

Tema 11 - Radiación solar y clima

RELAÇÕES ENTRE ALTURA DE PLANTAS EM FUNÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL ACUMULADA PARA DUAS CULTIVARES DE *Musa sp.* EM TRÊS CICLOS DE PRODUÇÃO EM REGISTRO/SP/BRASIL

E.N. Gomes¹, G.L.F. Oliveira², J. D. Lima³, E.T. Teramoto³, D.E. Rozane³, S.H.M. Gorla da Silva³
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp Câmpus Experimental de Registro/SP/ Brasil - Av. Nelson Brihi Badur, 430, Cep 11.900-000 - Registro/SP/Brasil.
Tel. 55 (13)3828.3044 – Fax. 55(13)3822.2309 - e-mail: engomes@registro.unesp.br

RESUMO: A produção de banana é uma das atividades agrícolas de maior destaque mundial. Existem fortes relações entre o crescimento e desenvolvimento das plantas com a radiação solar global acumulada. O presente trabalho teve como objetivo relacionar a radiação solar global acumulada na superfície terrestre com a altura das plantas ao longo de 3 ciclos produtivos. O estudo foi desenvolvido na UNESP Câmpus Experimental de Registro/SP/Brasil durante os anos agrícolas de 2011 a 2013. Foram utilizadas as cultivares de banana a Prata e Grande Naine. A radiação solar global foi fornecida pelo Centro Integrado de Informações Meteorológicas (CIAGRO). Os resultados mostraram que as plantas necessitam entre 3,96GJ/m² a 5,2GJ/m² nos ciclos produtivos, atingindo alturas médias de 267,2cm e 255,6 para as cultivares Prata e Grande Naine, respectivamente.

Palavras chave: radiação solar, banana, Vale do Ribeira.

INTRODUÇÃO

A produção de banana é uma das atividades agrícolas de maior destaque mundial, sendo uma fonte potencial de amidos naturais. O amido deste fruto tem mostrado características interessantes para aplicação industrial, apresentando níveis significativos de amilose (Mesquita et al., 2016).

Segundo o LSPA (2015), a banana é produzida em todos os estados brasileiros, sendo que os principais estados produtores em 2014 foram: São Paulo, Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina e Pará, com uma produção total de 7,14 milhões de toneladas. No Estado de São Paulo tem destaque o Vale do Ribeira como a principal região produtora.

Existem fortes relações entre as variáveis meteorológicas e a produtividade da bananeira (Turner, 1994), com destaque para a radiação solar. Robinson (2010) afirma que a radiação solar de um dia de céu nublado sofre uma redução de 80% em relação um dia de céu aberto. Cultivos bem expostos a luz apresentam ciclos de produção mais curtos, enquanto em cultivos sombreados os ciclos se tornam mais longos (Soto Ballester, 2000).

Em termos energéticos, Bugauld et al. (2009) verificaram valores de 1270MJ/m² a 1770MJ/m² de radiação global acumulada do florescimento à colheita da banana Grand Naine, Cavendish (AAA), em diferentes regiões da Martinica.

A radiação solar acumulada está relacionada com a altura das plantas, que é um dos fatores agrônômico importantes a ser avaliado em experimentos com diferentes genótipos da cultura (Oliveira

¹ Professor Assistente Doutor – Unesp – Câmpus de Registro / SP / Brasil, e-mail:engomes@registro.unesp.br

² Bolsista I.C. – Fapesp Proc. 2012/14182-0

³ Professor Assistente Doutor – Unesp - Câmpus Experimental de Registro / SP / Brasil

et al., 2008). Contudo, são escassas as informações sobre estas relações no Vale do Ribeira, região com elevada frequência de dias com condições de céu nublado e parcialmente nebuloso. Desta forma, o objetivo do trabalho foi relacionar o banco de dados de radiação solar na superfície terrestre com altura e a produção das das cultivares Prata e Grande Naine em três ciclos produtivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Registro/SP (-24°29'S; -47°50'O, a 25m acima do nível do mar). A cidade de Registro apresenta cerca de 54 mil habitantes distribuídos em aproximados 722km², sendo localizada na mesorregião do Litoral Sul Paulista, na porção paulista do vale do Ribeira. O município é acessado por meio da rodovia Régis Bittencourt (BR-116), sendo limitado ao Norte pelo Município de Juquiá, ao Sul por Jacupiranga e Pariquera-Açu, a Leste por Iguape e a Oeste por Eldorado e Sete Barras.

O clima local foi classificado pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) como Af, Clima tropical úmido ou superúmido, sem estação seca, como se observa na figura 1.

Durante a realização do experimento, nos meses mais quentes a temperatura máxima chegou a atingir 40,3°C em 12/11/2013, e nos meses mais frios atingiu temperatura mínima de 3,9°C em agosto de 2011. A temperatura média foi de 21,9°C. A precipitação pluviométrica média foi de 1521mm, atingindo 1720mm em 2011, 1387mm em 2012, 1457mm em 2013. A maior precipitação pluviométrica ocorreu em janeiro de 2011, atingindo 331,6mm, enquanto que a menor foi no mês de setembro de 2011, com apenas 8,2mm.

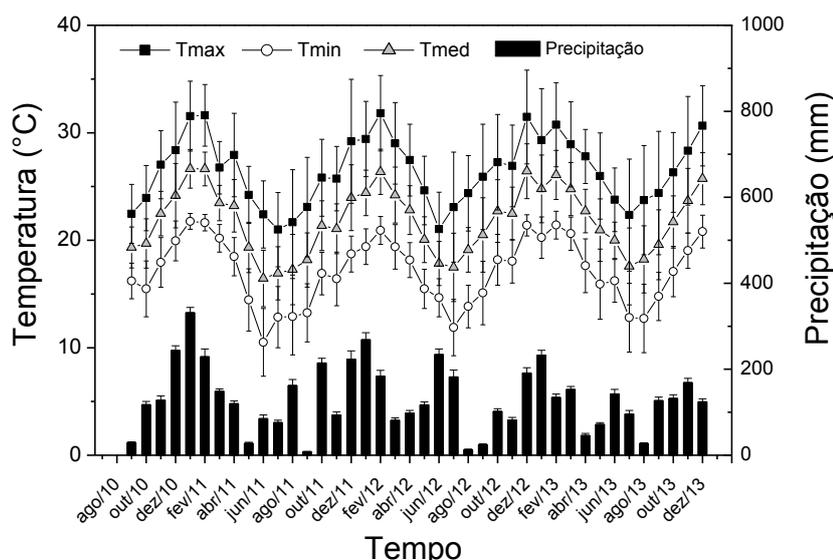


Figura 1. Pluviosidade e Temperatura máxima, mínima e média na estação do CIAGRO/Unesp – Registro/SP.

A radiação solar global diária (Qg) em MJ/m² dia foi obtida do Centro integrado de Informações Meteorológicas (CIAGRO), que foi criado em 1988 com a finalidade de operacionalizar e disponibilizar informações e aconselhamento às atividades agrícolas com base nos parâmetros meteorológicos e previsão do tempo, e que tem uma estação meteorológica em Registro/SP. A Irradiação no topo da atmosfera diária (Qo) foi calculada de acordo com Pereira et al., (2002).

Foram utilizadas bananeiras da cv. Prata e Grande Naine, transplantadas em 01 de julho de 2011. Foram utilizadas 250 plantas da cv. prata e 750 da cv. Grande Naine, marcou-se 10 plantas de cada cv., com um total de 20 plantas. O sorteio das plantas utilizadas ocorreu de forma aleatória na área experimental. O solo onde se instalou o experimento foi preparado 45 dias antes do plantio das bananeiras, recebendo as operações de aração, subsolagem e gradagem. Baseado na análise química do solo foi realizada calagem, de forma a elevar a saturação de bases a 60%, assim como uma gessagem visando aplicação do cálcio e enxofre e, também, melhorar o ambiente em subsuperfície. Os demais tratos realizados na condução da cultura estão descritos na Tabela 1.

Trato Cultural	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Aplicação de Glifosate		X			X						X	
Adubação química (NPK)	X	X		X				X			X	
Adubação Orgânica (esterco)								X			X	
Calagem					X							
Aplicação de Furadan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Desfolha	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Desbrota			X				X				X	
Aplicação de Fungicida	X	X		X	X	X		X		X		X

Tabela 1. Tratos culturais realizados.

Foi aplicado sulfato de zinco na adubação de cova, de forma a minimizar o mal da “folha pequena” e da “formação de roseta” na planta. Aplicou-se também gesso agrícola no solo, visando aplicação do cálcio e enxofre de forma a melhorar o ambiente em subsuperfície, assim como fez-se adubação de cova com sulfato de zinco. O espaçamento utilizado foi de 2,5m por 2,5m na cv. Grande Naine e de 2,5m por 3,0m na cv. Grande Naine.

A altura das plantas foi obtida quinzenalmente pela mensuração manual com auxílio de uma trena simples, para normas de padronização estabelecidas por este trabalho, esse dado foi obtido na extremidade inclinada da planta.

A colheita dos cachos foi realizada quando observada a mudança de tonalidade na casca de verde-escuro para verde-clara, onde foi mensurado o peso dos cachos.

Foi realizado o teste de Tukey a 0,05 para verificar se há diferença significativa na energia acumulada entre os ciclos.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na figura 2 estão representados os resultados da evolução diária da radiação solar no topo da atmosfera (Q_o) e Global (Q_g) em função do tempo para Registro/SP, durante o período de outubro de 2010 a setembro de 2014.

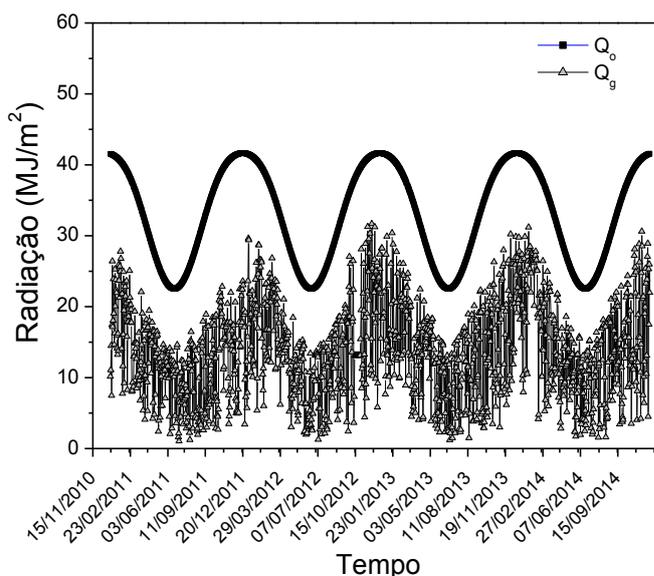


Figura 2: Evolução diária da radiação solar no topo da atmosfera (Q_o) e Global (Q_g) em função do tempo para Registro/SP, no período de outubro de 2010 a setembro de 2014.

As radiações solares Q_o e Q_g apresentaram sazonalidades características devido à declinação solar, e no caso específico da radiação solar global, devido à presença de nuvens e aerossóis na atmosfera. Os maiores e menores valores de radiação Q_o foram por volta de $41,6\text{MJ/m}^2$ e $22,5\text{MJ/m}^2$ e ocorreram no verão e no inverno, respectivamente, enquanto que para Q_g o maior valor observado foi de $31,68\text{MJ/m}^2$. O valor médio observado foi de $13,87\text{MJ/m}^2$ em 28/11/2012 e o menor de $1,04\text{MJ/m}^2$ em 03/07/2011, com valor médio de $13,87\text{MJ/m}^2$.

Em geral Q_g seguiu a tendência de Q_o , contudo com ligeira atenuação nos meses do ano em que houve elevada nebulosidade e precipitação pluviométrica, como no caso dos períodos de julho de 2011; de agosto a dezembro de 2011; junho de 2012 e setembro de 2013, que segundo os critérios de cobertura de céu propostos por Escobedo et al., (2009), a condição de cobertura de céu foi nebulosa

Nota-se uma baixa transmissividade atmosférica da radiação solar global nestes meses específicos, principalmente devido à maior absorção da radiação solar infravermelha pela elevada concentração de vapor de água da atmosfera.

Na figura 3 é representada a correlação entre a altura (média de 10 plantas) das bananeiras *Musa sp.* (AAA) cv. Prata e *Musa sp.* (AAB) cv. Grande Naine e a Radiação Solar Global Acumulada em MJ/m^2 , para os três ciclos de produção. A figura também mostra as equações polinomiais de estimativa da altura em função da radiação solar global acumulada.

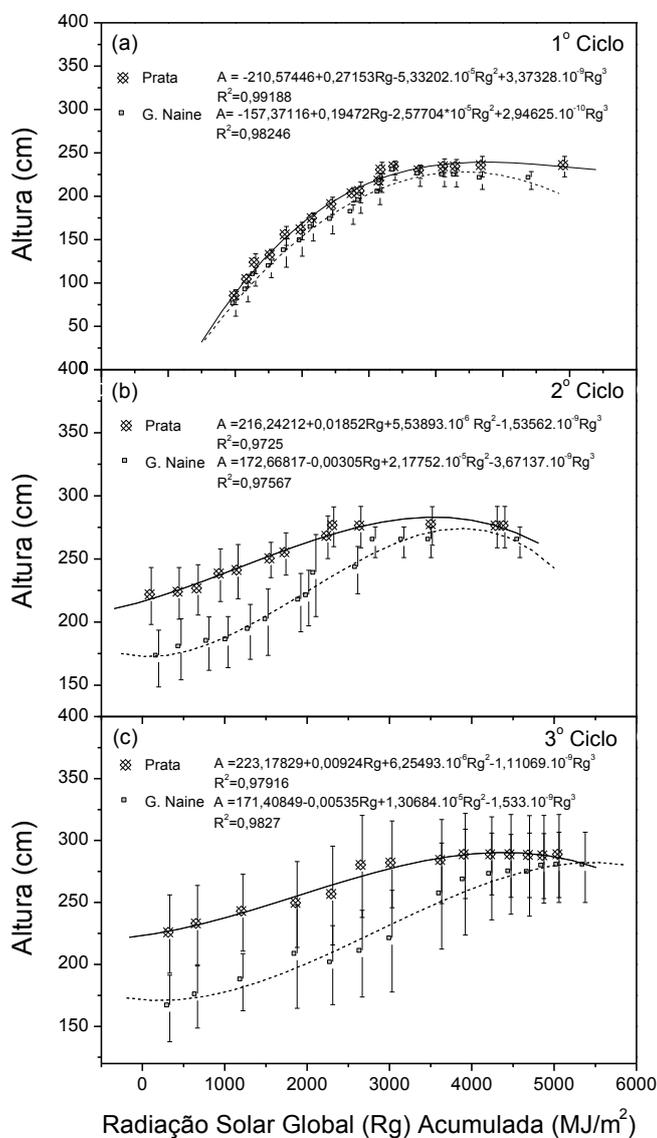


Figura 3: Correlação entre a altura (média de 10 plantas) das bananeiras *Musa sp.* (AAA) cv. Prata e *Musa sp.* (AAB) cv. Grande Naine e a Radiação Solar Global Acumulada em MJ/m^2 , para os três ciclos de produção e respectivos modelos ajustados.

Em todas as amostragens, a cv. Prata foi mais alta que a Grande Naine, finalizando o primeiro ciclo (Figura 3a) com alturas de 236 cm e 220 cm, respectivamente. Na média, as plantas da cv. Prata foram 13,4cm maiores que a cv. Grande Naine. O florescimento simultâneo das plantas foi observado na coleta do dia 20/03/2012, época em que as plantas estabilizaram seu crescimento, acumulando até então por volta de 3346 MJ/m² de radiação solar global.

Do florescimento à colheita, as plantas no primeiro ciclo da cv. Prata necessitaram de 169 dias, acumulando por volta de 1831MJ/m², enquanto que as plantas da cv. Grande Naine necessitaram de 139 dias, acumulando 1458 MJ/m², respectivamente. A temperatura média do período foi de 19,7°C, com temperatura mínima atingindo 6,2°C.

Bugauld et al. (2007, 2009) também observaram a necessidade de acumulação de radiação entre 1302MJ/m² no período quente e seco e a 1785 MJ/m² no período frio e úmido em diferentes regiões e épocas da Martinica, no Caribe.

Considerando a temperatura basal de 14°C (GANRY y MEYER, 1975), do plantio ao florescimento, o número de dias em que as plantas foram submetidas a temperatura inferior a basal foi de 43 dias para a cv. Prata e de 50 dias para a cv. Grande Naine, o que pode estar relacionado com maiores valores de radiação acumulada, uma vez que abaixo da temperatura basal a planta cessa seu crescimento. Vale salientar que trata-se do primeiro ciclo de produção, que em geral é mais demorado que os demais (DOOREMBOS y KASSAM, 1984).

As plantas da cv. Grande Naine atingiram a maturação dos frutos 30 dias antes da Prata. A colheita da Prata ocorreu dia 06/08/2012, acumulando no ciclo total por volta de 4803,6MJ/m², enquanto que a colheita da Grande Naine ocorreu no dia 05/09/2012, acumulando 5177,0MJ/m². Para completar o ciclo produtivo, a cv. Prata necessitou de 373,4MJ/m² a mais que a Grande Naine.

O segundo ciclo da cultura está apresentado na figura 3b que representa a correlação entre a altura (média de 10 plantas) das bananeiras *Musa* sp. (AAA) cv. Prata e *Musa* sp. (AAB) cv. Grande Naine em função da Radiação Solar Global Acumulada em MJ/m².

O acúmulo da radiação solar global se deu à partir do momento em que ocorreu a colheita do primeiro ciclo. Considerou-se o dia 05/09/2012 para *Musa* sp. (AAA) cv. Prata e o dia 06/08/2012 para *Musa* sp. (AAB) cv. Grande Naine.

Da mesma forma que no primeiro ciclo, em todas as amostragens do segundo ciclo, a cv. Prata foi mais alta que a Grande Naine, finalizando o ciclo com alturas médias de 276 cm e 264 cm, respectivamente, necessitando de 432 dias e 402 dias, respectivamente.

Na média, as plantas da cv. Prata foram 34cm maiores que a cv. Grande Naine. Houve um aumento na altura das plantas no segundo ciclo em relação ao primeiro. A plantas da cv. Prata foram 40cm maiores, enquanto que as plantas da cv. Grande Naine foram 44cm maiores.

O florescimento das plantas não foi simultâneo, mas em geral ocorreu por volta do dia 21/01/2013 para a cv. Prata e 19/02/2013 para a cv. Grande Naine, época em que as plantas estabilizaram seu crescimento.

Da primeira colheita até o florescimento das plantas no segundo ciclo da cv. Prata necessitou-se de 138 dias, acumulando 2343MJ/m² de radiação solar global. Já a cv. Grande Naine necessitou de 197 dias, acumulando 3204MJ/m² de radiação solar global.

Do florescimento à colheita, as plantas no segundo ciclo da cv. Prata necessitaram entre 106 a 196 dias, acumulando entre 1648,8MJ/m² e 2491,8MJ/m², respectivamente, enquanto que as plantas da cv. Grande Naine necessitaram de 77 a 167 dias, acumulando entre 1146,6MJ/m² a 1989,0MJ/m², respectivamente.

As colheitas das cvs Prata e Grande Naine ocorreram entre 07/05/2013 e 05/08/2013, acumulando no ciclo total entre 3961,6MJ/m² e 4804MJ/m² para a cv. Prata e entre 4329,6MJ/m² e 5172MJ/m² para a cv. Grande Naine.

O terceiro ciclo da cultura está apresentado na figura 3c. O acúmulo da radiação solar global se deu à partir do momento em que ocorreu a colheita do segundo ciclo. Considerou-se o dia 09/06/2013 para *Musa* sp. (AAA) cv. Prata e o dia 23/06/2013 para *Musa* sp. (AAB) cv. Grande Naine. Da mesma forma que nos demais ciclos, em todas as amostragens, a cv. Prata foi mais alta que a Grande Naine, finalizando o ciclo com alturas médias de 289 cm e 280 cm, respectivamente. Na média, as plantas da cv. Prata foram 9cm maiores que a cv. Grande Naine. Houve um aumento na altura das plantas no terceiro ciclo em relação aos demais ciclos. A plantas da cv. Prata foram 13cm maiores, enquanto que as plantas da cv. Grande Naine foram 16cm maiores.

O florescimento das plantas não foi simultâneo, mas em geral ocorreu por volta do dia 26/12/2013 para a cv. Prata e 20/02/2014 para a cv. Grande Naine, época em que as plantas estabilizaram seu crescimento. Da segunda colheita até o florescimento das plantas no terceiro ciclo a cv. Prata necessitou-se de 200 dias, acumulando 2569,3MJ/m² de radiação solar global. Já a cv. Grande Naine necessitou de 242 dias, acumulando 3797MJ/m² de radiação solar global. Do florescimento à colheita, as plantas no segundo ciclo da cv. Prata necessitaram entre 107 a 145 dias, acumulando entre 2060,6MJ/m² e 2494,4MJ/m², respectivamente, enquanto que as plantas da cv. Grande Naine necessitaram de 51 a 92 dias, acumulando entre 754,7,6MJ/m² a 1292,2MJ/m², respectivamente. No terceiro ciclo as colheitas das cvs Prata e Grande Naine ocorreram entre 12/04/2014 e 20/05/2014, acumulando no ciclo total entre 4602MJ/m² e 5036,8MJ/m² para a cv. Prata e entre 4577MJ/m² e 5040,3MJ/m² para a cv. Grande Naine, necessitando entre 307 e 345 dias para a cv Prata e 293 a 334 dias para a cv. Nanica.

Com relação à colheita, as plantas do primeiro ciclo da c.v. Prata obtiveram peso de cachos reduzidos devido ao fato de se tratar do primeiro ciclo de produção da cultura, que demora mais tempo para se adaptar e produzir adequadamente (DOORENBOS y KASSAM, 1984).

Não houve diferença significativa no teste de Tukey a 0,05 para a energia acumulada em cada ciclo para cada cultivar, com média geral de 3201,6MJ/m² para a cv. Prata e de 3195,2 MJ/m² para a cv. Nanica.

O peso dos cachos das plantas da cv. Prata entre ciclos variaram de 9,7Kg a 17,4Kg, enquanto que as plantas da cv. Grande Naine variaram entre 13,4Kg e 31,2Kg, sendo que no segundo ciclo da cultura obteve-se maiores valores de peso de cacho para ambas as cvs, com a Prata atingindo até 27,92 Kg e a variedade Grande Naine até 54,38 Kg, e no terceiro ciclo houve uma redução de produtividade em relação ao segundo ciclo devido às restrições hídricas do período, atingindo uma média de 16,4 Kg para a cv. Prata e 13,4Kg para a Grande Naine.

CONCLUSÕES

A radiação solar global na superfície terrestre na área experimental apresentou elevada atenuação. A cobertura de céu predominante no período experimental foi parcialmente nublada tendendo a nublada ocasionando um alongamento do ciclo produtivo, e em geral verificou-se que houve um aumento de 30 dias por ciclo no desenvolvimento da cultura.

Houve elevada correlação entre a radiação global e altura das plantas ao longo dos 3 ciclos produtivos, com equações ajustadas apresentando elevadas R² em todos os ajustes, sendo que o ciclo total de produção da cv. Prata para o ciclo 1 necessitou de 5,18 GJ/m² e da Grande Naine 4,08 GJ/m², enquanto que para o ciclo 2 necessitou de 3,96 GJ/m² a 4,80GJ/m² para a cv. Prata e entre 4,33GJ/m² a 5,17GJ/m² para a Grande Naine e no ciclo 3 de 4,60GJ/m² a 5,0GJ/m² para a cv. Prata e entre 4,60GJ/m² a 5,04GJ/m² para a Grande Naine.

Não houve diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% no acumulado energético entre os ciclos, o que indica ocorrer uma constante energética no ciclo de desenvolvimento de cada cultivar de banana avaliado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUGAULD, C. et al. (2007) Climatic conditions affect the texture and colour of Cavendish bananas (Grande Naine cv.). *Science Horticulturae*, v.113, n.3, p.238-243.
- BUGAULD, C. et al. (2009) Relative importance of location and period of banana bunch growth in carbohydrate content and mineral composition of fruit. *Fruits*, v.64, n.2, p.63-74.
- DOORENBOS y J. KASSAM, A.H. (1994) Efeito da água no rendimento das culturas. Irrigação e Drenagem 33 Campina Grande: UFPB: FAO, p.306.
- ESCOBEDO, J ; Gomes, E.N.; Oliveira, A.P.; Soares, J. (2009) Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. *Applied Energy*, v. 86, p. 299-309.
- GANRY, J.; MEYER, J.P. (1975) Recherche d'une loi d'action de la temperature sur la croissance des fruits du bananier. *Fruits*, v.30, n.6, p.375-392,
- LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA (LSPA), 2015. Rio de Janeiro, p. 1-83,.

MESQUITA, C.B et al. (2016) Characterization of banana starches obtained from cultivars grown in Brazil. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 89, p. 1-8.

OLIVEIRA, T.K. et al. (2008) Características agronômicas de genótipos de bananeira em três ciclos de produção em Rio Branco, AC. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.8, p.1003-1010.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. (2002) *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária,. 478 p.

ROBINSON, J. C.(2010) *Bananas and plantains*, CABI, 238p.

SOTO BALLESTERO, M. (2000) *Bananos: cultivo y comercialización*. 2. ed. San José: Litografía e Imprensa LIL, 674p.

TURNER, D. W. Bananas and plantains. (1994) In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). *Handbook of environmental physiology of fruit crops: sub-tropical and tropical crops*. Boca Raton : CRC, v. 2, p. 37-64.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à Fapesp pelo auxílio (**Proc. 2012/14182-0**), e ao CIIAGRO pela disponibilização do banco de dados meteorológicos.

**RELATIONSHIP BETWEEN PLANT HEIGHT AS A FUNCTION OF THE
ACCUMULATED SOLAR RADIATION FOR TWO CULTIVARS OF *MUSA* SP IN THREE
PRODUCTION CYCLES IN REGISTRO/SP/BRAZIL**

Abstract: Banana production is one of the major global agricultural activities. There is a strong relationship between the growth and development of plants with the accumulated solar radiation. This study aimed to relate the available solar radiation on the earth's surface with plant height during 3 production cycles. The study was conducted at UNESP Campus Experimental de Registro /SP/Brazil, during the crop years 2011 to 2013. We used the banana cultivars Prata and Grande Naine. The global solar radiation was provided by the Centro Integrado de Informação Meteorológica (CIIAGRO). The results showed that plants needs 3,96GJ/m² to 5,2GJ/m² at productive cycles and averaged heights 267,2cm and 255.6 for Prata and Grande Naine, respectively.

Keywords: Solar radiation, Banana, Ribeira Valley.