órgãos de reserva (CÉSAR et al., 2014). WANG et al. (2014) observaram que o aumento da AF favoreceu o crescimento vegetativo de plantas como a batata-doce, e a formação das raízes tuberosas, quando sombreadas em níveis de 40%.

Observando a partição de fotoassimilados das plantas, através das frações de massa acumulada em cada órgão, nota-se que a fração de massa foliar (FMF) foi decrescente em todas as condições (com exceção aos primeiros 60 DAP, na condição de 70%, em que houve uma crescente), sendo que os maiores investimentos na FMF foram observados nas condições de 70% e 50% de sombreamento, por isso as maiores AF notadas nessas condições, possivelmente estimuladas pela necessidade de compensação da menor disponibilidade de luz.

Nota-se que o investimento na fração de massa caulinar (FMC) foi crescente ao longo da ontogenia da planta para todos os tratamentos, ressaltando-se que nas condições de sombreamento, o investimento nessa foi maior a partir dos 120 DAP até o final do ciclo (Figura 5 B).

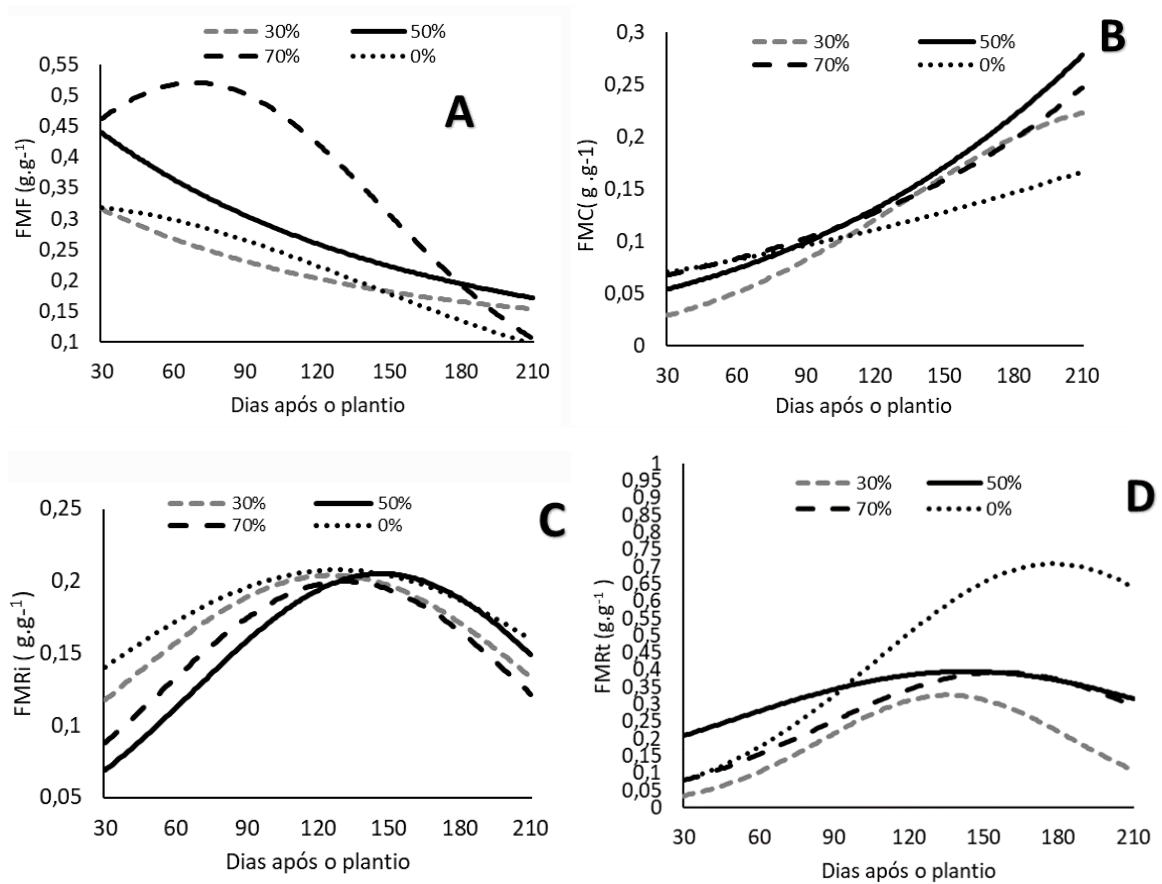


Figura 5. Fração de massa foliar (FMF), fração de massa caulinar (FMC), Fração de massa de rizóforos (FMRi) e fração de massa de raízes tuberosas (FMRt) ao longo da ontogenia da yacon nos três níveis de sombreamento a pleno sol (Alegre ES, 2015).

O acúmulo na fração de massa de rizóforos (FMRi) ocorreu de forma semelhante entre os tratamentos, sendo crescente até próximos dos 150 DAP, e diminuindo até os 210 DAP. É interessante notar que há diferença de investimento na FMRi na fase inicial, pois as plantas crescendo em ambientes sombreados apresentaram menor FMRi que as crescidas a pleno sol, sendo que nas condições de 50% e 70% de sombreamento, foram as plantas que menos investiram (Figura 5 C).

A alocação de massa na fração de raízes tuberosas (FMRt) ocorreu de maneira distinta. Nota-se que as plantas crescendo a pleno sol (0% de sombra) foram as que apresentaram as maiores FMRt, a partir dos 90 DAP, apresentando um pico por volta dos 180 DAP (Figura 3 D), quando inicia uma diminuição. Esse seria mais um indicativo que a planta estaria em estado de senescência (como demonstrado com a diminuição da área foliar), buscando acumular o máximo de reserva possível antes da morte total da parte aérea. Os órgãos de reserva, como as

raízes tuberosas, são drenos metabólicos fortes e com grande força de mobilização de assimilados, o que induz a uma aceleração na senescência foliar, conseqüentemente reduzindo a AF (CONCEIÇÃO et al., 2005).

As plantas crescidas sob sombra apresentam um menor investimento na FMRt ao longo da ontogenia da planta (Figura 5 D), sendo que, para as plantas crescidas sob 70% de sombreamento pode significar perdas na produção de raízes tuberosas, tendo em vista que essas plantas acumularam pouca biomassa total (Figura 4 A). Já as plantas crescidas com 50% de sombreamento, o investimento foi mais contínuo na FMRt (Figura 3 D), o que não prejudica a produção de raízes tuberosas, tendo em vista que essas plantas foram as que apresentaram os maiores acúmulos de biomassa total (Figura 2 A). As condições de 30% de sombra se assemelham às de 50%, no entanto, as plantas teriam menor produção de raízes tuberosas em função do menor investimento em FMRt (Figura 5 D) e do menor acúmulo total de biomassa (Figura 4 A).

Outro sim, é que as plantas crescidas sob 50% de sombreamento, apresentaram o pico de área foliar e acúmulo de biomassa total, aos 210 DAP (momento da última avaliação). Demonstrando que essas plantas estariam em pleno crescimento, corroborando que essa condição de sombreamento criaria um microclima favorável à yacon, prolongando o ciclo da planta, mas em contrapartida permitindo o aumento na produção de raízes tuberosas, considerando que o investimento na FMRt se manteria.

Segundo Silva et al. (2018a), a yacon é uma planta que responde com prolongamento de ciclo às melhores condições de cultivo. Comportamento também foi notado por Oliveira et al. (2011) com a cultura do taro, que inclusive atrasou o início da formação dos órgãos de reserva (rizomas) quando exposto à condição de 75% de sombreamento.

A Razão de área foliar (RAF) foi decrescente ao longo da ontogenia da planta, com exceção das plantas sob o nível de 70% de sombreamento, que a partir dos 90 DAP apresentaram RAF crescente até o final do ciclo (Figura 6 A). Esse aumento da RAF nas plantas crescidas a 70% de sombreamento, significa que essas aumentaram a área foliar por unidade de massa seca foliar, possivelmente por conseqüências da menor fotossíntese líquida, e por isso apresentaram menor acúmulo de biomassa total (Figura 3 A), o que evidencia que essa condição de restrição de luz é prejudicial ao crescimento da yacon.

As folhas são o centro de produção de biomassa, através da fotossíntese, e o restante da planta depende da exportação dessa biomassa. Se a planta aumenta a fração de massa seca não exportada (aumenta a RAF), significa que está diminuindo a parte exportada para os demais órgãos, podendo limitar o crescimento da planta, principalmente dos órgãos de reserva, como

o caso das raízes tuberosas (LIMA et al.,2007), que no caso da yacon, refletirá em queda na produção comercial.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi maior nas plantas sob os níveis de 50 e 30% de sombreamento, alcançando $6,5 \text{ g.d}^{-1}$ e $3,5 \text{ g.d}^{-1}$, respectivamente, no momento de maior pico, que ocorreu por volta dos 180 DAP (Figura 4 B), o que refletiu nos maiores acúmulos de massa seca total observados nessas plantas (Figura 3 A).

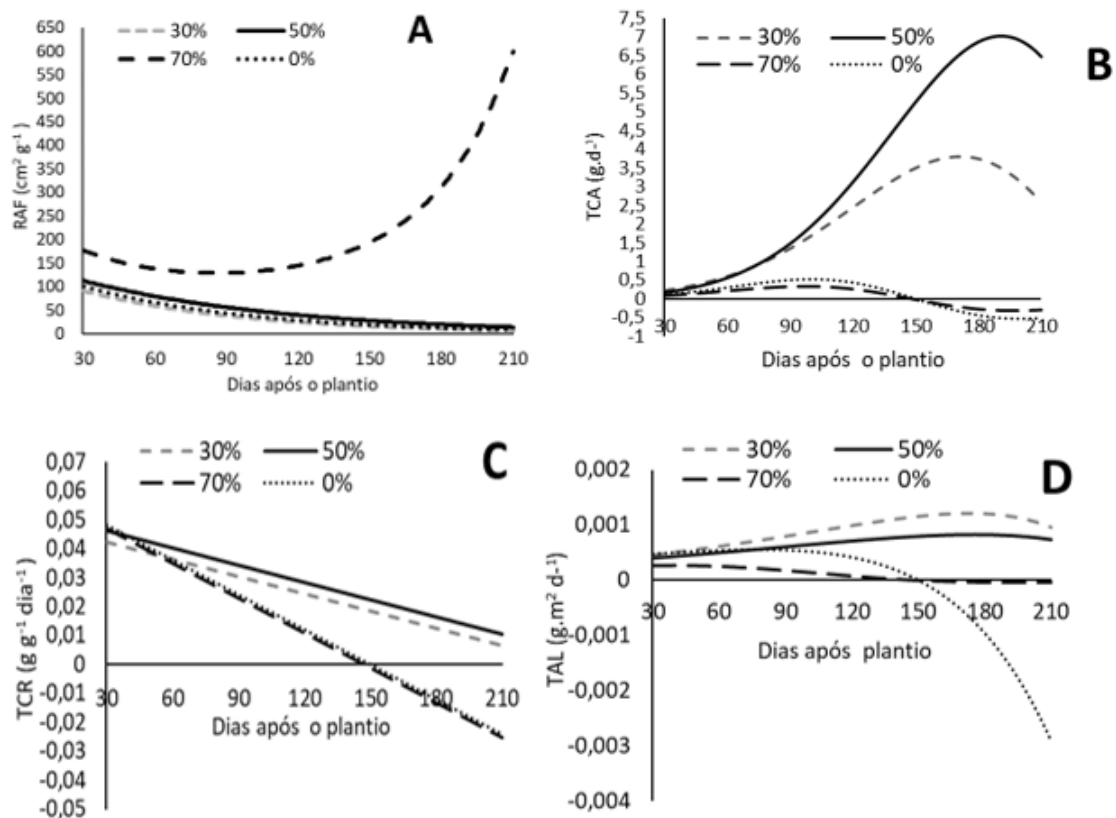


Figura 6. Razão área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de assimilação líquida (TAL), taxa crescimento relativo (TCR), ao longo da ontogenia de yacon nos quatro níveis de sombreamento (Alegre- ES, 2015).

Essa maior velocidade do crescimento, com TCA 3,0 vezes superior, em média, que as plantas crescidas sob 70% de sombreamento e pleno sol, é devido à maior área foliar (maior interceptação da radiação solar) que as plantas crescidas sob 50 e 30% de sombreamento apresentaram. A partir dos 150 DAP a TCA apresenta valores negativos nas plantas sob 70% de sombreamento e pleno sol, que ocorre por consequência da diminuição da biomassa seca total dessas plantas, mostrando que essas plantas param de crescer a partir desse ponto.

As taxas de crescimento relativo (TCR) são mais altas no início do ciclo, apresentando valores máximos aos 30 DAP ($0,05 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), e descresem ao longo da ontogenia das plantas,

comportamento normal e semelhante em todos os tratamentos (Figura 6 C). A diferença principal está no fato das plantas crescidas sobre condições de 50 e 30% de sombreamento apresentarem TCR positiva durante todo o ciclo, demonstrando que essas plantas mantiveram seu ganho de massa. Ao passo que as plantas crescidas sob a condição de 70% de sombreamento e a pleno sol (0%) só mantiveram a TCR positiva até os 150 DAP (Figura 6 C), representando que a partir dessa data não houve incremento relativo de massa, ou seja, não há mais assimilação líquida de carbono, e a planta não incrementa o seu acúmulo de carbono, conforme já discutido por Wright et al. (2004).

As plantas crescidas sob 70% de sombreamento apresentam taxa de assimilação líquida (TAL) decrescente durante todo o ciclo, até assumir valores negativos a partir dos 120 DAP (Figura 5 D), indicando que a atividade fotossintética passou a ser menor que a respiratória. Isso mostra que a maior área foliar observada nessas plantas (Figura 3 B), na verdade trata-se de uma resposta à condição de restrição de luz que levou as plantas a produzirem folhas mais finas e com limbos maiores, na busca de melhorar a interceptação de luz, mas que não refletiu em ganhos fotossintéticos, resposta comum à situação em que a restrição de luz está sendo prejudicial (MILLA et al., 2008). Comportamento semelhante foi observado por Oliveira et al. (2011) com a cultura do taro.

As plantas crescidas a pleno sol (0%) conseguem manter a TAL quase constante até os 90 DAP, quando começa o decréscimo que vai até os 150 DAP, quando a TAL assume valores negativos, demonstrando que a partir desse momento a atividade fotossintética passou a ser menor que a respiratória. No entanto, nessas plantas a queda está relacionada com a perda de área foliar (Figura 3 B) e por consequência vai promover menores acúmulos de massa nessas plantas.

Entretanto, as plantas crescidas nas condições de 50 e 30% de sombreamento apresentam TAL, levemente crescente durante todo o ciclo das plantas (Figura 6 D), indicando que há assimilação de carbono durante toda a ontogenia (a atividade fotossintética é maior que a respiratória), o que corrobora com a afirmação que essas duas condições criam um microclima favorável ao crescimento da yacon. E, como consequência disso nota-se os maiores acúmulos de biomassa total nas plantas (Figura 3 A).

Esses resultados mostram que níveis moderados de sombreamento, como de 30 a 50%, possivelmente favorecem a atividade da RuBPCase e da ATPase na yacon, mantendo a atividade de fotossíntese das folhas, por isso as maiores TAL notadas (WANG et al., 2014). Essa resposta da yacon em níveis moderados de sombreamento pode estar relacionada ao seu ambiente de origem (Andes), que por ter altitudes elevadas, há presença de nebulosidade boa

parte do ano (SEMINÁRIO et al.,2003), o que poderia levar a planta a apresentar certa capacidade de crescer sob menor quantidade de radiação incidente.

As plantas de yacon crescendo sob níveis moderados de sombreamento (30 a 50%) mostraram maior capacidade de acúmulo total de biomassa, direcionando parte dessa biomassa para as raízes tuberosas, ao longo do ciclo (Figura 5 D), o que reflete diretamente em ganhos na produtividade agrônômica dessa cultura, já que essa é a principal parte comercializável. Outrossim, é que esse comportamento indica que a cultura da yacon tem potencial para ser associada a outros cultivos, que promovam um moderado sombreamento.

1.4 CONCLUSÃO

As plantas de yacon crescendo sob níveis moderados de sombreamento (30 a 50%) mostraram melhores taxas de crescimento, maiores acúmulos de biomassa total, com investimento na fração de raízes tuberosas, o que reflete diretamente em ganhos na produtividade agrônômica.

Os resultados indicam que a cultura da yacon tem potencial para ser associada a outros cultivos, que promovam um moderado sombreamento.

1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANT, R. D. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSAL, L. F.; ALVES, C.; OLIVEIRA, C.; ALBUQUERQUE, C. J. B. Adaptações fisiológicas e anatômicas de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) cultivadas sob malhas termo refletoras em diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v.13, n.4, p.467-474, 2011.

CÉSAR, F.R.C.F.; MATSUMOTO, S.N.; VIANA, A.E.S; BONFIM, J. A. Qualidade inicial de mudas de *Pterogyne nitens* Tull. "Liderar os diferentes níveis de luminosidade artificial". **Ciências Florestal**, v. 24, p. 357–366. 2014.

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 Agrocência**, 11: 273-278, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 376 p. 2014.

GUSSO, A.P.; MATTANNA, P.; RICHARDS, N. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**, v. 45, n.5, p.912-919. 2015.

HUNT, R. Plant growth curves - the functional approach to plant growth analysis. Sheffield:Edward Arnold, Publ., 248p. 1982

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). 1996.

LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; DA SILVA LEDO, C. A. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1358-1363. 2007.

MILLA R; REICH PB; NIINEMETS Ü; CASTRO-DÍEZ P. Environmental and developmental controls on specific leaf area are little modified by leaf allometry. *Functional Ecology* 22: p.565-576. 2008.

OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; QUARESMA, M. A. L. **Yacon: potencial como hortaliça**. In: Tópicos especiais em produção vegetal IV.1 ed. Alegre/ES: CAUFES, 2013, v.1, p. 502-529.

OLIVEIRA, F.L.; ARAUJO, A.P.; GUERRA, J.G.M. Crescimento e acumulação de nutrientes em plantas de taro sob níveis de sombreamento artificial. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 291-298. 2011.

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.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). 2003. 60p.

SILVA, D.M.N.; OLIVEIRA, F.L.; CAVATTE, P.C. QUARESMA, M.A.L. Growth and development of yacon in different periods of planting and growing conditions. **Acta Scientiarum. Agronomy (Impresso)**. V.40, p. 1-9, 2018.

SILVA, F.M.; ZEFA, D.M.D.; PEREIRA, V.; MUSSURY, R.M.; QUINTÃO, S.P.Q. Efeito da sombra na emergência, crescimento inicial e qualidade de plântulas em *Physocalymma scaberrimum*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 39, n.1, p.185–19, 2016.

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**, v.148, p. 83–88, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 6º edição, 2017.

TOMAZINI, R.; CAMARGO, J. T.; CASTIGLIONI, S. A. C.; OLIVEIRA, A. J.; OLIVEIRA, E. M. B.; VIRGOLINO, V. P. B.; GAVAZZONI, E. C.; LANGER, L. F.; VILLANOVA, A. C. C.; CASTIGLIONI, G. L. 2009. Sombreamento na produção de folhas e raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl.) H. Robinsón. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br>. Acessado em 18 de abril de 2018.

WANG, Q.; HOU, F.; DONG, S.; XIE, B.; LI, A.; ZHANG, H.; ZHANG, L. Effects of shading on the photosynthetic capacity, endogenous hormones and root yield in purple-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Plant Growth Regulation**, v. 72, n.2, p. 113-122, 2014.

WRIGHT, I. J., GROOM, P. K., LAMONT, B. B., POOT, P., PRIOR, L. D., REICH, P. B., WESTOBY, M. Leaf trait relationships in Australian plant species. *Functional plant biology*, n .31 v.5, p. 551-558, 2004.

CAPÍTULO 2. Cultivo consorciado e densidade de plantio de yacon

RESUMO- A yacon é considerada uma espécie com disposição a adaptação a diferentes altitudes e temperaturas, podendo ser cultivada a pleno sol, sombreada e ou em consórcio. Porém, tem sido notada variações no rendimento produtivo das raízes tuberosas, essas que podem estar relacionadas ao material genético, a característica climática da região, e com as técnicas de manejo empregadas no cultivo. Sendo assim objetivou-se com o presente trabalho conhecer o desenvolvimento e produção da yacon, cultivada com diferentes espaçamentos, em cultivo consorciado com milho, sob pomar de bananeira. O experimento foi conduzido em um pomar de bananeira, sendo três espaçamentos entre plantas de yacon (0,3; 0,4 e 0,5 m), esses na presença e ausência do milho, em um delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas no espaço. Avaliou-se a altura da planta, área foliar e número de folhas, clorofila, a, b e total aos 90 DAP (época da colheita do milho) e as 210 DAP ao final do ciclo produtivo da yacon. As avaliações fisiológicas foram realizadas aos 90 DAP e as 150 DAP. Ao final do ciclo (210 DAP) avaliou-se o acúmulo de biomassa seca da parte aérea, rizoforos, raízes tuberosas e massa total, e a produção individual das raízes tuberosas e a produtividade final. Foram avaliadas também a produtividade do milho, e da banana, posteriormente calculou-se o IEA e a renda bruta de ambas as culturas. As condições de extrema restrição de luz (73% de restrição de luz), promovida pelo consórcio com o milho (sob o pomar da bananeira) prejudicou o desenvolvimento e a produção de yacon, independente do espaçamento, principalmente aos 90 DAP, refletindo no acúmulo de biomassa ao final do ciclo (210), menor produtividade para as yacon crescidas no consórcio com o milho. No entanto, ao se analisar consórcio milho-yacon, nota-se que esse é viável e representa uma possibilidade de aumento na renda do agricultor. Já no consórcio yacon x bananeira, a yacon se adapta bem ao cultivo consorciado, apresentando produtividades capazes de agregar renda ao agricultor. Sobretudo no espaçamento de 0,4 m entre plantas, mostrando que a inserção da yacon sob o pomar de bananeira, pode ser uma estratégia viável, significando uma renda extra ao agricultor familiar.

Palavras-chave: associação, luz, produção.

ABSTRACT- The yacon is considered a species with a disposition to adapt to different altitudes and temperatures, being able to be cultivated in full sun, shaded and or in consortium. However, variations in productive yield of tuberous roots have been noted, which may be related to the genetic material, the climatic characteristic of the region, and the management techniques used in the cultivation. Thus, the objective of this work was to know the development and production of yacon, cultivated with different spacings, in cultivation intercropped with maize, under banana orchard. The experiment was conducted in a banana orchard, with three spacings between yacon plants (0.3, 0.4 and 0.5 m), in the presence and absence of corn, in a randomized block design in the plots scheme subdivided into space. The height of the plant, leaf area and number of leaves, chlorophyll, a, b and total were evaluated at 90 DAP (corn harvest season) and 210 DAP at the end of the yacon productive cycle. Physiological evaluations were performed at 90 DAP and 150 DAP. At the end of the cycle (210 DAP) the accumulation of dry area biomass, rhizophores, tuberous roots and total mass, and the individual production of the tuberous roots and final yield were evaluated. The maize and banana yields were also evaluated, then the IEA and the gross income of both crops were calculated. The conditions of extreme restriction of light (73% of light restriction), promoted by the consortium with the corn (under the banana orchard) hindered the development and production of yacon, regardless of the spacing, mainly at 90 DAP, reflecting in the accumulation of biomass at the end of the cycle (210), lower productivity for yacon grown in the intercropping with maize. However, when analyzing corn-yacon consortium, it is noted that this is feasible and represents a possibility of increase in the income of the farmer. In the yacon and banana consortium, yacon adapts well to intercropping, presenting productivity that can add income to the farmer. Especially in the 0.4 m spacing between plants, showing that the insertion of yacon under the banana orchard can be a viable strategy, meaning an extra income to the family farmer.

KEYWORDS: association, light, production.

2.1 INTRODUÇÃO

O cultivo da yacon no Brasil iniciou-se na década de 90, no estado de São Paulo, especialmente no município de Capão Bonito. Entretanto, com o consumo mais expressivo, a partir dos anos 2000 (SANTANA e CARDOSO, 2008) seu cultivo expandiu para outros estados, dentre eles o Rio de Janeiro e o Espírito Santo.

Apesar de ser considerada uma espécie com facilidade de adaptação aos diferentes ambientes (VILHENA et al., 2000), nota-se uma grande variação no seu rendimento produtivo de raízes tuberosas. Visto que estudos realizados em diversos países como Coréia, Equador, Japão, Peru, República Checa, Estados Unidos e Brasil, apontam rendimentos entre 25,6 e 119 t ha⁻¹ de raízes tuberosas (OGISO et al., 1990; NIETO, 1991; DOO et al., 2001; SEMINÁRIO et al., 2003; FERNANDEZ et al., 2006; SUMIYANTO et al., 2012; (OLIVEIRA e NISHIMOTO, 2004; KAKIHARA et al., 1996). No Espírito Santo, Silva (2015), observou variação da produção em função das condições edafoclimáticas de cultivo, sendo de 97,50 t ha⁻¹ (na região serrana) e de 60,65 t ha⁻¹ (em baixa altitude na microrregião do Caparaó)

Essa variação do rendimento mostra que o sucesso produtivo da yacon passa pela necessidade de conhecimento sobre os aspectos agrônômico, de modo a potencializar o seu manejo agrícola. Nesse contexto, é interessante conhecer a capacidade da yacon de se adaptar a cultivos consorciados com outras culturas, o que seria uma opção para o seu cultivo como hortaliça agregadora de produção, além de gerar renda ao agricultor.

Nos Andes, seu local de origem, a yacon é cultivada geralmente em pequenas parcelas de monocultivo, e em bordas de plantações de milho e de outras hortaliças, ou associada ao milho, feijão, batata, repolho, batata-baroa, café e frutas (SEMINÁRIO et al., 2003). E haja visto seu potencial para ser explorada como alternativa de geração de renda para a agricultura familiar (VILLAMIZAR et al., 2014).

De acordo com o SEMINÁRIO et al., (2003) TOMAZINI et al., (2009) a yacon apresenta uma certa tolerância a variações na quantidade de luz, crescendo bem a pleno sol e sob sombra de árvores e arbustos, atribuindo a essas plantas características importantes para compor sistemas de produção consorciados, inclusive agroflorestais. Sendo assim constata a possibilidade da yacon ser cultivada junto a outras espécies de maior porte, como as frutíferas, constituindo os sistemas consorciados, os quais podem colaborar para a formação de um microclima, e a agregar produção à área.

Uma das frutíferas bastante usada nesse sistema de produção é a banana, avaliada como um componente ideal para a formação dos consórcios de maneira geral, pois sua presença

proporciona vários benefícios aos sistemas. Como minimizar a radiação solar global incidente, adequar as taxas fotossintéticas diante de um excesso de luminosidade, minimizar temperaturas elevadas, e aumentar a capacidade produtiva das espécies sombreadas (PEZZOPANE et al., 2005; PEZZOPANE et al., 2007; OLIVEIRA, 2011 ARAÚJO et al., 2015; SOUZA et al., 2016).

A bananeira é cultivada em todos os climas de abrangência nacional (área em torno de 477,3 mil hectares), envolvendo desde da faixa litorânea até os planaltos interioranos, sendo cerca de 80% da produção destinada ao mercado interno (QUARESMA et al., 2014, SEAPA, 2017). E no Estado do Espírito Santo, a bananicultura é uma das atividades de grande importância social, em sua maioria de base familiar. Apresenta uma área total cultivada que corresponde a 26.320 hectares, com predominância de bananeiras do subgrupo prata com produção média em torno de 277 mil toneladas (INCAPER, 2017).

Outra possibilidade de consórcio seria o cultivo da yacon nos pomares de bananeira em formação, esse que apresentam dossel aberto que propícia inserção de outras espécies. Tendo em vista que a cultura da yacon tem o crescimento inicial lento (QUARESMA, 2018), que proporciona também a possibilidade da construção de um consórcio triplo, a partir da entre linhas das espécies, o que contribuiria ainda mais com a otimização do uso da área e no aumento na renda do agricultor.

Nessas condições indica-se a inserção de cultivos com crescimento rápido e ciclo curto, como a cultura do milho, que pode ser colhido em estágio verde, já que essa forma agrega valor à cultura, e aumentar à renda do agricultor. Tendo em vista que existe uma maior demanda do cultivo do milho verde, pela sua relevância na culinária brasileira, por apresentar maior valor de comercialização em relação aos grãos secos, e pela maior lucratividade (PEREIRA FILHO et al., 2015).

Dessa forma, conhecer a adaptação da yacon ao consórcio abre possibilidades para seu cultivo como milho, e sob os pomares de bananeira. Assim, objetivou-se com o presente trabalho conhecer o desenvolvimento e produção da yacon, cultivada em diferentes espaçamentos entre plantas, em cultivo consorciado com milho, sob pomar de bananeira.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da UFES (Universidade Federal do Espírito Santo), localizada no Município de Alegre, na região Sul do Espírito Santo (20° 45' de latitude Sul e 41° 29' de longitude Oeste e altitude de 113 m), no período de outubro de 2016 a dezembro de 2017.

As temperaturas máximas e mínimas mensais variaram entre 35° e 15° C, e as precipitações somadas no período de outubro de 2016 a dezembro de 2017 alcançaram 1538,2 mm (Figura 1).

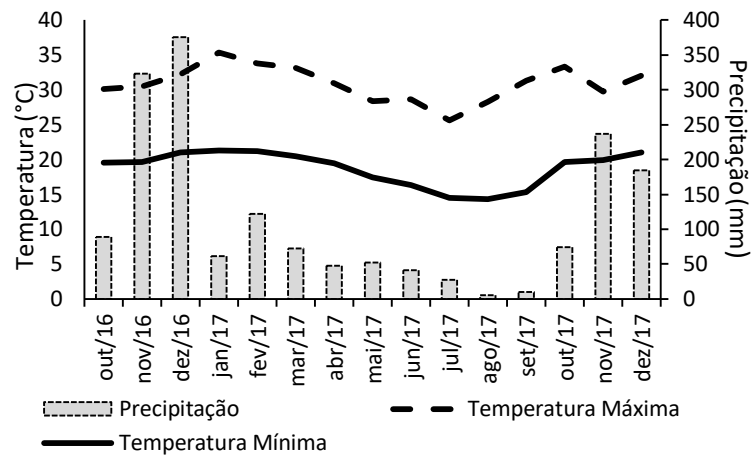


Figura 1. Temperatura média das máximas e mínimas (°C), médias mensais de precipitação (mm) observadas no período de outubro de 2016 a dezembro de 2017, em Alegre/ES. Fonte: INCAPER*, Estação meteorológica automática do INMET, localizada em Alegre/ES (20,751° de latitude Sul, 41,489° de longitude Oeste e 138 m de altitude).

A temperatura e a umidade do ar e do solo foram avaliadas aos 150, 180 e 210 dias após o plantio, a fim da caracterização do ambiente. A temperatura do solo foi medida, a 10 cm de profundidade. As leituras foram feitas com auxílio de termômetro digital, modelo Solo Term 1200, que utiliza sonda metálica. A umidade do solo também foi determinada a 10 cm, como o auxílio do HFM2030 - Medidor Eletrônico de Umidade do Solo. As leituras foram realizadas às 15:00 horas, antes da irrigação.

A temperatura do ar e do solo dentro do sistema de cultivo apresentou-se menor em torno de 2° C, em relação a temperatura fora do sistema. E a umidade do ar e do solo foram maiores dentro do sistema em relação a área externa (Figura 2).

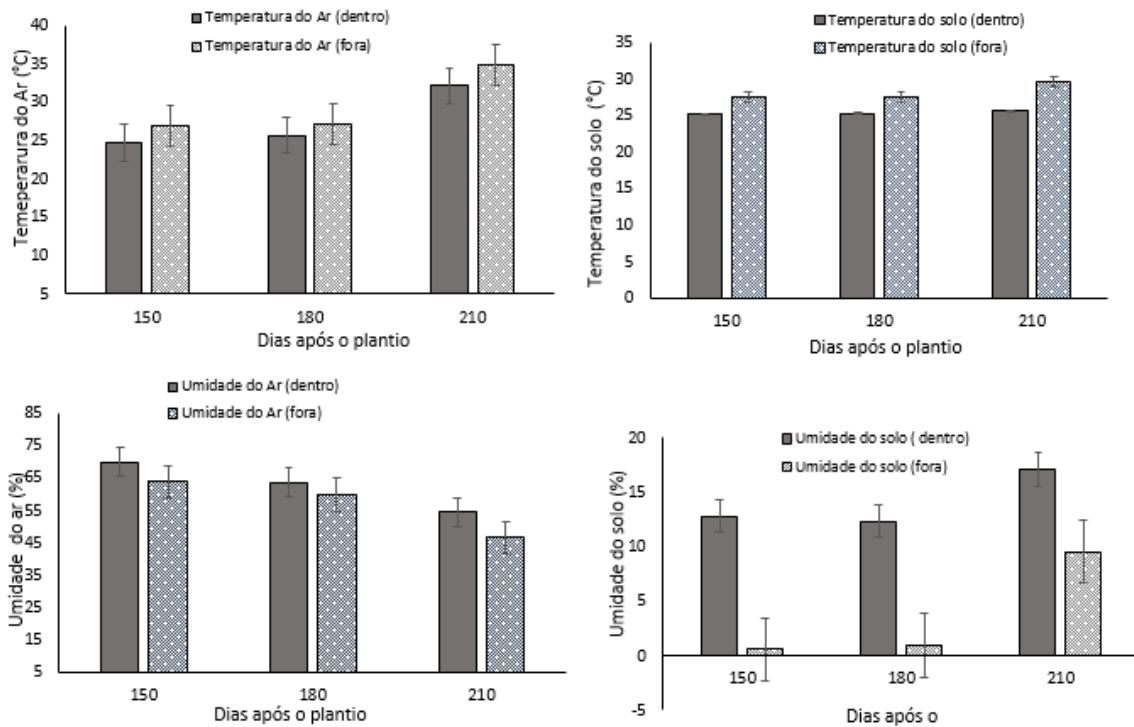


Figura 2. Temperatura e umidade do ar e solo no ambiente, dentro e fora do sistema em consórcio, ao 150, 180 e 210 dias após o plantio (setembro, outubro e novembro). Alegre, ES 2017.

Também foram realizadas as medições da radiação solar do ambiente e do sistema a em consórcio, por meio do radiômetro LI-191R Line Quantum Sensor (LICOR), sempre na altura do dossel das plantas de yacon, em dois períodos, yacon consorciado com o milho sob o pomar de bananeira e yacon consorciada apenas com bananeira (Figura 3).

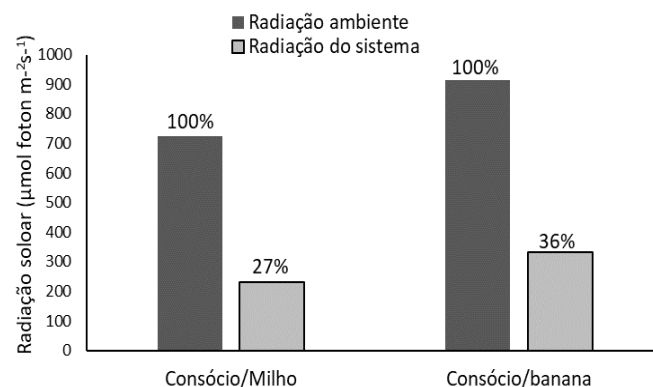


Figura 3. Radiação solar do ambiente e do sistema consorciado; yacon consorciada com milho sob pomar de bananeira e yacon sob o pomar de banana, 100% radiação do ambiente e 27% e 36% a radiação sob o sistema milho aos 90(DAP) e banana aos 150 (DAP). Alegre, ES 2017.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média (EMBRAPA, 2014). Foram retiradas amostras de solo (0–20cm) submetida para análise (Laboratório de Solos, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/UFES), apresentando as seguintes características química e granulométricas (: pH (água) 5,73; Fósforo Mehlich 1 34,79 (mg dm⁻³); Potássio 42,0 (mg dm⁻³); Cálcio 2,51 (cmolc dm⁻³); Magnésio 1,38 (cmolc dm⁻³);) 0,00 Alumínio (cmolc dm⁻³); Soma de bases 2,36 (cmolc dm⁻³); CTC efetiva 2,36 (cmolc dm⁻³); Saturação por bases (%) 57,34; Carbono orgânico total 1(%); Nitrogênio total 0,1(%); Areia 60 (%); Silte 5 (%); Argila 35(%).

O experimento foi realizado em um pomar de bananeira, do cultivar BRS Vitória subgrupo Prata, implantado no espaçamento 3 x 2 m, com idade de 6 meses (em abril/2017). A característica de crescimento lento na fase inicial da yacon podendo apresentar apenas 70% de plantas germinadas com 30 dias após plantio (SILVA, 2015; QUARESMA, 2018), e a situação de um pomar em formação (que era o caso), possibilitou a inserção de uma outra cultura, o milho que poderá significar uma renda extra ao agricultor. Por isso se testou o consórcio com o milho, inserindo uma cultura terciária na constituição do sistema yacon consorciado com bananeiras.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com seis repetições, no esquema de parcelas subdividas no espaço, sendo nas parcelas três espaçamentos entre plantas de yacon (0,3; 0,4 e 0,5 m), e nas subparcelas a presença e ausência do milho.

Os tratamentos foram instalados nas entrelinhas das bananeiras, alternadamente. Em todas as parcelas foram plantadas duas fileiras de yacon com o espaçamento de 1,0 m entre linhas. Nas subparcelas, em que houve a presença do milho, foram semeadas três linhas de milho (0,2 m entre plantas), alternando com as de yacon, respeitando a distância de 0,5 m entre elas, de modo que as duas fileiras de yacon ficaram contornadas com o milho.

O solo foi preparado por meio de aração a 30 cm, seguida de gradagem. O plantio da yacon foi realizado em sulcos utilizando-se rizóforos de aproximadamente 35g, dispostos na profundidade de 10 cm, obedecendo ao espaçamento conforme os tratamentos. A adubação da yacon foi realizada em adaptação das recomendações de Montiel (1996), Amaya (2000) e Quijano et al. (2001). Baseada no fornecimento de nitrogênio (N), com dosagem equivalente a 104,37 kg ha⁻¹. Utilizou-se esterco bovino curtido, que apresentou: 15,054 g kg⁻¹ de Nitrogênio, 5,996 g kg⁻¹ de Fósforo, 8,746 g kg⁻¹ de Magnésio, 9,098 g kg⁻¹ de Cálcio, 30,069 g kg⁻¹ de Potássio. Fornecendo por planta 160 g no plantio e 70 g em adubação de cobertura, após 90 dias.

O plantio do milho foi realizado no mesmo dia da yacon (mês de abril), com sementes do milho convencional (Variedade Alvareli), com duas adubações, uma no plantio e a outra aos 20 dias após a germinação, 50g m⁻² do formulado 04-14-08 em uma única dose.

Foram realizadas adubações no pomar das bananeiras de acordo com a análise de solo baseada no manual de recomendação para bananas (EMBRAPA, 2012). Na adubação de plantio, aplicou-se 100 kg h⁻¹ de P₂O₅ (fonte Super simples) e 7 litros de esterco bovino, que continha os seguintes nutrientes: 13,019 g kg⁻¹ de Nitrogênio; 2,756 g kg⁻¹ de Fósforo; 9,129 g kg⁻¹ de K; 6,193 g kg⁻¹ de Cálcio, 4,563 g kg⁻¹ de Magnésio. Posteriormente foram realizadas as adubações de cobertura, 200 kg de nitrogênio ha ano⁻¹ e 400 kg de potássio ha ano⁻¹, dividida em duas, no quarto mês e no sexto mês após o plantio. Também realizou as adubações de produção, no nono mês após o plantio aplicando-se 320 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

Ao longo do ciclo de cultivo do consócio foi realizado três capinas manuais para controle de plantas espontâneas. Foram realizadas irrigações por aspersão de maneira suplementar à precipitação mensal, de modo a se aproximar dos 600 mm exigidos pela cultura da yacon (GRAU E REA,1997). Não houve necessidade do controle de pragas e doenças para nenhuma das culturas.

Aos 90 dias após o plantio (DAP) foi realizada a colheita do milho, ao ponto de milho verde, em seguida a biomassa das plantas do milho foram cortadas e deixas sobre o solo, como cobertura morta. Foram avaliadas as características: diâmetro das espigas, comprimento das espigas, peso das espigas (esses três, com e sem palha) e produtividade total em toneladas por hectare.

As avaliações da yacon ocorreram durante o ciclo vegetativo e produtivo. Foram realizadas avaliações, a média de quatro plantas por tratamento, aos 90 e 210 (DAP) dias após o plantio, dos parâmetros fitotécnicos de desenvolvimento vegetativo: altura da planta (utilizando fita métrica), número de folhas e área foliar. A área foliar foi obtida com auxílio de régua, medindo o comprimento ao longo da nervura principal, da base até o ápice da folha, desconsiderando o pecíolo; e a largura medida perpendicularmente à nervura principal, obtida de uma extremidade à outra da folha, posteriormente a área foliar foi calculada pela Equação ($\hat{A}fCL = -27,7418 + (3,9812CL/\ln CL)$) - em que C é o comprimento e L a largura da folha), desenvolvida por Erlacher et al. (2016).

Aos 210 dias foi realizada a colheita da yacon, avaliando-se, média de quatro plantas por tratamento, a massa seca da parte área, rizóforos, raízes tuberosas e total da planta; e a

massa fresca das raízes tuberosas. A massa seca de cada parte foi obtida a partir de amostras secas em estufa com circulação de ar forçada à temperatura de 65°C, até atingir peso constante.

As avaliações fisiológicas foram realizadas durante o ciclo da yacon, sendo a clorofila a, b e total medida aos 90 e 210 DAP, utilizando o medidor portátil de teor de clorofila “ClorofiLOG” Falker modelo FL1030, com medições realizadas as 8:00 horas, no ultimo par de folhas completamente expandidas, de modo a selecionar folhas totalmente expandidas.

A fotossíntese foi realizada em duas fases, na presença do milho aos 90 dias, e aos 150 dias na presença apenas das bananeiras. Para nível de comparação avaliou-se fisiologicamente uma planta a pleno sol, em sistema de monocultivo a pleno sol em uma mesma condição climática.

As avaliações das trocas gasosas para determinação das variáveis fotossintéticas: taxa de assimilação líquida de CO₂ (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração subestomática C_i ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração (E, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), foram realizadas por meio do leitor de gases por infravermelho (IRGA Licor 6800XT). Para isso, as medições foram realizadas três vezes ao dia, as 9:00h, as 13:00h e as 15:00 h, em dias de céu aberto, tomando-se por padrão folhas da yacon o último par de folhas da base ao ápice, de modo a selecionar folhas totalmente expandidas, e sem a ocorrência visual de qualquer tipo de anomalia. Foram avaliadas duas folhas por planta. 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 CO₂ em concentração na câmara de 420 ppm

A partir da emissão dos cachos das bananeiras ao final do primeiro ciclo produtivo, foram avaliados: a produtividade, peso do cacho, peso das pencas, número de frutos por cacho, número de pencas por cacho, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos e peso dos frutos.

Os dados referentes as variáveis vegetativas, fisiológicas e produtivas das plantas de yacon, nos três espaçamentos, na presença e ausência de milho, foram submetidos a análises de variância (ANOVA) em esquema de parcela subdividida no espaço. As médias das demais variáveis fisiológicas e produtivas foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

Posteriormente calculou-se o índice de equivalência de área (IEA), obtido a partir da relação entre a produtividade na área cultivada em consórcio e em monocultivo (FAGERIA, 1989; VANDERMEER, 1990), usando a fórmula:

$$\text{IEA} = \frac{\text{Produtividade da Cultura A em consórcio}}{\text{Produtividade Cultura A em monocultivo}} + \frac{\text{Produtividade Cultura B em consórcio}}{\text{Produtividade Cultura B em monocultivo}}$$

A parti da produção de raízes tuberosas fresca, por planta, estimou a produtividade (kg ha^{-1}) de raízes fresca, por área. Considerando a densidade de plantio da yacon calculada a partir de (5m + 1m x 0,3;0,4;0,5), no espaçamento 0,3 m de 11.111 plantas por hectare, 0,4 m de 8.333 plantas por hectare e 0,5 m 6.666 plantas por hectare. E para a produtividade em monocultivo da yacon, considerou-se a produção encontrada por Carvalho (2018), nas mesmas condições climáticas.

A produtividade do milho verde em consórcio foi calculada a parti da massa fresca das espigas com palha, e a produtividade em monocultivo foi estimada a parti da produção segundo a EMBRAPA (2016). A produtividade da bananeira foi calculada a parti do peso do cacho, considerado no mesmo espaço, o sistema em consórcio e em monocultivos para as entre linhas que não foram cultivadas.

Foi calculado também a Contribuição Relativa das Culturas ao IEA (CRC), deriva da razão entre a Produtividade Relativa Individual (I_A e I_B) e o IEA total do sistema, indicando o percentual de participação de cada cultura na obtenção do índice total. $CRC_A = (I_A \times 100) / IEA$ e $CRC_B = (I_B \times 100) / IEA$. Além desses indicadores agrônômicos, calculou-se a Renda Bruta ($RB = \text{Quantidade produzida} \times \text{Preço de Venda}$), estimada de acordo com rendimentos verificados por Carvalho, (2018), e os preços no boletim diário do CEASA 2018, Vitória-ES.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância não houve interação aos 90 DAP (período da colheita do milho) para as variáveis altura da planta, e área foliar da yacon, entre os espaçamentos adotados e o consórcio com o milho. No entanto, verifica-se efeito significativo da presença do milho, independente dos espaçamentos estudados, com maiores valores de altura e da área foliar para as plantas de yacon crescidas na ausência do milho até os 90 DAP (Tabela 1). Visto que a menor área foliar das yacon em consórcio com o milho, pode ter reduzido a capacidade fotossintética, provocando o menor desenvolvimento inicial apontado.

Tabela 1. Altura da planta, área foliar em plantas de yacon cultivadas em três espaçamentos consorciada com milho, sob pomar de bananeiras, aos 90 dias após o plantio. Alegre, ES 2017.

Altura da planta (cm) 90 (DAP)		Área foliar (cm ²) 90 (DAP)	
Ausência	Presença	Ausência	Presença
35,50a ¹	30,50b	252,05a	163,61b
CV% 5,89		11,43	

¹ Médias dos efeitos da presença e ausência do milho independente do espaçamento, seguidas das mesmas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ausência de milho (Ausência), Presença de Milho (Presença de Milho).

Após a retirada das plantas de milho aos 90 DAP as yacon continuaram crescendo sob o pomar de bananeiras. Porém, a presença do milho no início do ciclo da yacon compromete o seu crescimento ao final do seu ciclo. Aos 210 DAP observa-se interação significativa entre os espaçamentos, e o consórcio na ausência do milho e a presença do milho para a altura e a área foliar das yacon (Tabela 2).

A yacon no espaçamento 0,5 m na ausência do milho apresentou maior altura (1,16 m), no entanto na presença do milho a maior altura foi verificada nas yacon crescida no espaçamento 0,3 m. Nota-se também o efeito da presença milho no período inicial e ao final do ciclo da yacon, onde as plantas provenientes da ausência do consórcio com o milho nos espaçamentos 0,4 e 0,5 m obtiveram maior altura (Tabela 2). De modo geral, todas as plantas apresentaram alturas finais próximas, em torno de 1,00 m, menores que as alturas das yacon observadas por Silva (2015), que foram de 2,00 m, em áreas de monocultivo em uma altitude de 113 m, a mesma do presente estudo.

Tabela 2. Altura da planta, área foliar em plantas de yacon cultivadas em três espaçamentos consorciada com milho, sob pomar de bananeiras, aos 210 dias após o plantio. Alegre, ES 2017.

Espaçamento	Altura da planta (m) 210 (DAP)		Área foliar (cm ²) 210 (DAP)	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
0,3m	1,06Ab	1,25A ² a ¹	282,66Bb	354,50Aa
0,4m	1,09Aa	1,06Ba	306,50Ba	351,83Ba
0,5m	1,16Aa	0,97Bb	345,66Aa	376,50Ba
CV%	7,10		7,46	
CV%	8,25		10,42	

¹ Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ² Médias das mesmas letras maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ausência de milho (Ausência), e Presença de Milho (Presença de Milho).

Percebe-se também que aos 210 DAP comportamento semelhante para a área foliar da yacon, sendo maior para as plantas crescidas no espaçamento 0,5m, independente da presença ou ausência do milho. No entanto, há uma inversão com as plantas provenientes do consórcio com o milho no espaçamento 0,3 m, apresentando maiores áreas foliares (Tabela 2). Possivelmente houve também uma contribuição dos resíduos de adubações feitas no milho, somado aos restos da biomassa da cultura deixado no solo após a colheita, que de alguma forma podem ter beneficiado a yacon. Tendo em vista que a manutenção e decomposição de resíduos de culturas agrícolas na superfície contribuem para que parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas possam retornar ao solo (MALUF et al.,2015).

Para o número de folhas observa-se respostas aos 90 DAP com maiores quantidades para as plantas crescidas na ausência de milho, independente dos espaçamentos. No entanto, ao final do ciclo 210 (DAP), independente do consórcio com o milho, no espaçamento 0,5 m entre plantas, verifica-se maior número total de folhas, em média 50 folhas por planta, enquanto que nos espaçamentos de 0,4 m e 0,3 m foram observadas em média 40 a 42 folhas, respectivamente, mostrando que a maior densidade de plantas, sob o pomar da bananeira, pode restringir a emissão das folhas (Tabela 3). E que as plantas sem o consórcio com o milho conseguiram alcançar número semelhantes, independente da presença do milho. Também, cabe relatar que essas plantas (crescidas sob o pomar da bananeira), apresentaram menores números de folhas que as observadas por Silva (2015), que foram de 60 folhas, em áreas de monocultivo de yacon.

Tabela 3. Número de folhas em plantas de yacon cultivadas em três espaçamentos consorciada com milho, sob pomar de bananeiras, aos 90 e 210 dias após o plantio. Alegre, ES 2017.

Número de folhas 90 (DAP)		Número de folhas 210 (DAP)	
Ausência	Presença	Espaçamento	
15,72a ¹	11,61b	0,3m	42,91b
		0,4m	40,33b
		0,5m	50,03a ²
CV% 14,6		CV%	11,61

¹Médias dos efeitos da presença e ausência do milho independente. ²Médias dos efeitos do espaçamento, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ausência de milho (Ausência), e Presença de Milho (Presença de Milho).

A mudança na altura, na área foliar e no número de folhas da yacon consisti nas restrições na fase inicial de crescimento da planta promovida pela presença do milho (consórcio nos primeiros 90 dias de ciclo da yacon), que retardou o seu crescimento. O mesmo pode ser

observado no cultivo de yacon como milho no Peru, onde o crescimento da yacon nos primeiros três meses foi lento, no entanto após a colheita do milho, houve um maior desenvolvimento das plantas que coincidiu com o estágio de crescimento acelerado da yacon (SEMINÁRIO et al., 2003).

Sabe-se que esses caracteres morfológicos (altura, área foliar e número de folhas) variam de acordo com os fatores ambientais (água, luz, temperatura) e culturais (como densidade de plantio) (KANNO, 1989; AMAYA ROBLES, 2002). Na maioria das vezes as plantas sombreadas têm maior altura em relação as não sombreadas (HAN et al., 2015), quase sempre por estiolamento. No entanto, nota-se que o consócio com o milho (sob o pomar de bananeira) pode ter promovido limitações ao ponto de prejudicar o crescimento das plantas de yacon, na fase inicial, o que teve reflexo ao final do ciclo.

As condições de extrema restrição de luz (73% de restrição de luz – Figura 3), ocorrido com o consócio com o milho (sob o pomar da bananeira) prejudicou o desenvolvimento inicial das plantas, inclusive reforça o observado no primeiro capítulo (condições de 70% de sombreamento restringiu o crescimento das plantas). Esses efeitos de restrições também foram notados para a batata doce, que apresentou menor captura de luz e menor biomassa produzida quando consorciado com o milho (ZANG et al., 2018).

Além do milho ser uma planta de crescimento rápido, sistema radicular agressivo, e grande extratora de nutrientes (sobretudo nitrogênio). Visto que esses fatores podem ter gerado uma competição inicial prejudicial a yacon, apesar das condições de manejo e os tratos culturais (adubações principalmente) terem sido realizadas de acordo com as necessidades de cada uma delas.

Tão logo retirada a restrição (cortando o milho – 90 DAP) as plantas passaram a crescer todas em uma mesma condição, somente sob a sombra do pomar da bananeira (com 64% de restrição de luz - Figura 3), o que seria uma condição mais favorável a yacon, além da temperatura do ar em torno de 24 °C, e a umidade do ar em torno de 70% (Figura 2).

Sabe-se que a yacon se adapta melhor em ambientes de temperaturas amenas (em torno de 25°C) que proporcionam maior crescimento, alto rendimento e boa qualidade das raízes tuberosas (TSUKIHASHI et al., 1989; SEMINÁRIO, et al., 2003; KIM et al., 2017).

Observa-se que houve interação significativa para a clorofila a aos 90 DAP e clorofila b aos 210 DAP. Visto que verifica-se maiores valores para clorofila a na yacon em todos os espaçamentos na ausência do milho, entretanto com a retirada do consócio os valores para a clorofila a e b são maiores no espaçamento de 0,5 m entre plantas de yacon (Tabela 4).

Tabela 4. Clorofila a e b em plantas de yacon cultivadas em três espaçamentos consorciada com milho, sob pomar de bananeiras, aos 90 e 210 dias após o plantio. Alegre, ES 2017.

Espaçamento	Clorofila a 90 DAP		Clorofila b 210 DAP	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
0,3m	29,0A ² a ¹	22,0Bb	9,7Aa	9,6Ba
0,4m	28,0Aa	25,0Ab	8,6Bb	10,1Aa
0,5m	28,0Aa	25,0Ab	9,7Aa	9,0bBa
CV%	4,71		5,67	
CV%	4,74		6,8	

¹ Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ² Médias das mesmas letras maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ausência de milho (Ausência), e Presença de Milho (Presença).

Para a clorofila total também houve interação significativa, com maiores valores para em ambos os espaçamentos na ausência do consórcio com o milho, e maiores valores nos espaçamentos 0,4 e 0,5 para as yacon crescidas na presença do consórcio com o milho, aos 90 DAP. Comportamento semelhante foi observado aos 210 DAP, valores aproximados para ambos os espaçamentos, tanto na ausência do consórcio com milho quando na presença (Tabela 5).

Tabela 5. Clorofila total em plantas de yacon cultivadas em três espaçamentos consorciada com milho, sob pomar de bananeiras, aos 90 e 210 dias após o plantio. Alegre, ES 2017.

Espaçamento	Clorofila total 90(DAP)		Clorofila total 210(DAP)	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
0,3m	37,5Aa	28,4Bb	39,1Ba	40,0Aa
0,4m	36,1Aa	32,2Ab	38,3ABb	40,1Aa
0,5m	38,9Aa	33,3Ab	40,7Aa	39,1Aa
CV%	5,28		6,43	
CV%	5,29		6,02	

¹ Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ² Médias das mesmas letras maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ausência de milho (Ausência), e Presença de Milho (Presença de Milho).

Nota-se que por meio do comportamento fisiológico da planta é possível comprovar que o consórcio com o milho, sob o pomar de bananeira, restringiu a atividade fotossintética das plantas de yacon em ambos os espaçamentos, pois há uma redução nos teores de clorofila a, b e total. Após o corte do milho (90 DAP) as plantas de yacon passaram a elevar a sua atividade fotossintética (aumento nos teores de clorofila a, b e total – Tabela 4 e 5) o que refletiu nos ganhos no desenvolvimento morfológico, a altura e expansão foliar da yacon.

A redução nos teores de clorofila pode estar diretamente relacionada a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) recebida pelas plantas de yacon, que foram menores quando se consorciou com o milho, nos três espaçamentos (Figura 4). Essa redução na PAR afetou os processos fisiológicos e todo o crescimento da yacon, como já foi observado com a batata-doce, que é afetada por uma condição de extrema restrição de luz, diminuindo o seu crescimento e produção (LUO et al., 2017).

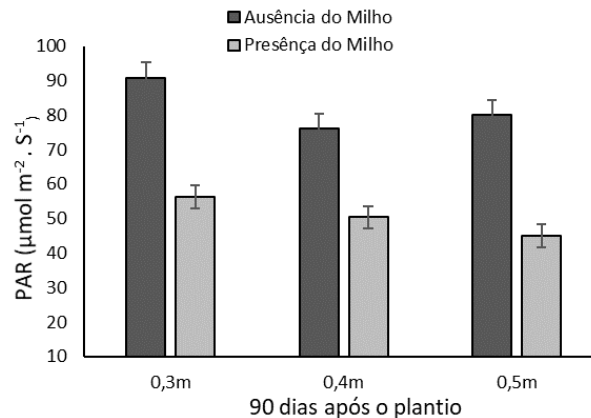


Figura 4. Radiação fotossinteticamente ativa em plantas de yacon, consorciadas com milho, sob pomar de bananeiras, aos 90 dias de ciclo. Alegre, ES 2017.

Geralmente à pouca quantidade de luz proporciona menores teores de clorofila a,b e total nas plantas em relação as á pleno sol (YANG et al.,2018). Essas condições podem promover menores taxas da fotossíntese líquida e afetar o desenvolvimento das plantas (MARCHIORI et al., 2014).

No entanto, essas respostas dependem de cada planta, assim como da intensidade de restrição que ela é exposta, pois existem algumas que conseguem se adaptar a condições com determinadas restrições de luz, como no caso do taro, que produziu melhor sobre 30% de restrição de luz (OLIVEIRA et al., 2011), e a babata doce que varia de acordo com o material genético, sendo que existe determinadas cultivares mais resistentes a baixa intensidade luminosa (OSWALD et al., 1995; CHIPUNGAHELO et al., 2007). Porém, a yacon está demonstrando que também toleraria um certo nível de sombreamento, conforme demonstrado no primeiro capítulo (melhor desenvolvimento com 30% e 50% de restrição de luz), além de ser uma espécie de metabolismo C3 que facilita sua adaptação a ambientes sombreados.

Logo, observa-se que para as taxas de assimilação líquida (A), condutância estomática, e as taxas transpiratórias não houve interação significativa entre os espaçamentos e a presença e ausência do milho. No entanto, observa-se que a presença do milho aos 90 DAP interferiu no

crescimento inicial das yacon em ambos os espaçamentos. As plantas de yacon na ausência do consórcio com o milho obtiveram maior (*A*) ao longo do dia. Sendo que nas 9, 13 e as 15 hs, a planta de yacon, consorciadas com o milho, sofrem diminuição acentuada na *A*, sobretudo na parte da tarde (15h) menor incidência luminosa, em todos os espaçamentos adotados (Tabela 6). Isso demonstra a menor eficiência dessas plantas mais sombreadas (nível de 70%) em incrementar a massa seca total em função da área foliar. Indiretamente, essas plantas foram menos eficientes no uso dos recursos luz, CO₂, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes (PINZÓN-TORRES e SCHIAVINATO, 2008) o que levou a menor desenvolvimento apresentado.

A sombra diminui as taxas fotossintéticas das folhas (YANG et al., 2018), visto que as folhas sob sombra apresentam menores teores de transportadores de elétrons e ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase do que aquelas sob condições normais de luz (LI et al., 2014). Esse comportamento foi notado em batata doce quando consorciada como milho, que apresentou baixas taxas fotossintéticas devido ao sombreado (LUO et al., 2017).

Tabela 6. Taxa de assimilação líquida, taxas transpiratórias, condutância estomática, em plantas de yacon cultivadas em três espaçamentos consorciada com milho, sob pomar de bananeiras, aos 90 dias após o plantio. Alegre, ES 2017.

	<i>A</i> ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			<i>E</i> ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			<i>g_s</i> ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		
	9h	13h	15	9h	13h	15h	9h	13h	15h
Ausência	12,66a ¹	8,63a	12,38a	4,30a	4,67a	3,58a	0,446a	0,400a	0,255b
Presença	9,88b	5,62b	3,71b	2,65b	3,12b	1,28b	0,315b	0,267b	0,483a
CV%	21,53	32,82	26,97	18,53	15,00	37,01	24,46	25,03	22,86

¹ Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ausência de milho (Ausência), e Presença de Milho (Presença de Milho).

Nota-se que houve uma variação nas taxas de transpiração (*E*), apesar da pouca variação na condutância estomática, onde as plantas de yacon, consorciadas com o milho, apresentaram as menores taxas (*E*), em todos os espaçamentos (Tabela 6). Resultado que pode refletir no melhor fluxo contínuo solo-planta-atmosfera (PAUL et al., 2017), o que implica diretamente na capacidade de absorção de nutrientes e melhorando crescimento dessas plantas, conforme observado para as plantas de yacon ausente do consórcio com o milho.

A condutância estomática (*g_s*) nas folhas da yacon apresentou se maior para plantas consorciadas com o milho (Tabela 6), o que estaria relacionado a uma possível condição mais

favorável de umidade no momento, o que permitiu maior abertura de estômatos, resultando em maior condutância.

Na concentração subestomática de CO₂ (C_i) nas folhas das plantas de yacon não foram verificadas interações nem efeitos isolados dos fatores, por consequência da pouca variação nas condutâncias estomáticas (Tabela 6), promovendo semelhante entrada de CO₂ para a cavidade subestomática em todos os tratamentos.

Após a colheita do milho, todas as variáveis fisiológicas das plantas passaram a ser iguais, independente do espaçamento usado e do consórcio com o milho. De modo geral, as plantas crescendo sob o pomar de bananeira apresentaram taxa de assimilação líquida variando de 11,66 a 14,66, ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). A condutância estomática manteve-se indiferente entre os espaçamentos, variando de 0,23 a 0,54 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Assim como a concentração subestomática de CO₂, variando de 294 a 330 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, e as taxas transpiratórias que variaram de 4,1 a 13,1 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Podem-se dizer que as variáveis fotossintéticas da yacon em consórcio apresentaram valores próximos a plantas sob condição de monocultivo; assimilação líquida de 17,20 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática de 0,580 ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxas de transpiração de 3,4 ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e a concentração estomática de 442,0 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). Demonstrando possíveis resultados positivos na introdução da yacon em sistemas consorciados com bananas.

Ao final do ciclo (210 DAP) foi realizada a colheita da yacon, a partir da daí observou-se que houve interação significativa para as variáveis produtivas. Sendo que as plantas provenientes do cultivo consorciado com o milho (realizado durante os primeiros 90 dias do ciclo) tiveram o seu acúmulo de biomassa afetado, tanto total, quanto por partes da planta (aérea, rizóforos e raízes tuberosas) separadamente, em todos os espaçamentos estudados (Tabela 7).

Tabela 7. Massa seca da parte área, rizóforos, raízes tuberosas, massa seca das raízes tuberosas, massa seca total, em plantas de yacon cultivadas em três espaçamentos, consorciada com milho, sob pomar de bananeiras. Alegre, ES 2017.

Espaçamento	MSPA		MSRi		MSRt		MST	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
	-----Kg planta ⁻¹ -----							
0,3m	0,116c*	0,09a	0,028b	0,02a	0,051b	0,03b	0,195b	0,152a
0,4m	0,122b	0,10b	0,065a*	0,04a	0,082a*	0,04a	0,269a*	0,191a
0,5m	0,148a*	0,09b	0,015b	0,02a	0,054b	0,03b	0,217b*	0,163a
CV% 1	10,17		38,59		28,59		14,24	
CV% 2	6,89		44,45		24,64		10,62	

*Significativo na ausência e presença de milho e médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem nos espaçamentos entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. Massa seca da parte área (MSPA), massa seca dos rizóforos (MRi), massa seca das raízes tuberosas (MSRt) e massa seca total (MST). Ausência de milho (Ausência), e Presença de Milho (Presença de Milho).

O resultado está relacionado à todas as limitações fisiológicas promovidas pela maior restrição de luz ocorridas no consórcio com o milho, e posteriormente pela bananeira. O possível excesso de sombra, restringindo a síntese de fotoassimilados, normalmente diminui o rendimento final de algumas espécies (NEDUNCHEZHIAN et al., 2012), principalmente acumuladoras de reserva como a yacon.

A produção individual das plantas de yacon reflete todo o comportamento já notado, sendo menor quando a yacon foi consorciada com o milho, em todos os espaçamentos, que também influencia na produtividade (Tabela 8).

Tabela 8. Produção individual e produtividade em plantas de yacon cultivadas em três espaçamentos, consorciada com milho, sob pomar de bananeiras. Alegre, ES 2017.

Espaçamentos	Nº plantas (ha ⁻¹)	Produção (kg planta ⁻¹)		Produtividade (t ha ⁻¹)		Produtividade espaçamento (t ha ⁻¹)
		Ausência	Presença	Ausência	Presença	
0,3m	11.111	0,696 b	0,435 ab*	7,73a*	4,83a	6,27A ²
0,4m	8.333	1,040 a*	0,466 a	8,66a*	3,88a	6,29A
0,5m	6.666	0,548 c	0,348 b	3,65b	2,31b	3,53B
CV%		14,71		16,41		

*Significativo na ausência e presença de milho, e as médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem nos espaçamentos entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade, a cada espaçamento.

²Significativo entre os espaçamentos, médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade. Ausência de milho (Ausência), e Presença de Milho (Presença).

Interessante notar que, independentemente do consórcio com o milho, houve uma diferença na produtividade em raízes tuberosas em função do espaçamento adotado, onde os espaçamentos de 0,3 e 0,4 entre plantas apresentaram as maiores produtividades (Tabela 8), que é um reflexo das melhores produções individuais observados nesses espaçamentos (0,696 e 1,040 kg planta⁻¹, respectivamente), aliado ao maior número de plantas por área. Isso demonstra que o sucesso do cultivo de yacon, sob pomar de bananeira, também depende da densidade de planta, que implica na otimização da produtividade na área.

De maneira geral, a produtividade de yacon obtida sob o pomar de bananeira foi considerável, principalmente na ausência do consórcio com o milho (8,66 t ha⁻¹, com espaçamento de 0,4 m), tendo em vista a grande variação da produtividade para a mesma altitude em cultivos solteiros (Silva, 2015; Quaresma 2108; Carvalho 2018). Já na região andina há relatos da yacon quando consorciada com especeis presentes na região, com a acácia e quishuar (14,6 t ha⁻¹), e yacon consorciada com a aliso mais remata (11,6 t ha⁻¹) (RAMOS et al., 1999). Uma vez que essas variações podem ser atribuídas a sensibilidade da planta às variações ambientais e as diferentes formas de manejo adotadas nos cultivos. O que aponta a necessidade de desenvolvimento de tecnologias de manejo de forma a otimizar a sua produção.

Além da yacon, as demais espécies cultivadas no consórcio tiveram sua produção avaliada. O milho apresentou produção ao ponto de milho verde, indiferente à presença da yacon em todos os espaçamentos, que correspondeu a 4,6 t ha⁻¹ em espigas despalhadas e de 7,6 t ha⁻¹ com palhas, com diâmetro médio de 4,2 cm (com palha), e 3,8 cm (sem palha), e comprimento de 17,3 cm (com palha) e 10,9 cm (sem palha). Representando mais uma possibilidade de renda extra para o agricultor nessa situação de instalação de pomar, apesar desses valores estarem abaixo dos sistemas de monocultivos, com médias de comprimento entre 16,71 e 19 cm (PERREIRA FILHO, 2003), já a médias do diâmetro foi superior a 3 cm considerada regular, e podendo compensar o comprimento da espiga (MELO, 2004).

A partir dos valores de produtividade da yacon (Tabela 8) e do milho (7,6 t ha⁻¹), foi estimando o IEA (Índice de equivalência de área) nos três espaçamentos de cultivo da yacon, e esses valores foram maiores que 1,0 (valor considerado ideal) demonstrando que o consórcio específico yacon e milho, foi eficiente no uso de área, em todos os espaçamentos adotados, apesar da diminuição na produtividade apresentada pela yacon (Tabela 9).

Tabela 9. Índices de Eficiência de Área, Contribuição Relativa das Culturas e renda bruta nos consórcios de yacon e milho. Alegre, ES, 2017.

Espaçamentos	IEA ¹	CRC ² (%)		Renda bruta (R\$) ³	
		Yacon	Milho	Ausência	Presença
0,3m	1,25	49,6	50,4	9662,00 ⁴	16810,00 ⁵
0,4m	1,07	41,0	58,8	10825,00	14330,00
0,5m	1,25	49,6	50,4	4562,00	14520,00

¹Índices de Eficiência de Área (IEA); ²Contribuição Relativa das Culturas (CRC). ³Valores calculados com bases na comercialização da yacon (R\$1,25/kg) e do milho com palha (R\$1,33/kg) (CEASA/ES, 2018). ⁴Estimativa de renda bruta a ser obtida com a produção de yacon na ausência do consórcio com o milho. ⁵Estimativa de renda bruta a ser obtida com a produção de yacon e milho em consórcio.

Posteriormente, calculou-se a Contribuição Relativa das Culturas (CRC) ao IEA no consórcio yacon x milho, em cada espaçamento, e de forma geral percebe-se que o milho tem uma contribuição até um pouco maior que a yacon (Tabela 9), devido ao bom rendimento da cultura no consórcio (7,6 t ha⁻¹).

Essa maior contribuição do milho irá refletir na renda bruta (RB) obtida na área de consórcio, compensando a diminuição da produtividade notada com a yacon. Por isso que as áreas consorciadas, apresentaram melhores rendas brutas, mostrando que apesar do consórcio ser prejudicial a produtividade da yacon o rendimento com o milho pode compensar financeiramente (Tabela 9).

Dessa forma para um agricultor que tem o mercado para a yacon, não será interessante o consórcio, pois a yacon diminui produtividade com a presença do milho. No entanto, se esse agricultor tem mercado para o milho verde, pode ser interessante a presença do milho na fase inicial do ciclo da yacon (90 primeiros dias de ciclo), pois a renda extra que o milho torna o consórcio mais rentável.

A proposta da inserção da yacon, sob o pomar de bananeira, pensando nela como a espécie que agregaria produção e renda ao bananicultor, é interessante, principalmente nos espaçamentos de 0,4 e 0,3 m, onde ela apresentou maiores produtividades (6,27 e 6,29 t ha⁻¹) (Tabela 8). Sendo assim, a partir dos valores de produtividade da yacon e da banana, foi estimando o IEA (Índice de equivalência de área) nos três espaçamentos de cultivo da yacon, e esses valores foram maiores que 1,0 (valor considerado ideal) demonstrando que o consórcio específico yacon banana, foi eficiente no uso de área, em todos os espaçamentos adotados (Tabela 10).

Isto significa que o sistema de cultivo consorciado de bananeira com yacon, otimiza o uso da área em 32, 31 e 15 %, quando se cultiva a yacon em linhas duplas (alternadas nas entre linhas da bananeira) nos espaçamentos de 0,3; 0,4 e 0,5 m entre plantas, respectivamente.

Tabela 10. Índices de Eficiência de Área, Contribuição Relativa das Culturas e renda bruta nos consórcios de yacon e banana. Alegre, ES, 2017.

Espaçamentos	IEA ¹	CRC ² (%)		Renda bruta (R\$) ³		
		Yacon	Banana	Yacon	Banana	Total
0,3m	1,32	13,04	86,95	7837,00	27.400,00	35.237,00
0,4m	1,31	23,66	76,36	7862,00	27.400,00	35.262,00
0,5m	1,15	24,24	75,75	4412,00	27.400,00	38.812,00

¹Índices de Eficiência de Área (IEA), produtividade monocultivo Carvalho, (2018); ²Contribuição Relativa das Culturas (CRC). ³Valores calculados com bases na comercialização da yacon (R\$1,25/kg) e da banana (R\$1,37/kg) (CEASA/ES, 2018). ⁴Estimativa de renda bruta a ser obtida com a produção de banana na ausência do consórcio com a yacon. ⁵Estimativa de renda bruta a ser obtida com a produção de banana e yacon em consorcio.

Calculou-se a Contribuição Relativa das Culturas (CRC) ao IEA no consórcio Banana-yacon (em cada espaçamento), e percebe-se que a banana é a que tem maior contribuição, pois é a cultura principal, mas a yacon também gerou contribuições para o consórcio (Tabela 10).

Observando o rendimento monetário do consórcio (Renda Bruta), nota-se que a maior produtividade, aliado a maior CRC, conseguido com a yacon no espaçamento entre plantas de 0,4 m, promoveu uma maior renda bruta do consórcio. Assim para um bananicultor que tem o mercado para a yacon, será interessante o consórcio, sendo a yacon plantada em linhas duplas, espaçadas de 1,0 m x 0,4 m entre plantas, alternando nas entrelinhas da banana.

Cabe ressaltar que a cultura da banana se comportou indiferente a presença da yacon, apresentando produtividade média de 20 t ha⁻¹ (em plantas da 1ª geração – mães), com 12,42 kg⁻¹ de peso de cacho, 1,6 kg⁻¹ de peso de pencas, 144 g de peso de frutos, 8,73 pencas/cacho, 14,05 frutos/penca, e frutos com 14 cm de comprimento, e 40 mm de diâmetro. Os resultados demonstram que características apresentadas estão dentro do padrão de classificação do mercado (HORTE BRASIL, 2018). Além disso, a produtividade de banana de modo geral foi acima da média do Espírito Santo (7,8 t ha⁻¹).

Tendo em vista que a bananicultura é uma das atividades do agronegócio Capixaba, de grande importância social e econômica, gerando mais de 25 mil ocupações na sua maioria de agricultores de base familiar (COSTA et al., 2017), a inserção da yacon consorciada sob o pomar de bananeira, pode ser uma estratégia viável, significando uma renda extra ao agricultor familiar, contribuindo com a sua soberania alimentar e financeira.

2.4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento e a produção de yacon foram afetados, quando consorciada com o milho (sob o pomar da bananeira), independente do espaçamento. Mesmo assim o consórcio milho e yacon é rentável ao agricultor.

Apesar de o consórcio com o milho ter comprometido a produtividade da yacon, os espaçamentos 0,3 e 0,4m foram viáveis, além da entrada de recursos com colheita do milho e da banana.

A yacon adaptou-se bem ao cultivo sob o pomar da bananeira, apresentando produtividade capaz de agregar renda ao bananicultor, sobretudo no espaçamento de 0,4 m entre plantas, mostrando que a essa forma de cultivo pode ser uma estratégia viável, significando uma renda extra ao agricultor familiar.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. M. **Produção de milho verde e grãos consorciados com leguminosas em sistema de plantio direto orgânico**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2014.
- AMAYA ROBLES, J. E. **Desenvolvimento de yacón (*Polymnia sonchifolia* Poep. & Endl.)** A partir de rizóforos e de gemas axilares, em diferentes espaçamentos. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração em Horticultura, 2002.
- ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; PEZZOPANE, J. R. M.; FALQUETO, A. R.; CAVATTE, P. C. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, v.10, n.2, p.214-222, 2015.
- BORGES, A.L.; MATOS, A.P. **Banana: instruções práticas de cultivo**. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical 1, EMBRAPA, Cruz das Almas, 2006.
- CARVALHO, A. H. **Arranjos populacionais para o cultivo de yacon**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Fitotecnia), Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre – ES, 2018.
- CHIPUNGAHELO, G.S.; NGEREZA. A.; KAWAMALA, P.; KWILEKA, T. Effects of light regimes on different crops, sweet potato (*Ipomoea batatas* L.), cowpea (*Vigna unguiculata* L.) and pineapple (*Ananas comosus* L.). **African Crop Science Conference Proceedings**. n.8, p.467-471, 2007.
- da COSTA, A. D. F.; COSTA, A.; VENTURA, J. Importância do pólo de banana no desenvolvimento regional sustentável no Espírito Santo. In: congresso brasileiro de agronomia, 15., 2008, Guarapari, ES. **Anais...** Guarapari: CBA, 2008. 2017. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br>. Acessado em 30 de março de 2018.
- CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO ESPÍRITO SANTO. CEASA, 2108. Boletim diário de preços completo. Disponível em: http://200.198.51.71/detec/boletim_completo_es/boletim_completo_es.php.> Acessado em 04 de maio de 2018.
- DOO, H.S.; RYU, J.H.; LEE, K.S.; CHOI, S.Y. Effect of plant density on growth responses and yield in yacon. **Korean Journal of Crop Science**. n. 46, p.407-410, 2001.
- ERLACHER, W.A.; OLIVEIRA, F.L.; FIALHO, G.S.; SILVA, D.; E CARVALHO, A.H. Modelos para estimar a área foliar do yacon. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n.3, p.422-427, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p. 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Empresa Embrapa Mandioca e Fruticultura. BANANA, **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2ª edição, revista e ampliada. Embrapa Brasília, DF 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA, Milho e Sorgo. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14977137/produtores-de-milho-verde-avaliam-cultivar-da-embrapa>> acessado em 10 de maio de 2018.

FERNANDEZ, E.C.; VIEHMAN, I.N; LACHMAN, J.; MILELLA, L. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the Central Europe. **Plant Soil Environ.** n.52, p.564–570,2006.

FAGERIA, N.K. Sistemas de cultivo consorciado. In: FAGERIA, N.K. (Ed) **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: Embrapa-DPU, p.185-196.1989

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. INCAPER, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br>. Acessado em 30 de março de 2018.

GRAU, A.; REA, J. 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. **Rome: IPK, Gatersleben / IPGRI**, p. 199- 256. 1997.

GLIESSMAN, S.R. (Ed) Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture. Santa Cruz: **University of California**. p.3-10, 1990.

HAN, S.; JIANG, J., LI, H.; SONG, A.; CHEN, S.; CHEN, F. The Differential Response of Two Chrysanthemum Cultivars to Shading: Photosynthesis, Chloroplast, and Sieve Element-companion Cell Ultrastructure. **Hort Science**, v.50, n.8, p.1192-1195, 2015.

HORTE BRASIL. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/banana>>. Acessado em 23 de abril de 2018.

KIM, S.; SOHN, H.; HONG, S.; NAM, J.; CHANG, D.; KIM, K.; KIM, Y. Principal component analysis of the classification of yacon cultivation areas in Korea. **Korean Journal of Crop Science/Hanguk Jakmul Hakhoe Chi**, v.6, n.2, p.149-155, 2017.

LI, T.; LIU, L.N.; JIANG, C.D.; LIU, Y.J.; SHI, L. Effects of mutual shading on the regulation of photosynthesis in field-grown sorghum. **J. Photoch. Photobio.** B n.137, 31-38. 2014.

LUZ, J. M. Q.; DA SILVA CAMILO, J.; BARBIERI, V. H. B.; RANGEL, R. M.; OLIVEIRA, R. C. Produtividade de genótipos de milho doce e milho verde em função de intervalos de colheita. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.2. 2014.

MALUF, G. H. J.; SOARES, B.E. M.; SILVA, R.I.; LIMA NEVES, J. C.L.; SILVA, O. M. F. Disponibilidade e recuperação de nutrientes de resíduos culturais em solo com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, 2015.

MELO, A.V. **Sistema de plantio direto para milho-verde**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 61f., 2004.

NEDUNCHEZHIAN, M.; BYJU, G.; JATA, S. K. Sweet Potato Agronomy. Fruit, Vegetable, and Cereal. **Science and Biotechnology**, v.6, p.1-10. 2012.

NIETO, C.C. Estudios agronomicos y bromatológicos em “jicama” (*Polymnia sonchifolia* Polp. Endl.). **Arch. Latinoam. de Nutr.** N. 41, p.213-21. 1991.

OGISO, M.; NAITO.; H.; KURASIMA, H. Planting density, harvesting time and storage temperature of Yercum. **Research Bulletin of the Aichi Ken Agricultural Research Center**, n. 22, p.161-164. 1990.

OLIVEIRA, F.L.; RIBAS, R.G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; PADOVAN, M.P.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.184-188, 2005.

OLIVEIRA, M. A.; NISHIMOTO, E. K. Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymniasonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.7, n. 2, p. 215-220, 2004.

OLIVEIRA, M.A.; NISHIMOTO, E.K. Caracterização e quantificação dos carboidratos de reservas das raízes de yacon (*Polymnia sonchifolia*) mantidas sob condições ambientais e refrigeração. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.1, p.30-39, 2005.

OSWALD, A.; ALKAMPER, J.; MIDMORE, D.J. The effect of different shade levels on growth and tuber yield of sweet potato: II. Tuber yield. **Journal of Agronomy and Crop Science**, n.175, p.29-40. 1995.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana ‘Prata Anã’. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 487- 499, 2005.

PEZZOPANE, J. R.M.; PEDRO, M. J.; BOLLER GALLO, P.; PAES DE CAMARGO, M. B.; FAZUOLI, L. C. Avaliações fenológicas e agrônômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'. **Bragantia**, v.66, n.4, 2007.

PERERA FILHO, I. A. O cultivo do milho-verde. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 1ª ed. 204p. 2003.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; SILVA, A. R. da; COSTA, R. V. da; CRUZ, I. Milho verde. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Embrapa. 2015. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br//milho Verde>. Acessado em: 19 maio. 2018.

PINZÓN-TORRES, J. A.; SCHIAVINATO, M. A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. **Hoehnea**, v. 35, n. 3, p. 395-404, 2008.

QUARESMA, M. A. L.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; COELHO, R. I.; COSTA, E. C. Desempenho de bananeiras cultivar “nanição” sobre cobertura viva de solo no semiárido. **Revista Caatinga** (UFERSA. Impresso). v.28, p.110 - 115, 2015.

QUARESMA, M. A. L. **Estratégias para cultivo de yacon: Conservação de rizóforos, métodos e profundidades de plantio em diferentes altitudes.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Fitotecnia), Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre – ES, 2018.

RAMOS, R., GALARZA, J.; CASTILLO, R.; NIETO, C. Respuesta de tres raíces andinas: zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) miso (*Mirabilis expansa*) y jícama (*Polymnia sonchifolia*); dos pastos y una mezcla forrajera al efecto de tres sistemas agroforestales, en Santa Catalina, Quito. En: Fairlie T, Morales Bermúdez M & M Holle (eds.). Raíces y tubérculos andinos: Avances de investigación. Centro Internacional de la Papa (CIP), consórcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), Lima, Perú, p. 193-212. 1999.

SANTANA, I.; CARDOSO, M.H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciencia Rural**, n.38, p.898-905, 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS SUBSECRETARIA DO AGRONEGÓCIO, SEAPA. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq_Relatorios/Agricultura/2017/Mar/perfilbanan_a_mar_2017.pdf> Acessado em 20 de maio de 2018.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. **El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio.** Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), 2003.

SOUZA, G. S. D.; DAN, M. L.; ARAÚJO, J. B. S. Qualidade física do solo sob cafeeiro conilon consorciado e em monocultivo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 180 - 186, 2016.

SANTOS, B. N. C., CARMO, A. S., PAVAN, M.G., KOMURO, K.L., BARRADAS PEREIRA, B.L., SOUZA, D. L. C. Características agronômicas e de desempenho produtivo de cultivares de milho-verde em sistema orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, 2015.

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) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, CCAUFES, 2015.

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**, n.148, p. 83–88. 2012.

TOMAZINI, R.; CAMARGO, J. T.; CASTIGLIONI, S. A. C.; OLIVEIRA, A. J.; OLIVEIRA, E. M. B.; VIRGOLINO, V. P. B.; GAVAZZONI, E. C.; LANGER, L. F.; VILLANOVA, A. C. C.; CASTIGLIONI, G. L. 2009. **Sombreamento na produção de folhas e raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl.) H. Robinsón.** Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br>. Acessado em 18 de abril de 2018.

TSUKIHASHI, T., T. YOSHIDA, M. MIYAMOTO, AND N. SUZUKI. Studies on the cultivation of yacon. I. Influence of diferente planting densities on the tuber yield. *Japan J. Farm Work Res.* 24: 32-38. 1989.

VILHENA, S.M.C.; CÂMARA, F.L.A.; KAKIHARA, S.T. O cultivo de yacon no Brasil. *Horticultura Brasileira*, n.18, p.5-8, 2000.

VILLAMIZA, L.B.; MOSQUERA, N.H.; PIÑEROS, A.L.M.; MUÑOZ, P.B.; OSPINA, L.M.P. Yacon (Perú), Jímaca (Colombia) *Smallanthus sonchifolius*. Fundación Universitaria Juan N. Corpas **Escuela de Medicina Bogotá**, D.C., 32 p. 2014

VANDERMEER, J.H. Intercropping. In: GLIESSMAN, S.R. (Ed.) **Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture**, p.481-516, 1990.

WANG, C.L.; GUO, Q.S.; ZHU, Z.B.; CHENG, B.X. Physiological characteristics, dry matter, and active component accumulation patterns of changium smyrnioides in response to a light intensity gradient. **Pharmaceutical Biology**, v.55, n.1, p.581-589. 2017.

YANG, F.; FENG, L.; LIU, Q.; WU, X.; FAN, Y.; RAZA, M. A.; LIU, W. Effect of interactions between light intensity and red-to-far-red ratio on the photosynthesis of soybean leaves under shade condition. **Environmental and Experimental Botany**, n. 150, p.79-87. 2018.

YULONG, L. U. O.; XUELI, W. U.; DAOBIN, T. A. N. G.; XUN, L. I. U.; YAYUN, L. E. I., CHANGWEN, L. V.; JICHUN, W. A. N. G. Effect of Maize (*Zea mays* L.) Plant-Type on Yield and Photosynthetic Characters of Sweet Potato (*Ipomoea balatas* L.) in Intercropping System. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v.45, n.1. 2017.

ZHANG, D.; DU, G.; SUN, Z.; BAI, W.; WANG, Q.; FENG, L.; YANG, N. Agroforestry enables high efficiency of light capture, photosynthesis and dry matter production in a semi-arid climate. **European Journal of Agronomy**, n.94, p.1-11. 2018

3.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstram que o sombreamento no cultivo da yacon pode interferir na produção das raízes tuberosas. Principalmente para as regiões de baixa altitude, onde a sombra a níveis moderados entre 30% a 50% funciona como uma estratégia de cultivo para a yacon, promovendo a formação e alterações do microclima, reduzindo a temperatura do ar e do solo, a quantidade de radiação incidente, influenciando diretamente o crescimento e o desenvolvimento das raízes tuberosas.

Logo, para se obter esses níveis de sombreamento recomenda-se a implantação do consórcio que permitem a yacon crescer nas entre linhas de culturas de maior porte, no caso estudo o milho e as bananeiras, as quais fornecem sombra a níveis moderados na construção do microclima favorável ao seu desenvolvimento. No entanto, a presença do milho prejudicou a produção da yacon, afetando sua produtividade final, já a yacon na presença da bananeira alcançou maior produção individual, e maior produtividade aliada a maior densidade de plantio, nos espaçamentos 0,3 e 0,4 m da yacon.

Dessa forma é possível constatar que o cultivo da yacon em ambientes sombreados além de promover a produção das raízes tuberosas, torna-se uma alternativa de renda ao agricultor. Sobretudo o de base familiar possibilitando maior aproveitamento da área e maior agregação de renda com a produção de duas ou mais culturas inseridas em um mesmo sistema.