

**DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA BASE
E COEFICIENTES DE CULTURA DE DUAS
CULTIVARES DE CAFEIEIRO ARÁBICA EM
FASE INICIAL DE PRODUÇÃO**

DÉBORA CANDEIAS MARQUES DE MOURA

2009

DÉBORA CANDEIAS MARQUES DE MOURA

**DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA BASE E COEFICIENTES DE
CULTURA DE DUAS CULTIVARES DE CAFEIEIRO ARÁBICA EM
FASE INICIAL DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Ph.D. Elio Lemos da Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos
da
Biblioteca Central da UFLA**

Moura, Débora Candeias Marques de.

Determinação da temperatura base e coeficientes de cultura de
duas cultivares de cafeeiro arábica em fase inicial de produção /
Débora Candeias Marques de Moura. – Lavras : UFLA, 2009.
163 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Elio Lemos da Silva.
Bibliografia.

1. Cafeeiro arábica. 2. Graus-dia de desenvolvimento. 3.
Temperatura base. 4. Irrigação localizada. I. Universidade Federal
de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7387

DÉBORA CANDEIAS MARQUES DE MOURA

**DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA BASE E COEFICIENTES DE
CULTURA DE DUAS CULTIVARES DE CAFEEIRO ARÁBICA EM
FASE INICIAL DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 20 de outubro de 2009

Prof. Dr. Daniel Fonseca de Carvalho	UFRRJ
Prof. Dr. José Donizete Alves	UFLA
Prof. Ph.D. Alberto Colombo	UFLA
Prof. Dr. Antônio Augusto Aguilar Dantas	UFLA

Prof. Ph.D. Elio Lemos da Sila
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

*A Deus,
pelo milagre da vida e por estar sempre presente em meu caminho,*

AGRADEÇO.

*Ao meu marido,
Alexandre Pinho de Moura,
pela sua amizade, amor, carinho, companheirismo, compreensão, dedicação e
paciência durante toda essa jornada,*

DEDICO.

*A minha mãe, Ema Candeias, pelo seu amor, dedicação e ensinamentos; ao meu
irmão, Márcio Candeias, pela amizade, amor e companheirismo; aos meus
sogros, Lourival Alves de Moura (in Memoriam) e Elvira Pinho de Moura, pelo
amor e apoio, aos meus cunhados Elineudo, Cristiano e Billy Anderson, pela
amizade e convivência; a minha cunhada, Joana D'arc, pela amizade e
companheirismo,*

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade concedida para a realização do Doutorado em Engenharia Agrícola.

À Fundação de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig), pela concessão da bolsa de estudos e pesquisa.

Ao Prof. Ph.D. Elio Lemos da Silva, pela orientação, paciência, amizade, dedicação e ensinamentos, que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e o meu crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Luis Antonio Augusto Gomes, do Departamento de Agricultura, pelos valiosos ensinamentos, paciência e amizade no exame de qualificação.

À Profa. Dra. Fátima Conceição Resende, que sempre tão prontamente se dispôs a ajudar, pelos seus ensinamentos, críticas e sugestões.

Ao Prof. Ph.D. Alberto Colombo, pelos seus ensinamentos, paciência e amizade.

A todos os professores do Departamento de Engenharia da UFLA com os quais convivi durante a Pós-Graduação, pelos ensinamentos transmitidos, pelos conselhos e amizade.

À ex-secretária de Pós-Graduação, Ana Daniela, pelas conversas e amizade e à secretária de Pós-Graduação, Greice, pela prestatividade.

Ao técnico José Luiz, do Laboratório de Hidráulica, pela amizade e auxílio na condução do experimento.

Aos professores do Departamento de Engenharia da UFRRJ, Jorge Luiz Pimenta Mello, Leonardo Batista Duarte da Silva e Daniel Fonseca de Carvalho, pelos ensinamentos.

Às secretárias Rosana Melo e Lídia Jacintho, pelo apoio durante o período que lecionei na UFRRJ.

Ao amigo e marido, Alexandre, pela amizade, pelas palavras de conforto e de coragem, sempre me incentivando e pela ajuda no experimento de campo.

À amiga Leda Cavalcanti e família, pelas palavras de conforto e pela amizade.

Às amigas Josie e Fabiana, por me ajudarem em momentos tão difíceis e delicados da minha vida.

À amiga Valéria Fonseca Moscardini, pela conversa e risadas, bem como aos seus familiares, pelo carinhoso acolhimento em seu lar.

Aos amigos Luiz Carlos Dias Rocha e Ana Cláudia Silva Rocha, pela amizade, companheirismo e convivência, bem como às suas filhas Gabriella e Iara, pela sua alegria e sorrisos.

Aos amigos Samuel Beskow, Daniele Ferreira e à pequena Nathalie, pela acolhida em seu lar, bem como os momentos de alegria compartilhados.

Aos amigos Moisés Santiago e Renato Antônio, companheiros de experimento, pela convivência e amizade.

Aos colegas do Departamento de Engenharia, Eduardo Vieira, Carlinhos, Carla, Marcus Vinícius, Juliana, Ednaldo, Lessando (Teko), Natalino, Giuliane Prado e Leonardo Lopes, pela amizade.

Aos amigos Isa, Neide, Sílvia, Renata, Renato, Mário, Luís Escobar, Cláudio, Gláucio, Cezar, Rita, Michele, Aline Pinto, Aline, André, Deisy, Tereza, Catarina, Geni, Roseli, Rita Maria, Tânia, Maria Geni, Luís Fernando, Alzira, Alfredo, Carla Klautau, Sônia, Hélio, Carlos, Wanda, Antônio, Fátima, Paula, Rodrigo, Margarete e Jussara, pelas palavras de conforto e de coragem.

Ao Prof. Rodrigo Castro e aos novos amigos Carla, Viviane, Igor, Tábata, Leandro e Marcelly, do curso de inglês.

Em especial ao amigo José Klautau, por não deixar que eu desistisse e me incentivar muito para o término deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para o êxito deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 A cultura do café.....	3
2.2 Necessidades hídricas do cafeeiro	5
2.3 Coeficiente de cultura (Kc).....	7
2.4 Balanço hídrico do solo	9
2.5 Temperatura base	12
2.6 Graus-dia de desenvolvimento.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização do experimento	18
3.2 Clima.....	18
3.3 Tratos culturais	18
3.4 Caracterização da área experimental	19
3.5 Caracterização física do solo	21
3.6 Manejo da irrigação	22
3.7 Determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD).....	25
3.7.1 Método do menor desvio padrão, em dias.	25
3.7.2 Método descrito por Ometto (1981)	26
3.7.3 Método descrito por Snyder (1985).....	30
3.7.4 Método descrito por Dufault (1997)	32
3.8 Determinação de Temperatura base.....	33
3.8.1 Método do menor desvio padrão, em graus-dia (SDgd)	33
3.8.2 Método do menor desvio padrão, em dias (SDd)	34

3.8.3 Método do coeficiente de variação, em graus-dia (CVgd)	35
3.8.4 Método do coeficiente de regressão (Re).....	36
3.8.5 Método descrito por Ometto (1981)	37
3.8.5.1 Temperatura base inferior (Tb).....	38
3.8.5.2 Temperatura base superior (TB).....	38
3.9 Balanço hídrico do solo	42
3.9.1 Precipitação (P).....	44
3.9.2 Irrigação (I).....	44
3.9.3 Deflúvio superficial (S)	44
3.9.4 Drenagem interna ou ascensão capilar (D)	45
3.9.5 Evapotranspiração da cultura (ET _c)	46
3.9.6 Variação de armazenamento de água no solo (ΔA)	46
3.9.6.1 Calibração do ‘Profile Probe’	47
3.10 Evapotranspiração de referência (ET ₀)	48
3.11 Coeficiente de cultura (Kc).....	49
3.12 Parâmetros agronômicos.....	49
3.13 Análise estatística	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1 Resultados meteorológicos	52
4.2 Uniformidade de aplicação de água.....	53
4.3 Manejo de irrigação	54
4.4 Temperatura base.....	57
4.5 Graus-dia de desenvolvimento.....	58
4.6 Evapotranspiração de referência (ET ₀)	62
4.7 Evapotranspiração da cultura (ET _c).....	65
4.8 Coeficiente de cultura (Kc).....	68
4.9 Crescimento vegetativo.....	84
5 CONCLUSÕES	152

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
-----------------------------------	-----

RESUMO

MOURA, Débora Candeias Marques de. **Determinação da temperatura base e coeficientes de cultura de duas cultivares de cafeeiro arábica em fase inicial de produção**. 2009. 163p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

A utilização da irrigação tem se tornando cada vez mais frequente na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). No auxílio da determinação da lâmina de irrigação a ser aplicada, é comum a utilização de coeficiente da cultura (Kc), que deve ser determinado para cada fase de desenvolvimento da cultura. Este coeficiente é influenciado por características biológicas da cultura e pelas condições climáticas. A utilização de graus-dia (GD), que consistem no acúmulo das temperaturas diárias, caracteriza melhor e com maior precisão a duração das fases fenológicas das plantas cultivadas. Tendo em vista o exposto e a importância econômica da cultura do cafeeiro, este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar as temperaturas base inferior e superior de duas cultivares de cafeeiro arábica, associando os graus-dia acumulados com Kc e com o crescimento vegetativo da cultura na fase inicial de produção. O presente estudo foi desenvolvido no campus da UFLA, utilizando sistema de irrigação localizada. As cultivares utilizadas no estudo foram Acaia Cerrado e Rubi. Para a determinação das temperaturas base inferior (Tb) e superior (TB) foram utilizadas as metodologias de Ometto, coeficiente de regressão (Re), coeficiente de variação, em graus-dia (CVgd), desvio padrão, em graus-dia (SDgd) e desvio padrão, em dias (SDd). Na determinação da variável graus-dia de desenvolvimento (GDD), foram utilizadas as metodologias descritas por Ometto, Snyder e Dufault, bem como a Residual. Os resultados encontrados para a Tb foram de 7,9°C para Ometto, 12,6°C pelo Re, 12,9°C pelo CVgd, 14,6°C pelo SDgd e 16,8°C pelo SDd, e de 33,7°C para a TB pelo método de Ometto. O GDD determinado pelo método Residual apresentou os maiores valores de somas térmicas. As curvas de Kc *versus* GDD geradas apresentaram bom ajuste. Em relação às características de crescimento vegetativo, a altura de planta não mostrou bom ajuste com a GDD. Os valores máximo, mínimo e médio de Kc foram de 1,3; 0,4 e 1,0, respectivamente. A temperatura base inferior, que apresenta os melhores ajustes para todas as variáveis estudadas (Kc e crescimento vegetativo), é de 12,9°C, para as cultivares Acaia Cerrado e Rubi. As características de diâmetro de caule, diâmetro de copa e crescimento do ramo plagiotrópico têm bom ajuste com a variável GDD.

¹ Orientador: Elio Lemos da Silva – UFLA.

ABSTRACT

MOURA, Débora Candeias Marques de. **Determination of the base temperature and crop coefficients of two varieties of Arabic Coffee plants in initial production stage**. 2009. 163p. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

The use of irrigation has become increasingly common in coffee crop (*Coffea arabica* L.). In the determination of water depth to be applied is common the use of crop coefficient (Kc), which must be determined for each developmental stage of crop. This coefficient is influenced by both biological traits of the crop and climatic conditions. Utilization of degree-days (DD), which means the accumulation of daily temperatures, is a better and more accurated way to determine the length of phenological stages of the crops. According to the reported before and the importance of the coffee crop, this work aimed determine both the lower and upper base temperatures of two Arabic coffee varieties, associating accumulated degree-days with both Kc and with plant growth during the early production stage of the crop. This study was carried out in the “Universidade Federal de Lavras – UFLA”, using a trickle irrigation system. The coffee plants varieties used in the study were ‘Acaia Cerrado’ and ‘Rubi’. For determining both the lower (Tb) and upper (TB) base temperatures the following methodologies were used: Ometto, Regression coefficient (Re), Coefficient of Variation in degree-days (CVgd), Standard Deviation in degree-days (SDgd), and Standard Deviation in days (SDd). For the determination the variable growing degree-days (GDD) the Residual Method, as well as methodologies described by Ometto, Snyder and Dufault were used. The results found for Tb were the following: 7.9 °C for Ometto, 12.6 °C for Re, 12.9 °C for CVgd, 14.6 °C for SDgd, and 16.8 °C for SDd; using the Ometto Method, the TB found was 33.7°C. The growing degree-days (GDD) determined by Residual Method presented the highest heat units. Kc curves *versus* GDD for coffee crop presented a good fit. Regarding the plant growing traits, the plant height showed good fit with GDD. Values of 1.3, 0.4 and 1.0 were found, for Kc maximum, minimum and mean, respectively. The lower base temperature which presents the best fit for all studied variables (Kc and plant growth) is 12.9 °C for both ‘Acaia Cerrado’ and ‘Rubi’ varieties. The following traits had a good fit with GDD: stem diameter, crown diameter, and growth of reproductive branches.

¹ Adviser: Elio Lemos da Silva – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A utilização da irrigação vem se tornando cada vez mais frequente na cultura do café (*Coffea arabica* L.). Contudo, a técnica da irrigação necessita de um programa eficiente de pesquisa e desenvolvimento para dar suporte às necessidades do campo. Hoje, a irrigação deve envolver não só a produtividade e a rentabilidade, mas também o uso eficiente da água, da energia e de insumos, sempre respeitando o meio ambiente (Zambolim, 2004).

Para que não haja desperdício de água e ocorra um manejo adequado é necessário conhecer a quantidade e o momento de aplicar água. No auxílio da determinação da lâmina a ser aplicada é comum a utilização de coeficiente da cultura (Kc), que deve ser determinado para cada fase de desenvolvimento da cultura. Este coeficiente é influenciado por características biológicas da cultura e pelas condições climáticas.

Na cafeicultura, o conhecimento dos efeitos dos elementos climáticos no desenvolvimento fenológico da cultura tem grande aplicação nas práticas de manejo (Pezzopane et al., 2003). Dentre os elementos climáticos, destaca-se a temperatura do ar, que atua na duração do ciclo reprodutivo, condicionando a época de colheita (Pezzopane et al., 2008). Portanto, caracterizar as exigências térmicas das cultivares de café arábica para completar o ciclo fenológico, com o uso do conceito de graus-dia, pode ser importante no manejo da irrigação (Petek et al., 2009).

A utilização de graus-dia (GD), que consiste no acúmulo das temperaturas diárias, caracteriza melhor e com maior precisão a duração das fases fenológicas das plantas cultivadas. Entretanto, cada espécie vegetal possui uma temperatura base inferior e superior, abaixo ou acima da qual seu desenvolvimento fica comprometido (Pezzopane et al., 2008).

Os graus-dia representam uma acumulação aritmética da temperatura média diária acima de certa temperatura, na qual a planta inicia seu crescimento e desenvolvimento. Gilmore & Rogers (1958) sugerem que, no cálculo de graus-dia, deve-se considerar uma temperatura final de crescimento (temperatura base superior), do mesmo modo que se considera a temperatura base inferior, para eliminar os efeitos prejudiciais das baixas e das altas temperaturas.

Para que se possa estabelecer o grau-dia que manifesta a interação clima-planta e associá-lo ao momento e à lâmina de irrigação, é necessário, primeiramente, adoção das exigências do cafeeiro quanto às temperaturas mínima e máxima, por estarem relacionadas ao seu normal consumo de água, sendo fatores determinantes para o crescimento e o desenvolvimento da planta (Ribeiro et al., 2009).

Para a cultura do cafeeiro, por se tratar de uma cultura perene são poucos os trabalhos encontrados na literatura que associem o acúmulo de graus-dia ao Kc e ao crescimento vegetativo da cultura. Dentre eles podem-se citar os trabalhos realizados por Coelho (2004), Silva (2006) e Ribeiro (2006). Com a determinação da temperatura base pode-se citar o trabalho desenvolvido por Lima (2006) na fase de implantação da cultura do cafeeiro.

Tendo em vista o exposto acima e a importância econômica da cultura, este trabalho teve por objetivo determinar as temperaturas base inferior e superior de duas cultivares de cafeeiro arábica, associando os graus-dia acumulados com Kc, e com o crescimento vegetativo na fase inicial de produção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do café

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é originário das regiões montanhosas da Etiópia Central, onde vegeta naturalmente entre 1.000 a 2.500 m de altitude, sob temperaturas médias anuais de 19°C a 27°C e pluviosidade que chega a 3.800 mm anuais (Krug, 1959; Le Pelley, 1968; Clifford & Wilson, 1985). Entretanto, Carvajal (1984) comenta que o cafeeiro pode ser cultivado em condições ecológicas variadas, com altitudes variando de poucos metros acima do nível do mar até 2.000 metros e nos tipos mais variados de solo e clima. Também é cultivado em condições desde muito secas, como no Iêmen, até muito úmidas, com precipitações pluviométricas superiores a 5.000 mm anuais, como na Índia. O autor ainda ressalta que a chuva em excesso proporciona efeitos negativos na produtividade e que valores superiores a 3.000 mm anuais são considerados não apropriados para a condução econômica dos cafezais.

A cultura do café foi introduzida no Brasil no século XVIII, inicialmente nos estados do Pará e Maranhão e, por volta de 1760, foi levada para o Rio de Janeiro e, posteriormente, São Paulo e Minas Gerais, onde encontrou condições favoráveis para o cultivo. Tem grande importância econômica e social, seja como um dos principais produtos na pauta nacional de exportação, como também pela geração de milhões de empregos, diretos e indiretos (Silva, 2004).

Desde sua descoberta, o cafeeiro tem se mostrado como um produto de fundamental importância na economia e na vida dos povos que o cultivam. Mundialmente, cerca de US\$ 55 bilhões são gerados anualmente por meio do complexo agroindustrial do café. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial, detendo aproximadamente 30% da produção mundial, sendo o estado de Minas Gerais responsável por cerca de 50% do café produzido no país (Nogueira, 2003; Prado & Nascimento, 2003; Agriannual, 2009).

A irrigação no cafeeiro é relativamente recente no Brasil. Mas, em virtude do rápido crescimento da irrigação, tem se tornado necessária a condução de pesquisas visando quantificar a adoção dos melhores sistemas associados à necessidade de água para a cultura, no decorrer de suas fases fenológicas (Faria & Rezende, 1997). O gerenciamento da irrigação evita o uso excessivo de água, que aumenta as perdas de nutrientes no solo, além de aumentar o custo de produção com gasto de água (que em alguns casos já é cobrada) e energia elétrica (van Raij et al., 2004).

Desde a década de 1940, a irrigação no cafeeiro é estudada no Instituto Agrônômico de Campinas (Arruda & Grande, 2003). Contudo, por muito tempo, o custo elevado dos equipamentos e a falta de informações sobre o manejo adequado da irrigação para o cafeeiro impossibilitaram obter na prática o sucesso observado experimentalmente. No entanto, em virtude da evolução dos equipamentos e do próprio conhecimento sobre o manejo da água na cultura, a cafeicultura está em fase de expansão, mesmo em áreas antes consideradas marginais ou inadequadas para a cultura, tanto para *C. arabica* como para *Coffea canephora* Pierre.

De acordo com Mudrik et al. (2003), citado por Ribeiro (2006), para que a cafeicultura irrigada brasileira continue sua expansão é fundamental que sejam adotadas técnicas que visem o aumento da produtividade das lavouras, sem que isso acarrete gastos excessivos de água, energia e outros insumos.

Para Santinato & Fernandes (2000a) e van Raij et al. (2004), as regiões nordeste de Minas Gerais, leste de Goiás, leste de Mato Grosso e oeste da Bahia constituem as novas fronteiras da cafeicultura, favorecidas pela tecnologia da irrigação associada às temperaturas mais elevadas que as existentes em regiões tradicionais, proporcionando ganhos vegetativos e produtivos.

Quanto à irrigação, tem havido uma evolução nos sistemas, desde 1946, com o método por sulcos, passando por aspersão convencional, canhão

autopropelido e, finalmente, tubos perfurados a laser, pivôs e gotejamento. Em irrigação localizada, têm sido utilizados os gotejadores autocompensantes e antidrenantes, que permitem um sistema altamente eficiente na distribuição de água com custos menores (Santinato & Fernandes, 2000a).

A irrigação do cafeeiro tem sido realizada, preferencialmente, com uso de sistemas pressurizados por aspersão ou localizada (Soares et al., 2001). Porém, em sistemas de irrigação localizada, ocorre economia de água, uma vez que o mesmo promove o molhamento apenas da região próxima à planta, favorecendo a obtenção de maior eficiência de aplicação.

2.2 Necessidades hídricas do cafeeiro

Na maior parte do seu ciclo fenológico, o cafeeiro necessita de alta disponibilidade de água no solo para o seu bom desenvolvimento (Santinato et al., 1996). Nas regiões produtoras, como as chuvas geralmente se concentram no período de novembro a fevereiro, coincidindo com a fase de expansão dos grãos, a aplicação de água por meio artificial se torna necessária nas demais épocas do ano e fases de desenvolvimento (Karasawa et al., 2002). Nazareno (2002) comenta que a irrigação do cafeeiro tem ganhado importância principalmente em áreas com estação seca bem definida, como é o caso do cerrado brasileiro. Onde ocorre insuficiente disponibilidade hídrica, a cultura do cafeeiro requer o uso da irrigação para diminuir ou eliminar as deficiências hídricas observadas nas suas fases críticas (Silva et al., 2000).

A base para identificar regiões cafeeiras com necessidade de irrigação foi definida pelo zoneamento agroclimático feito em 1970, pelo pesquisador Ângelo Paes de Camargo (IAC/IBC). É utilizado o balanço hídrico climatológico, que constitui o sistema contábil de monitoramento de água no solo. Nessa contabilidade, são fornecidos dados de precipitação e de demanda

atmosférica de vapor d'água (evapotranspiração), para serem estimados valores da evapotranspiração real, da deficiência, do excedente e do armazenamento de água no solo (Santinato & Fernandes, 2000b).

As regiões climaticamente aptas para a cafeicultura no Brasil foram delimitadas com base nos fatores térmico e hídrico predominantes nas áreas de origem dos cafeeiros arábica e robusta. Camargo (1985) e Silva et al. (2000) comentam que, para o fator térmico, as temperaturas médias anuais (Tma), são classificadas como: apta, ideal e inapta, considerando $18^{\circ}\leq Tma\leq 23^{\circ}\text{C}$, $19^{\circ}\leq Tma\leq 22^{\circ}\text{C}$ e $Tma<18^{\circ}\text{C}$ e $Tma>23^{\circ}\text{C}$, respectivamente; quanto ao déficit hídrico anual (dha), têm-se apta sem irrigação, apta com irrigação ocasional, apta com irrigação suplementar e apta com irrigação obrigatória, correspondendo aos valores de $dha<100\text{ mm}$, $100\text{ mm}\leq dha\leq 150\text{ mm}$, $150\text{ mm}<dha\leq 200\text{ mm}$ e $dha>200\text{ mm}$.

Segundo Camargo (1987), nas condições da região centro-sul, o déficit hídrico da cultura do café, na fase de chumbinho (outubro a dezembro), atrasa o crescimento dos frutos e reduz a produtividade. O tamanho final do grão cereja depende acentuadamente da precipitação ocorrida no período de 10 a 17 semanas após o florescimento, período este considerado de expansão rápida do fruto. A expansão celular que delimita o tamanho do fruto, que ocorre nesta fase, é sensível ao déficit hídrico (Rena & Maestri, 1987).

Matiello et al. (1995) observaram, no sul de Minas Gerais e no estado do Rio de Janeiro, no período de 1994/95, em cafeeiros das espécies arábica e canéfora, o abortamento de botões florais antes de sua abertura, após chuvas insuficientes de 3 a 8 mm. Essas chuvas provocaram o crescimento inicial dos botões, que não chegaram a abrir, secando em seguida. De acordo com Batistela Sobrinho et al. (1985), o abortamento da florada, englobando botões florais não abertos, flores abertas e secas e formação de “estrelinhas”, é um fenômeno típico e marcante de déficit hídrico elevado, atingindo valores superiores a 50%. Com

irrigação, diminui-se a porcentagem de abortamento de flores “estrelinhas” de 57% para menos de 5% ou, mesmo, a 0% segundo Rena & Maestri (1987) e Thomaziello et al. (1999).

Na fase de maturação e abotoação, de abril a junho, o déficit hídrico não afeta a maturação dos frutos já formados nem a produtividade do ano, mas prejudica o abotoamento e a frutificação do ano seguinte. Ocorrendo o déficit hídrico na fase de granação dos frutos, período compreendido entre janeiro e março, há indução de um maior percentual de grãos chochos. Quando o déficit hídrico ocorrer na fase de expansão e floração (chumbinho), haverá atraso no crescimento dos frutos, resultando em peneira baixa e reduzindo a produtividade. Já na fase de dormência dos botões florais, de julho a setembro, a deficiência hídrica pode ser até benéfica, pelo fato de condicionar um florescimento abundante após chuvas ou irrigações, no final da fase, resultando em frutificação e maturação uniformes na safra seguinte (Camargo, 1987).

Existe grande potencial de expansão da irrigação no Brasil em áreas tradicionais da cafeicultura de sequeiro, pois esta prática pode eliminar o déficit hídrico durante o ciclo da cultura ou em fases específicas. A irrigação suplementar pode, portanto, ser fator não só de produtividade, mas de qualidade final do produto. Em regiões com déficit hídrico anual superior a 150 mm, denominadas áreas marginais, e nas regiões em que este fator não é limitante mas que estão sujeitas à ocorrência de secas prolongadas nos períodos críticos, a irrigação é essencial para se obter elevada produtividade (Zambolim, 2004).

2.3 Coeficiente de cultura (Kc)

O coeficiente de cultura (Kc) é um parâmetro adimensional e representa a razão entre a evapotranspiração máxima da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ET₀) (Sediyama et al., 1998).

O coeficiente de cultura é determinado empiricamente e varia com a cultura, com o estágio de desenvolvimento, com o clima e as práticas agronômicas adotadas (Oliveira, 2003). Segundo Sedyama et al. (1998), citados por Sato et al. (2007), no decorrer do período vegetativo, o valor de Kc muda de acordo com o crescimento e os estádios de desenvolvimento da cultura, variando também com a fração de cobertura da superfície do solo pela vegetação. Para a maioria dos cultivos, o valor do coeficiente de cultura para o período total de crescimento está entre 0,85 e 0,9, sendo ligeiramente superior para a banana, o arroz, o café e o cacau, e um pouco inferior para o citros, a videira, o sisal e o abacaxi (Doorembos & Kassam, 1994; Bernardo et al., 2006).

Bernardo et al. (2006) comentam, ainda, que quanto maior for a demanda evapotranspirométrica local e ou quanto mais sensível for a planta ao déficit de água no solo, maior deverá ser o valor do coeficiente de cultura. O valor do Kc para o estágio inicial está relacionado, principalmente, com a evaporação da água do solo. Sendo assim, ele depende da demanda evapotranspirométrica e da umidade do solo local, ou seja, da frequência das irrigações ou chuvas.

Para a maioria das culturas, o valor de Kc sai de um valor mínimo na germinação até um valor máximo, quando a cultura atinge seu pleno desenvolvimento e decresce a partir do início da maturação (Oliveira, 2003), variando também com a fração de cobertura da superfície do solo pela vegetação à medida que as plantas envelhecem e atingem a maturação (Sedyama et al., 1998). Entretanto, o conceito de Kc tem sido utilizado extensivamente para estimar a necessidade real de água de uma cultura por meio de estimativas ou medições de ETc (Sato et al., 2007).

Com relação à cultura do café, Gutiérrez & Meinzer (1994) apresentaram Kc de 0,58 para cafeeiros com, aproximadamente, um ano de plantio e valores médios de 0,75 e 0,79, no período de dois a quatro anos de

idade. Para cafezais com manejo adequado e altura de 2 a 3 m, em clima subúmido, Allen et al. (1998) propuseram K_c entre 0,90 e 0,95, na ausência de plantas daninhas e de 1,05 a 1,10, na presença dessas, adotando a evapotranspiração de referência estimada pela equação de Penman-Monteith 56 (FAO). Arruda et al. (2000) obtiveram valores de K_c que variaram entre 0,73 e 0,75, nos primeiros anos de plantio e de 0,87 a 0,93, aos sete e aos oito anos, respectivamente.

Para cafeeiros recepados, os valores de K_c encontrados por Oliveira (2003) foram de 0,44 a 0,87, com média de 0,51, enquanto, em cafeeiros adultos, com 16 anos de idade, os valores de coeficiente de cultura variaram de 0,72 a 1,5, com valor médio de 0,97, para estudos conduzidos no período de junho a outubro na região de Lavras, MG. Coelho (2004) determinou valores de K_c entre 0,1 e 0,5 para cafeeiros 'Acaiá Cerrado' irrigados por gotejamento e com espaçamento de 3,5 m entre linhas de plantio e 0,8 m entre plantas na linha, no intervalo de 606°C e 2.673°C graus dia de desenvolvimento, equivalentes ao período entre 4 e 11 meses após o plantio, ou seja, período inicial de crescimento dos cafeeiros. Ribeiro (2006) encontrou valores médios de K_c entre 0,7 e 1,2, para um período correspondente a 3.932°C a 7.101°C GDD para o cafeeiro 'Acaiá Cerrado'.

2.4 Balanço hídrico do solo

O balanço hídrico de uma cultura agrícola é definido como a contabilização das entradas e saídas de água num dado volume de solo, durante certo período de tempo. O volume de solo considerado depende da cultura em estudo, pois deve abranger seu sistema radicular. Reichardt & Timm (2004) comentam que o volume de solo deve apresentar profundidade suficiente para incluir 95% ou mais do sistema radicular ativo. Dessa forma, considera-se como

limite superior deste volume a superfície do solo e, como limite inferior, a profundidade do sistema radicular da cultura (Libardi, 1999).

A entrada de água neste volume ocorre sob a forma de irrigação, precipitação e ascensão capilar, e a saída, sob a forma de evapotranspiração e drenagem profunda. A parcela da precipitação a ser contabilizada deve levar em conta um eventual escoamento superficial. O volume de controle é limitado, em sua face superior, pela superfície do solo e pela cobertura vegetal, e em sua face inferior, pela profundidade estabelecida para o sistema radicular da cultura (Lima, 2006). Do ponto de vista agrônômico, o balanço hídrico é fundamental, pois ele define as condições hídricas sob as quais uma cultura se desenvolveu (Reichardt & Timm, 2004).

Os primeiros estudos sobre o balanço de água no solo foram feitos por agrometeorologistas que, de posse de dados meteorológicos, calcularam balanços estimando a evapotranspiração por equações teórico-empíricas e assumindo a variação do armazenamento constante e independente do tipo de solo (Reichardt, 1985).

Uma das alternativas mais viáveis para os agricultores, pela sua simplicidade, é a utilização do balanço hídrico climatológico (Fernandes et al., 2000). Camargo (1989) observa que o modelo de quantificação de rega climático é baseado no balanço contábil entre a demanda de água (fundamentada na evapotranspiração potencial) e a disponibilidade hídrica no solo (baseada na capacidade de armazenamento de água facilmente disponível na zona radicular), além do suprimento de água fornecido pela irrigação ou pela precipitação pluvial. As únicas variáveis que o cafeicultor necessita determinar são: a precipitação, obtida em pluviômetros comuns; a temperatura média do período e o coeficiente de cultura para correção da evapotranspiração de referência, em função da porcentagem de cobertura do solo (Camargo, 1987).

Utilizando o método do balanço hídrico, para duas cultivares de café arábica na fase de maturação de frutos em Viçosa, MG, França Neto et al. (2001) encontraram evapotranspiração de $2,17 \text{ mm dia}^{-1}$, para o período de janeiro a junho de 2001, e valores de Kc variando de 0,49 a 0,60.

Alguns estudos foram realizados no intuito de estimar a demanda hídrica da cultura do cafeeiro em situações diversas. Também em Viçosa, MG, Antunes et al. (2000) realizaram estudos utilizando duas cultivares de cafeeiro arábica em formação, irrigadas por gotejamento e manejadas por meio de dois métodos diretos: lisimetria e balanço hídrico. Os autores encontraram evapotranspiração média da cultura no período mais quente de $1,45 \text{ mm dia}^{-1}$ e, no mais frio, de $1,05 \text{ mm dia}^{-1}$, com coeficientes de cultura de 0,35 e 0,40, para os mesmos períodos, respectivamente.

A determinação da umidade do solo, nos estudos de balanço hídrico real, pode ser feita com o equipamento 'Profile Probe'. O aparelho consiste de uma haste com aproximadamente 25 mm de diâmetro, contendo sensores eletrônicos (em forma de pares de anéis de aço inoxidável) localizados a 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 60 cm e 100 cm ao longo do seu comprimento. Para realizar uma leitura, o aparelho é inserido dentro de um tubo de acesso previamente instalado no perfil do solo. Estes tubos de parede fina, especialmente construídos, maximizam a penetração do campo eletromagnético no solo ao seu redor. Os sensores apresentam uma variação na leitura de $\pm 3\%$ e podem ser utilizados em todos os tipos de solo.

A leitura é facilmente convertida em umidade do solo utilizando o programa geral de calibração do solo, ou a sonda pode ser calibrada para solos específicos usando o aparelho 'ThetaProbe'. Quando utilizado juntamente com o aparelho 'Delta - T Moisture Meter HH2', o 'Profile Probe' torna-se um dispositivo portátil para a obtenção do valor da umidade do solo ao longo do seu perfil. Até seis sensores podem ser lidos simultaneamente pelo HH2 em menos

de um segundo, e as leituras são registradas e armazenadas e, posteriormente, transferidas para o computador (Delta-T Devices, 2001).

2.5 Temperatura base

A temperatura base é definida como a temperatura abaixo da qual a planta não se desenvolve e, se o fizer, em quantidade muito reduzida. Para Varejão-Silva (2000), a temperatura média do ar à superfície reflete de certa forma, a disponibilidade de energia às plantas, fato que tem incentivado vários estudiosos a investigar sua relação com a rapidez com que se completa o ciclo vegetativo das culturas. Em tais estudos, a temperatura mais baixa tolerada por uma planta, aquém da qual cessa o seu crescimento, é denominada de temperatura-limite inferior. Reciprocamente, a mais elevada temperatura é denominada como temperatura-limite superior. Acredita-se que cada cultivar possua temperaturas limites (superior e inferior) bem definidas (Brunini et al., 1976; Chang, 1968).

A complexidade das interações entre culturas e o ambiente pode afetar o crescimento e o desenvolvimento sob diferentes formas nos diversos estádios da cultura (Arruda et al., 1977). As oscilações meteorológicas ao longo do ciclo da cultura e as variações interanuais podem diminuir a produção ou, até mesmo, inibir o desenvolvimento da planta (Brunini, 1997).

Para cada espécie vegetal há uma temperatura base que pode ser variável em função do seu estágio fenológico. Sabe-se que o desenvolvimento e o crescimento vegetal são influenciados diretamente pelas condições ambientais, como temperatura do ar e do solo, fotoperíodo, radiação solar e precipitação pluvial, em termos de água disponível no solo. Dentre estes fatores, a temperatura do ar e a disponibilidade hídrica são preponderantes para a

sobrevivência e a adaptação de qualquer vegetal às distintas regiões agroclimáticas (Wutke et al., 2000).

A importância das condições meteorológicas durante o crescimento e o desenvolvimento da cultura do café é reconhecida por muitos pesquisadores especialistas nesta atividade agrícola. Entretanto, as características agroclimáticas das diversas regiões produtoras de café podem influenciar diferentemente a produtividade final da cultura (Evangelista et al., 2002).

O conhecimento da temperatura base de espécies vegetais possibilita a avaliação de seu potencial produtivo em uma região ao longo do ano (Villa Nova et al., 2004). Nas regiões de altitudes elevadas, assim como nas de maiores latitudes, a temperatura restringe o período de plantio, exercendo grande influência no crescimento e no desenvolvimento da planta (Práticas Culturais, 1996). No entanto, nas regiões tropicais é a distribuição das chuvas que determina o período mais adequado para o plantio (Embrapa, 1997).

Existem vários métodos para a estimativa da temperatura base mínima para o desenvolvimento vegetal (Brunini et al., 1998), sendo este parâmetro muito importante no processo de otimização da produção e redução dos riscos climáticos. Arnold (1959) apresenta vários métodos de determinação da temperatura base, que são: método da menor variabilidade do coeficiente de variação, utilizado por Goyne et al. (1977) para girassol; método da menor variabilidade, proposto por Arnold (1959), utilizado por Berlato & Sutili (1976) para milho, Brunini et al. (1980) para alface, Buriol et al. (1978) para lentilha e Camargo et al. (1987) para soja; método da regressão, utilizado por Goyne et al. (1977) e Anderson et al. (1978) para girassol e método de interseção da abscissa, utilizado por Warnock & Issaacs (1969) para tomate e por Goyne et al. (1977) e por Anderson et al. (1978) para girassol.

No caso do cafeeiro jovem (até o primeiro ano), as temperaturas ótimas para o crescimento são de cerca de 30°C durante o dia e de 23°C à noite. No

entanto, para plantas jovens de um ano e meio, as temperaturas basais exigidas diminuem e, após essa idade, as temperaturas ideais, diurnas e noturnas, encontram-se, respectivamente, em torno de 23°C e 17°C (Matiello, 1991).

Para a cultura do cafeeiro, poucos são os estudos já realizados para determinar a temperatura basal inferior e superior. Contudo, Iaffe et al. (2001) estimaram a temperatura base inferior pelo método da menor variação no desvio padrão e encontrou 11°C, para a região de Campinas, SP. Já para a região de Botucatu, SP, com altitude média de 807 m, Iaffe et al. (2001) observaram a temperatura base inferior estimada em 12,3°C, com intervalo de 303 dias entre o florescimento e a colheita, e 34°C para a temperatura base superior.

De acordo com Yang et al. (1995), além do método de menor desvio padrão em dias, existem outros métodos também importantes para determinar a temperatura base. São eles, o menor desvio padrão, em graus-dia, o coeficiente de variação, em graus-dia e o coeficiente de regressão.

2.6 Graus-dia de desenvolvimento

“O desenvolvimento das plantas depende mais do clima que do solo”. Esta frase já havia sido mencionada empiricamente por Teofrasto, discípulo do filósofo grego Aristóteles. Sendo assim, pode-se dizer que os estádios fenológicos se relacionam com elementos meteorológicos como a pluviosidade, fotoperíodo e temperatura, que variam de um ano para outro e nas diferentes localidades. Como consequência, ocorre alteração no momento de ocorrência e duração das fases fenológicas. Dentre os fatores climáticos, a temperatura do ar é o que mais influencia o desenvolvimento, enquanto o crescimento pode ser favorecido ou retardado pelas características do solo, disponibilidade de nutrientes e práticas culturais entre outros (Becerra, 1993).

Rèaumur, em 1735, baseado em estudos quantitativos das relações entre desenvolvimento de plantas e temperatura, concluiu que a soma das temperaturas médias diárias do ar, desde a germinação até a maturação de qualquer planta, é aproximadamente constante, qualquer que tenha sido a situação determinada do cultivo e o ano considerado. Cem anos mais tarde, em 1834, Boussingaut detalhou o método e calculou a quantidade de calor requerido para a maturação de grãos (Robertson, 1968). Tal conceito é utilizado para correlacionar a produtividade da planta com o acúmulo e o saldo de graus-dia (Mendonça & Rassini, 2006).

Um dos métodos mais utilizados para relacionar a temperatura com o desenvolvimento e ou crescimento das plantas é o da soma térmica ou graus-dia acumulados, definido como sendo a soma das temperaturas acima da temperatura mínima e abaixo da máxima necessária para que a planta atinja uma determinada fase do seu desenvolvimento (Souza, 1990).

Os métodos baseados na soma de graus-dia foram desenvolvidos para superar a inadequação do calendário diário na previsão de eventos fenológicos, na identificação de melhores épocas de semeadura, no escalonamento da produção e na programação do melhoramento genético (Warrington & Kanemasu, 1983). A soma dos graus-dia também possibilita um planejamento mais adequado das épocas em que deverão ser efetuados os tratamentos culturais, a aplicação de fertilizantes e a programação da colheita, tanto no aspecto agrícola quanto no administrativo e financeiro (Ometto, 1981).

Várias fórmulas ou expressões têm sido sugeridas para o cálculo de graus-dia ou unidades térmicas necessárias para que um vegetal atinja certo estágio do seu ciclo de desenvolvimento (Brown, 1970; Arnold, 1959).

De acordo com Damario et al. (1976), na realidade, dever-se-ia interpretar o crescimento das plantas como o aproveitamento da energia radiante pelas mesmas na forma de matéria seca. Poderia ser medido, dessa maneira, o

acúmulo de matéria seca por intermédio da carga diária de calor dos tecidos vegetais. Sua quantidade dependeria do calor específico, da massa e da temperatura dos mesmos. No entanto, como esses fatores são continuamente variáveis e difíceis de serem medidos, utiliza-se a temperatura média diária do ar como expressão da carga de calor para o vegetal, em função da sua simplicidade de cálculo e universalidade de obtenção. Assim, conhecendo-se a temperatura base e subtraindo-se esse valor da temperatura média diária, obtêm-se as denominadas unidades de calor ou graus-dia. O somatório dos graus-dia pode ser calculado tanto para o ciclo total quanto para subperíodos de desenvolvimento e sua magnitude variará conforme a espécie, as cultivares, as épocas de semeadura e a interação com outros elementos biometeorológicos.

Em virtude dos erros no cálculo das somas calóricas quando se utiliza uma temperatura base sem critério, Arnold (1959), citado por Bolonhezi (2000), propôs o método da menor variabilidade para a determinação da temperatura base, realizando pesquisas com milho-doce. Este método ainda é o mais utilizado e baseia-se em uma série de semeaduras e na atribuição, antes de instalar o ensaio, de alguns valores de temperatura base a partir dos quais são calculados os somatórios de graus-dia, desvio padrão em graus-dia e desvio padrão em dias. Considerando-se a média de temperatura da série de semeadura, a temperatura base determinada será aquela que coincidir com o menor desvio padrão em dias, confirmado matematicamente pelo coeficiente de determinação.

Em experimento com café conillon em Linhares, ES, Silveira & Carvalho (1996) constataram crescimento mais intenso dos ramos plagiotrópicos durante os meses quentes (setembro a janeiro) e mais lento durante os meses mais frios (junho e julho). A taxa de crescimento foi crescente a partir de agosto, para o café irrigado, atingindo, em outubro, a taxa máxima de crescimento.

Em estudos realizados por Coelho (2004), em duas variedades de cafeeiro na região de Lavras, as variáveis de desenvolvimento vegetativo

analisadas (altura de plantas, diâmetro de copa e caule, e comprimento dos ramos plagiotrópicos) apresentaram estreita relação com as unidades térmicas de calor, indicando que o uso de graus-dia de desenvolvimento (GDD) pode ser uma boa alternativa como contador de tempo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O presente trabalho foi conduzido no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, na área experimental a cerca de 70 m de distância da estação meteorológica automática pertencente à rede de plataforma de coleta de dados (PCD), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cujas coordenadas geográficas são 21° 13' de latitude Sul, 44° 58' de longitude Oeste e altitude média de 960 metros.

3.2 Clima

De acordo com Vianello (1991), o clima da região, segundo a classificação de Köppen é Cwa, temperado chuvoso com inverno seco e verão chuvoso. As temperaturas máximas e mínimas ocorrem em fevereiro e julho, respectivamente, sendo a temperatura média de 19,4°C. A precipitação anual é de 1.530 mm, a umidade relativa do ar de 77,7% e o total de evaporação anual de 1.034 mm. (Brasil, 1992).

3.3 Tratos culturais

As mudas das duas cultivares utilizadas no experimento foram produzidas com intervalos de 36 dias entre datas de semeadura. O plantio foi realizado no decorrer de um ano, com intervalo de um mês entre os plantios, a partir de 19 de março de 2003 (quando o experimento fora implantado), quando as mudas atingiam 6 a 7 pares de folhas. Sendo assim, para este estudo, as plantas de café variaram de 17 a 24 meses de idade.

Foram realizadas adubações de manutenção de acordo com os resultados das análises de fertilidade do solo fornecidos pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras. O controle fitossanitário foi realizado conforme a necessidade das condições do experimento.

3.4 Caracterização da área experimental

O campo experimental foi dividido em duas áreas: uma área para a cultivar Rubi MG-1192 e a outra área para a cultivar Acaiá Cerrado MG 1474, ambas com parcelas plantadas em sete diferentes datas, identificadas pelas siglas D1, D2, D3, D4, D5, D7, e D8. Cada parcela experimental (data de plantio) constituiu-se de nove plantas, sendo somente sete plantas consideradas como parcela útil. O experimento consistiu, portanto, de quatorze parcelas, compreendendo sete datas diferentes de plantio e duas cultivares. O espaçamento de plantio foi de 3,5 m por 0,8 m, que tem sido o espaçamento mais utilizado com as cultivares em estudo, na região (Figuras 1 e 2).

3.5 Caracterização física do solo

O solo do experimento foi classificado como um Latossolo Vermelho distroférico (LVd) (Embrapa, 1999) e as equações de retenção de água no solo foram determinadas de acordo com van Genuchten (1980) (Tabela 1), utilizando o programa computacional SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990).

TABELA 1 Equações de van Genuchten ajustadas e densidades globais (ρ_g), para as três camadas de solo em estudo. Lavras, MG, 2009.

Camada (cm)	Equações ajustadas	ρ_g (g cm ³)
0 – 20	$\theta(\psi_m) = 0,22 + \frac{0,438}{\left[1 + (1,5104 \cdot \psi_m)^{1,5799}\right]^{0,367}}$	0,91
20 – 40	$\theta(\psi_m) = 0,24 + \frac{0,409}{\left[1 + (1,1303 \cdot \psi_m)^{1,5137}\right]^{0,339}}$	0,93
40 – 60	$\theta(\psi_m) = 0,28 + \frac{0,423}{\left[1 + (1,1340 \cdot \psi_m)^{1,6297}\right]^{0,386}}$	0,90

A condutividade hidráulica como função do teor de água no solo não saturado foi determinada por Lima (2006) pela metodologia de Mualem - van Genuchten, desenvolvida por Mualem (1976) e posteriormente modificada por van Genuchten (1980).

3.6 Manejo da irrigação

A irrigação instalada foi a localizada com linhas de tubo flexível de polietileno com gotejadores autocompensantes (5 a 35 m.c.a.), apresentando vazão nominal de $1,6 \text{ L h}^{-1}$ e emissores espaçados de 0,3 m.

Foram realizados testes de uniformidade do sistema de irrigação, recomendável, segundo Bernardo et al. (2006), após a instalação do sistema e a cada dois anos de funcionamento. Para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CU) do sistema de irrigação, foi usado o procedimento recomendado por Merriam & Keller (1978), citados por Cabello (1996).

O momento da irrigação foi determinado com base na tensão de água no solo, para uma variação no armazenamento de água entre as tensões de 10 kPa e 20 kPa, indicadas por sensores de água no solo (“Watermark”). A lâmina de irrigação foi determinada considerando o perfil de 0,50 m de profundidade, com os dados de umidade do solo obtidos do modelo usado (Equação 1)

Ao lado de uma planta representativa de cada parcela foram instalados 7 sensores de umidade do solo, espaçados de 0,2 m em relação à planta. As profundidades consideradas foram de 0,05 m, 0,15 m, 0,25 m, 0,35 m, 0,40 m e 0,50 m, tanto na área com Acaia Cerrado como na área com Rubi (Figuras 3A e 3B).

$$\theta(\psi_m) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\psi_m|)^n\right]^m} \quad (1)$$

em que:

θ : (Ψ_m) : umidade do solo em função do potencial matricial, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

θ_s : umidade de saturação, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

θ_r : umidade residual, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$;

Ψ_m : tensão ou potencial matricial, kPa;

α : parâmetro de ajuste, cm^{-1} ;

m e n: parâmetros de ajuste da equação, adimensionais.



FIGURA 03 Sensores de tensão de água no solo ‘Watermark’, instalados junto à planta central, nas profundidades de: 5, 15, 25, 35, 40, 50 e 60 cm, para o controle da irrigação e o monitoramento do fluxo de água (A); Leitor para coleta de dados do equipamento (B). Lavras, MG, 2009.

A partir dos valores de umidade do solo no momento da irrigação, da capacidade de campo e da espessura da camada de solo considerada para o balanço, foram calculadas as lâminas de reposição (Equações 2 e 3) e, finalmente, o tempo de funcionamento do sistema de irrigação (Equação 7), de acordo com Cabello (1996). Consideraram-se, para o cálculo da lâmina de irrigação, as camadas de 0-0,2 m, 0,2-0,4 m e de 0,4-0,6m, com suas respectivas equações de retenção de água.

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \cdot z \cdot Pw \quad (2)$$

em que:

LL: lâmina líquida de irrigação em cada parcela, mm;

θ_{cc} : umidade na capacidade de campo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

θ_{atual} : umidade no momento de irrigar, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

z : profundidade do sistema radicular, mm;

P_w : fração da área molhada, %.

$$LB = \frac{LL}{(1 - k) \cdot CU} \quad (3)$$

em que:

LB: lâmina bruta de irrigação, mm;

CU: coeficiente de uniformidade de distribuição de água, %;

K: constante que leva em conta a salinização do solo bem como a eficiência de aplicação do sistema. É determinada encontrando-se o maior valor nas Equações 4 e 5.

$$k = 1 - Ea \quad (4)$$

$$k = LR + \frac{CE_i}{(2 \cdot CE_e)} \quad (5)$$

em que:

Ea: eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação considerada como 90%;

LR: lâmina necessária para lavagem do solo, mm;

CE_i: condutividade elétrica da água de irrigação, dS m^{-1} ;

CE_e: condutividade elétrica do extrato de saturado do solo, dS m^{-1} .

$$LB_{\text{média}} = LB_{\text{média}_{0-20\text{cm}}} + LB_{\text{média}_{20-40\text{cm}}} + LB_{\text{média}_{40-60\text{cm}}} \quad (6)$$

em que:

LB_{média}: soma das lâminas brutas médias obtidas de 0-40cm;

LB_{média0-20cm}: lâmina bruta média de 0-20 cm;
LB_{média20-40cm}: lâmina bruta média de 20-40 cm;
LB_{média40-60cm}: lâmina bruta média de 40-60 cm.

$$T = \frac{LB_{m\u00e9dia} \cdot Sp}{e \cdot qa} \quad (7)$$

em que:

T: tempo de funcionamento do sistema de irrigação, h;

Sp: área ocupada por planta, m²;

e: número de emissores por planta;

qa: vazão média dos emissores, L h⁻¹.

3.7 Determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD)

Para o cálculo de graus-dia, foram usadas temperaturas máximas e mínimas do dia, coletadas na estação meteorológica automática, da rede de plataforma de coleta de dados (PCD), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que fica localizada ao lado da área onde foi realizado o experimento.

3.7.1 Método do menor desvio padrão, em dias.

Este método, apresentado por Arnold (1959), também é conhecido como método Residual (Equação 8).

$$GD = \frac{TM + Tm}{2} - Tb \quad (8)$$

em que:

GD: graus-dia, °C;

TM: temperatura máxima do dia, °C;

Tm: temperatura mínima do dia, °C;

Tb: temperatura base inferior, °C.

3.7.2 Método descrito por Ometto (1981)

Para Ometto (1981), existe uma temperatura mínima e uma máxima nas quais a planta realiza suas funções metabólicas, que ele determinou como temperatura mínima basal (Tb) e temperatura máxima basal (TB), respectivamente. Importa, somente, a temperatura compreendida neste intervalo. Sendo assim, existem cinco casos para o cálculo de graus-dia (Figuras 4 a 8).

1º caso: $TB > TM > Tm > Tb$

Mesma equação para o caso Residual (Equação 8)

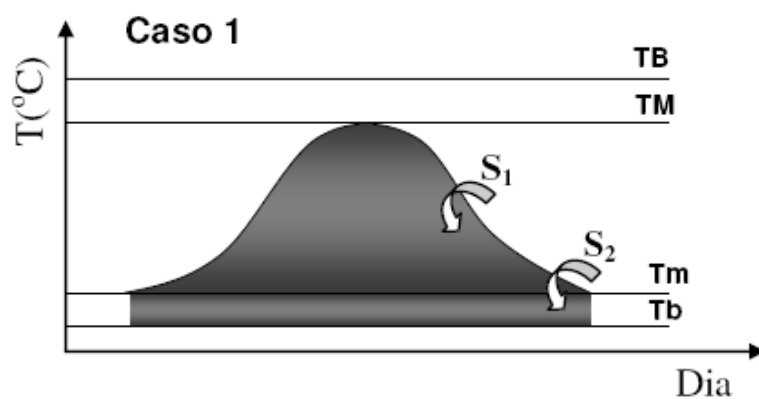


FIGURA 04 Representação esquemática da curva de temperaturas ocorrentes no dia, considerando $T_B > T_m > T_M > T_b$, mostrando duas áreas úteis, S_1 e S_2 (em destaque).

Fonte: Lima, 2006, p. 43

2º caso: $T_B > T_M > T_b > T_m$

$$GD = \frac{(T_M - T_b)^2}{2 \cdot (T_M - T_m)} \quad (9)$$

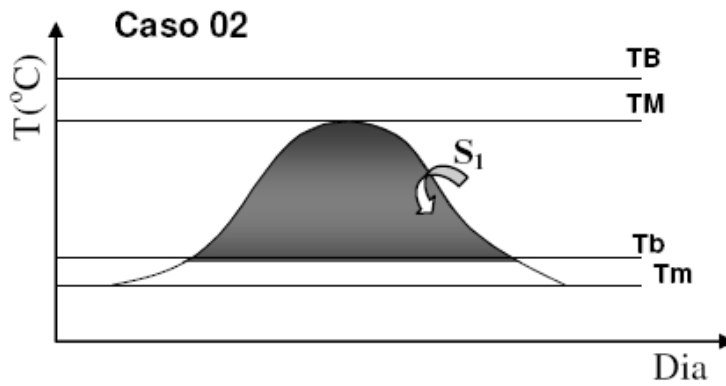


FIGURA 05 Representação esquemática da curva de temperaturas ocorrentes no dia, considerando $TB > TM > Tb > Tm$, mostrando duas áreas úteis, S_1 (em destaque).
 Fonte: Lima, 2006, p. 43

3º caso: $TB > Tb > TM > Tm$

$$GD = 0 \tag{10}$$

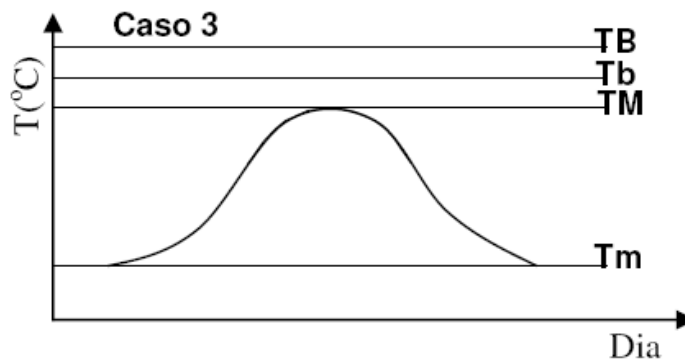


FIGURA 06 Representação esquemática da curva de temperaturas ocorrentes no dia, considerando $TB > Tb > TM > Tm$, mostrando não haver nenhuma área útil.
 Fonte: Lima, 2006, p. 44

4º caso: $TM > TB > Tm > Tb$

$$GD = \frac{2 \cdot (TM - Tm) \cdot (Tm - Tb) + (TM - Tm)^2 - (TM - Tb)^2}{2 \cdot (TM - Tm)} \quad (11)$$

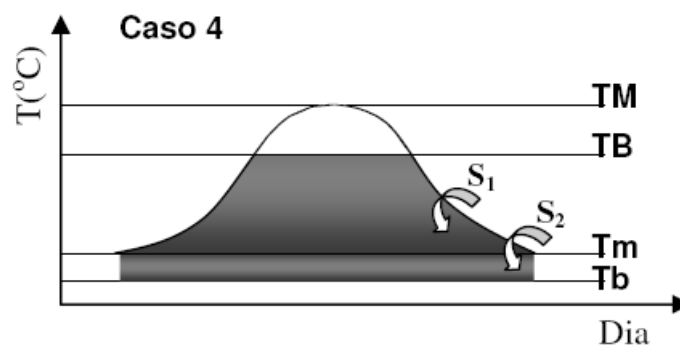


FIGURA 07 Representação esquemática da curva de temperaturas ocorrentes no dia, considerando $TM > TB > Tm > Tb$, mostrando duas áreas úteis S_1 e S_2 (em destaque).

Fonte: Lima, 2006, p. 45

5º caso: $TM > TB > Tb > Tm$

$$GD = \frac{1}{2} \cdot \frac{(TM - Tb)^2 - (TM - TB)^2}{TM - Tm} \quad (12)$$

em que:

GD: graus-dia, °C;

TM: temperatura máxima do dia, °C;

Tm: temperatura mínima do dia, °C;

Tb: temperatura base inferior, °C;

TB: temperatura base superior, °C.

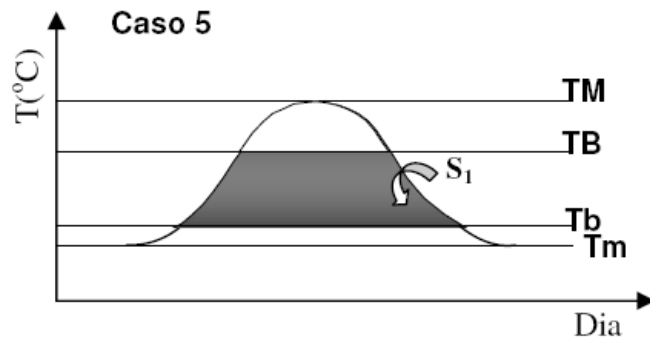


FIGURA 08 Representação esquemática da curva de temperaturas ocorrentes no dia, considerando $TM > TB > Tb > Tm$, mostrando uma única área útil, S_1 (em destaque).
 Fonte: Lima, 2006, p. 45

3.7.3 Método descrito por Snyder (1985)

Snyder (1985) determina os graus-dia considerando quatro situações, que são:

1º caso: $TB > TM > Tm > Tb$

Neste caso, os valores de graus-dia são determinados de acordo com a Equação 8.

2º caso: $TB > TM > Tb > Tm$

Neste caso, os valores de graus-dia são determinados de acordo com as Equações 13, 14, 15 e 16.

$$GD = \frac{(M - Tb) \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) + W \cdot \cos(\theta)}{\pi} \quad (13)$$

$$\theta = \arcsen\left(\frac{Tb - M}{W}\right) \quad (14)$$

$$M = \frac{T \max + T \min}{2} \quad (15)$$

$$W = \frac{T \max - T \min}{2} \quad (16)$$

3º caso: $TM > TB > Tm > Tb$

São utilizadas as equações 17 e 18 para a determinação de graus-dia.

$$GD = M - Tb - \frac{(M - TB) \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) + W \cdot \cos(\phi)}{\pi} \quad (17)$$

$$\phi = \arcsen\left(\frac{TB - M}{W}\right) \quad (18)$$

4º caso: $TM > TB > Tb > Tm$

Utiliza-se a Equação 19 para a determinação de graus-dia.

$$GD = \frac{(M - Tb) \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) + W \cdot \cos(\theta)}{\pi} - \frac{(M - TB) \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) + W \cdot \cos(\phi)}{\pi} \quad (19)$$

em que:

GD: graus-dia, °C;

TM: temperatura máxima do dia, °C;

T_m : temperatura mínima do dia, °C;

T_b : temperatura base inferior, °C;

TB : Temperatura base superior, °C;

W , θ e ϕ : variáveis do modelo.

3.7.4 Método descrito por Dufault (1997)

Neste método são considerados dois casos, que são:

1º caso: $TM \leq TB$

Utilizado quando a temperatura máxima do dia não exceder a temperatura base superior. Para tanto, basta subtrair da temperatura média diária o valor da temperatura base inferior (Equação 8).

2º caso: $TM > TB$

Neste caso, como a temperatura máxima do dia excede a temperatura base superior, há um crescimento reduzido, associado as altas temperaturas (Equação 20). Dessa forma, é introduzido um fator de ajuste para a temperatura máxima do dia, de acordo com a Equação 21.

$$GD = \frac{T_{ADJ-max} + T_m}{2} - T_b \quad (20)$$

$$T_{ADJ-max} = TB - (TM - TB) \quad (21)$$

em que:

GD: graus-dia, °C;

$T_{ADJ-max}$: temperatura máxima diária ajustada, °C;

T_b : temperatura base inferior, °C;

T_B : temperatura base superior, °C;

T_M : temperatura máxima do dia, °C;

T_m : temperatura mínima do dia, °C.

3.8 Determinação de Temperatura base

Foram considerados, na determinação da temperatura base, quatro métodos descritos por Yang et al. (1995) e o método descrito por Ometto (1981), apresentados a seguir.

3.8.1 Método do menor desvio padrão, em graus-dia (SDgd)

$$SD_{gd} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (GDD_i - MGDD)^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

em que:

SD_{gd} : menor desvio padrão no GDD;

GDD_i : graus-dia de desenvolvimento na i -ésima data de plantio;

$MGDD$: média total de GDD de todas as datas de plantio;

n : número de datas de plantio.

Esse método calcula o GDD usando uma série de temperatura base, cada uma resultante de uma série de GDD e desvio padrão. A temperatura que gerar a GDD com menor desvio padrão é selecionada como temperatura base.

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n (Ti - di) \sum_{i=1}^n di - n \sum_{i=1}^n (di^2 \cdot Ti)}{\left(\sum_{i=1}^n di \right)^2 - n \sum_{i=1}^n di^2} \quad (23)$$

em que:

Tb: temperatura base, °C;

Ti: temperatura média de cada época específica, °C;

n: número de épocas de plantio;

di: número de dias requerido para alcançar um estágio de desenvolvimento em cada série de plantio específica.

3.8.2 Método do menor desvio padrão, em dias (SDd)

Arnold (1959) sugeriu que o uso dessas unidades de calor não considera o erro em unidades de calor como tal, mas, no erro em dias que esta unidade de calor representa. Dessa forma, ele definiu o menor desvio padrão em dias, de acordo com a Equação 24, pela qual Yang et al. (1995), ao desenvolvê-la matematicamente, chegaram a uma expressão de temperatura base (Equação 25).

$$SD_{dia} = \frac{SD_{gdd}}{T - Tb} \quad (24)$$

em que:

SD_{dia}: desvio padrão, em dias;

SD_{gd} : desvio padrão, em graus-dia;

T: temperatura média para todas as séries de plantios, °C;

Tb: temperatura base; °C.

$$Tb = T - \frac{\left(\sum_{i=1}^n ti \cdot di \right)^2 - n \sum_{i=1}^n (ti^2 \cdot di^2)}{n \sum_{i=1}^n (di^2 \cdot ti) - n \sum_{i=1}^n (ti \cdot di) \sum_{i=1}^n di} \quad (25)$$

em que:

Tb: temperatura base, °C;

T: temperatura média para todas as séries de plantios, °C;

n: número de séries de plantio;

di: número de dias requerido para alcançar um estágio de desenvolvimento em cada série de plantio específica;

ti: diferença entre a temperatura média para todas as séries de plantio (T) e a temperatura média em uma série específica (TMi), °C.

3.8.3 Método do coeficiente de variação, em graus-dia (CVgd)

Nuttonson (1958), citado por Yang et al. (1995), definiu o coeficiente de variação como apresentado pela Equação 26. Os mesmos autores desenvolveram esta equação e apresentaram a fórmula matemática de temperatura base para este método (Equação 27).

$$CV_{dia} = \frac{SD_{dia}}{x_d} \cdot 100 \quad (26)$$

em que:

CV_{dia} : coeficiente de variação, em graus-dia;

SD_{dia} : desvio padrão nos dias;

x_d : número médio de dias para alcançar um estágio de desenvolvimento.

Esse método não diferencia entre os métodos 1 e 2, em termos de seleção para temperatura base e procedimento de cálculo.

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n (Ti \cdot di^2) \sum_{i=1}^n (Ti \cdot di) - \sum_{i=1}^n di \sum_{i=1}^n (Ti^2 \cdot di^2)}{\sum_{i=1}^n di^2 \sum_{i=1}^n (Ti \cdot di) - \sum_{i=1}^n di \sum_{i=1}^n (Ti \cdot di^2)} \quad (27)$$

em que:

Tb : temperatura base, °C;

Ti : temperatura média para cada série de plantio, °C;

n : número de série de plantio;

di : número de dias requerido para alcançar um estágio de desenvolvimento em cada série de plantio específica.

3.8.4 Método do coeficiente de regressão (Re)

Hoover (1955), citado por Yang et al. (1995), desenvolveu o método do coeficiente de regressão para calcular a temperatura base de acordo com a Equação 28. Os mesmos autores desenvolveram esta Equação e apresentaram a fórmula matemática de temperatura base para este método (Equação 29).

O modelo estudado envolve a relação entre a temperatura média e GDD por meio de uma regressão linear em que a temperatura média é a variável independente e GDD, a variável dependente.

$$y_i = (T_i - T_b) \cdot d_i \quad (28)$$

em que:

T_i: temperatura média para cada série específica, °C;

T_b: temperatura base, °C;

y_i: graus-dia para cada série específica, °C;

d_i: número de dias requerido para alcançar um estágio de desenvolvimento em cada época específica.

$$T_b = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \sum_{i=1}^n (d_i \cdot T_i) - n \sum_{i=1}^n (d_i \cdot T_i^2)}{\sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i - n \sum_{i=1}^n (d_i \cdot T_i)} \quad (29)$$

em que:

T_b: temperatura base, °C;

T_i: temperatura média para cada série específica, °C;

n: número de série de plantio;

d_i: número de dias requeridos para alcançar um estágio de desenvolvimento em cada época específica.

3.8.5 Método descrito por Ometto (1981)

Esse método leva em consideração cinco casos diferentes para a determinação das temperaturas base, inferior (T_b) e superior (T_B). Para os cálculos, foram adotadas as equações desenvolvidas por Lima & Silva (2008) com o auxílio do Software da Mathosoft Engineering & Education, Inc., Mathcad, version 12.0 que são descritos a seguir.

3.8.5.1 Temperatura base inferior (Tb)

Para calcular a temperatura base inferior (Tb), foi estabelecido um intervalo entre dois períodos distintos de plantio, em que não houve a possibilidade de ocorrerem temperaturas suficientemente elevadas e que poderiam alcançar a temperatura base superior (TB). O intervalo escolhido foi no inverno-primavera, considerando as datas de plantios D4 (Período 1) e D5 (Período 2).

Atingindo a primeira florada, os números de graus-dia tendem a ser semelhantes. Desse modo, considera-se que o número de dias para um período (N_1) está para o outro (N_2), assim como as ocorrências de temperatura mínima (Tm_1) e máxima (TM_1) em um período estão para a do outro período (Tm_2 e TM_2), respectivamente.

3.8.5.2 Temperatura base superior (TB)

A sua determinação segue o mesmo desenvolvimento de determinação da temperatura base inferior (Tb) do item anterior. No entanto, deve-se considerar o período de temperaturas elevadas no processo de cálculo. Neste caso, o valor obtido de temperatura base inferior irá entrar no cálculo da temperatura base superior.

1º Caso: $TB > TM > Tm > Tb$

$$Tb = -\frac{1}{2} \cdot \frac{N_1 \cdot TM_1 + N_1 \cdot Tm_1 - N_2 \cdot TM_2 - N_2 \cdot Tm_2}{N_2 - N_1} \quad (30)$$

2º Caso: TB>TM>Tb≥Tm

Neste caso, devem-se agrupar as Equações 31, 32, 33 e 34 para se obter a equação de temperatura base inferior, que é apresentada na Equação 35.

$$A = N_2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - N_2 \cdot TM_2 \cdot Tm_1 \quad (31)$$

$$B = -N_1 \cdot TM_1 \cdot TM_2 + N_1 \cdot TM_1 \cdot Tm_2 \quad (32)$$

$$C = -N_2 \cdot N_1 \cdot (-TM_2 + Tm_2) \cdot (TM_1 - Tm_1) \cdot (TM_1 - TM_2)^2 \quad (33)$$

$$D = -N_1 \cdot TM_2 + N_1 \cdot Tm_2 + N_2 \cdot TM_1 - N_2 \cdot Tm_1 \quad (34)$$

$$Tb = \frac{A + B \pm \sqrt{C}}{D} \quad (35)$$

Observa-se, pela Equação 35, que é possível obter dois valores de Tb. Foi considerado, para efeito de cálculo, o menor deles, desde que fosse positivo.

3º Caso: TB>Tb>TM>Tm

Ocorre quando as temperaturas base inferior e base superior (Tb, TB) da planta estão acima da temperatura máxima do ar (TM). Neste caso, a energia disponível da planta estará abaixo do valor mínimo necessário a ela e a energia acumulada, expressa em graus-dia, é, portanto, nula.

4º Caso: TM>TB>Tm>Tb

Neste caso, devem-se agrupar as Equações 36 a 42, para se obter a equação de temperatura base inferior, que está representada na Equação 43.

$$A = N_1 \cdot Tm_1^2 \cdot TM_2 - N_1 \cdot Tm_1^2 \cdot Tm_2 \quad (36)$$

$$B = -2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot TB \cdot TM_2 + 2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot TB \cdot Tm_2 \quad (37)$$

$$C = N_1 \cdot TB^2 \cdot TM_2 - N_1 \cdot TB^2 \cdot Tm_2 \quad (38)$$

$$D = -N_2 \cdot Tm_2^2 \cdot TM_1 + N_2 \cdot Tm_2^2 \cdot Tm_1 \quad (39)$$

$$E = 2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot TB \cdot TM_2 - 2 \cdot N_2 \cdot TM_2 \cdot TB \cdot Tm_1 \quad (40)$$

$$F = -N_2 \cdot TB^2 \cdot TM_1 + N_2 \cdot TB^2 \cdot Tm_1 \quad (41)$$

$$G = (-TM_1 + Tm_1) \cdot (TM_2 - Tm_2) \cdot (N_1 - N_2) \quad (42)$$

$$Tb = \frac{1}{2} \cdot \frac{A + B + C + D + E + F}{G} \quad (43)$$

Uma vez ocorrido o valor de Tb, basta usá-lo quando solicitado, nas Equações 44 a 53 que, agrupadas, fornecem o valor de TB representado na Equação 54.

$$A = N_2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - N_2 \cdot TM_2 \cdot Tm_1 \quad (44)$$

$$B = -N_1 \cdot TM_1 \cdot TM_2 + N_1 \cdot TM_1 \cdot Tm_2 \quad (45)$$

$$C = (-TM_1 + Tm_1) \cdot (-TM_2 + Tm_2) \quad (46)$$

$$D = N_1 \cdot Tm_2^2 \cdot N_2 - 2 \cdot Tm_2 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot Tb - Tm_2 \cdot Tm_1 \cdot N_1^2 \quad (47)$$

$$E = -Tm_2 TM_1 N_1^2 + N_2^2 TM_1 Tm_2 - Tm_1 N_2^2 Tm_2 + 2Tm_2 N_1^2 Tb \quad (48)$$

$$F = Tm_1 \cdot N_1^2 \cdot TM_2 - 2 \cdot N_2^2 \cdot TM_1 \cdot Tb - 2 \cdot N_1^2 \cdot TM_2 \cdot Tb \quad (49)$$

$$G = TM_1 \cdot N_1^2 TM_2 + Tm_1^2 \cdot N_2 \cdot N_1 - 2 \cdot Tm_1 \cdot N_2 \cdot N_1 \cdot Tb \quad (50)$$

$$H = 2 \cdot Tm_1 \cdot N_2^2 \cdot Tb + 2 \cdot N_1 \cdot TM_2 \cdot N_2 \cdot Tb + 2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot N_1 \cdot Tb \quad (51)$$

$$I = -2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot N_1 \cdot TM_2 + N_2^2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - Tm_1 \cdot N_2^2 \cdot TM_2 \quad (52)$$

$$J = -N_1 \cdot TM_2 + N_1 \cdot Tm_2 + N_2 \cdot TM_1 - N_2 \cdot Tm_1 \quad (53)$$

$$TB = \frac{A + B \pm \sqrt{C \cdot (D + E + F + G + H + I)}}{J} \quad (54)$$

Observa-se, pela Equação 54, que é possível obterem-se dois valores de TB. Foi considerado, para efeito de cálculo, o maior deles e positivo.

5º Caso: $TM > TB > Tb > Tm$

Neste caso, devem-se agrupar as Equações 55 a 58 para se obter a equação de temperatura base inferior, que está representada na Equação 59.

$$A = 2 \cdot N_2 \cdot TM_2 \cdot Tm_1 - 2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 + 2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot TM_2 \quad (55)$$

$$B = -2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot Tm_2 - N_1 \cdot TB \cdot TM_2 + N_1 \cdot TB \cdot Tm_2 \quad (56)$$

$$C = N_2 \cdot TB \cdot TM_1 - N_2 \cdot TB \cdot Tm_1 \quad (57)$$

$$D = N_1 \cdot TM_2 - N_1 \cdot Tm_2 - N_2 \cdot TM_1 + N_2 \cdot Tm_1 \quad (58)$$

$$Tb = \frac{A + B + C}{D} \quad (59)$$

Uma vez conhecido o valor de Tb, é só usá-lo quando solicitado, nas Equações 60 a 63 que, agrupadas, fornecem o valor de TB representado na Equação 64.

$$A = -N_1 \cdot Tb \cdot TM_2 + N_1 \cdot Tb \cdot Tm_2 + N_2 \cdot TM_1 \cdot Tb \quad (60)$$

$$B = -N_2 \cdot Tm_1 \cdot Tb - 2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 + 2 \cdot N_2 \cdot TM_2 \cdot Tm_1 \quad (61)$$

$$C = 2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - 2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot Tm_2 \quad (62)$$

$$D = N_1 \cdot TM_2 - N_1 \cdot Tm_2 - N_2 \cdot TM_1 + N_2 \cdot Tm_1 \quad (63)$$

$$TB = \frac{(A + B + C)}{D} \quad (64)$$

3.9 Balanço hídrico do solo

O consumo de água pela cultura foi determinado no campo pelo método do balanço hídrico do solo (Figura 9), que se baseia em contabilizar as entradas

e as saídas de água em um volume de controle. Jury et al. (1991) apresentam a equação de balanço hídrico no solo, para intervalo definido de tempo (Equação 65).

$$P + I + S = ET \pm D \pm \Delta A \quad (65)$$

em que:

P: precipitação pluviométrica efetiva, mm;

I: irrigação, mm;

S: deflúvio superficial, mm;

ET: evapotranspiração, mm;

D: drenagem profunda, mm;

ΔA : variação de armazenamento no perfil do solo, mm.

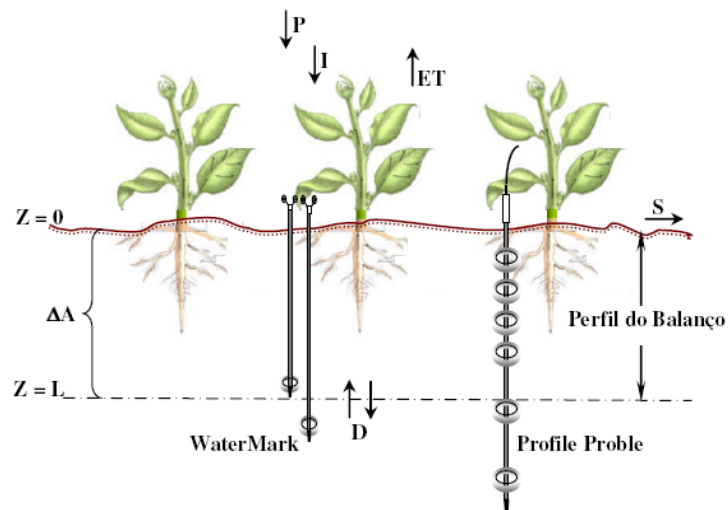


FIGURA 09 Esquema do balanço hídrico do solo, considerando o volume de solo nas condições do experimento.

Fonte: Lima, 2006, p. 57

Os termos da Equação D e ΔA podem assumir valores positivos e negativos. Um valor negativo de D representa fluxo ascendente de água vindo da camada abaixo da profundidade até onde o balanço é conduzido. Variação negativa de armazenamento implica em valores finais, de umidade do solo, menores que os iniciais.

No balanço hídrico de solos cultivados, é necessário que a profundidade considerada para o volume de controle corresponda à profundidade efetiva do sistema radicular (Libardi, 1999). Para o café, Matiello et al. (1987) recomendam, para profundidade efetiva do sistema radicular, 40 cm de profundidade. Neste trabalho considerou-se uma profundidade de solo de 55 cm ($Z = 55$ cm), para o elemento volume de solo.

3.9.1 Precipitação (P)

A contabilização da entrada de água por precipitação foi obtida por meio de dados fornecidos pela plataforma de coleta de dados instalada próximo à área do experimento.

3.9.2 Irrigação (I)

As lâminas de irrigação foram obtidas conforme descrito no item 3.6.

3.9.3 Deflúvio superficial (S)

Esse componente será positivo quando decorrente da contribuição a montante e negativo quando refletir perdas de água devido ao escoamento superficial.

No presente trabalho, devido à grande quantidade de dados levantados diariamente ao longo do tempo do experimento e devido à dificuldade em se

determinar o escoamento superficial, o mesmo não foi realizado em dias nos quais ocorreram precipitações pluviométricas.

3.9.4 Drenagem interna ou ascensão capilar (D)

Este componente pode ser positivo, se for decorrente da ascensão capilar, entrada de água, ou negativo, se for originado da drenagem interna, saída de água, que é determinada pela Equação 66, descrita por Reichardt (1985).

$$D = \int_{t_i}^{t_f} q_z \cdot dt \quad (66)$$

em que:

q_z : densidade de fluxo, mm d^{-1} ;

t_i : tempo inicial, dia

t_f : tempo final, dia.

A densidade de fluxo no solo, no limite inferior do elemento de volume considerado, foi calculada usando a Equação de Darcy-Buckingham, conforme Reichardt & Timm (2004), aplicada ao fluxo vertical, conforme Equação 67.

$$q_z = -K(h) \cdot \frac{\partial h}{\partial z} + K(h) \quad (67)$$

em que:

$K(h)$: condutividade hidráulica como função do potencial matricial;

$\partial h/\partial z$: gradiente de potencial matricial, adimensional;

z : profundidade, cm.

Os valores de $\partial h/\partial z$, gradiente de potencial matricial, são aproximados pela média do gradiente de potencial matricial no início (i) e no final (f) de dado período (Equação 68).

$$\frac{\partial h}{\partial z} = \frac{(h_{50} - h_{60})_i + (h_{50} + h_{60})_f}{2 \cdot (z_{50} - z_{60})} \quad (68)$$

em que:

h_{50} : potencial matricial da água no solo na profundidade z_{50} ;

h_{60} : potencial matricial da água no solo na profundidade z_{60} ;

i, f: índices que indicam instante inicial e final, respectivamente.

3.9.5 Evapotranspiração da cultura (ET_c)

Este componente foi determinado por meio da equação simplificada para o balanço hídrico no solo. A avaliação da evapotranspiração foi realizada desde o plantio até a segunda florada de cada data de plantio (parcela).

3.9.6 Variação de armazenamento de água no solo (ΔA)

Este componente foi determinado utilizando-se os dados de umidade volumétrica obtidos pelas leituras diárias com o sensor 'Profile Probe' até a profundidade de 60 cm. Como descrito anteriormente, este aparelho possui quatro pares de sensores distanciados de 10 em 10 cm até 40 cm, seguidos por um par de sensores a 60 cm e outro a 100 cm de profundidade. O último par não foi utilizado neste trabalho (Figura 10). Para a utilização do equipamento, foi realizada uma calibração do aparelho para o solo do experimento.

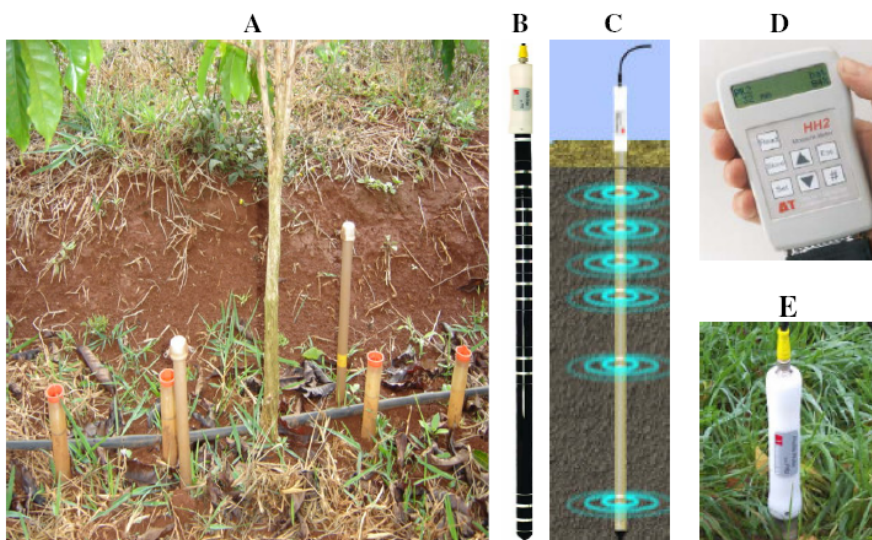


FIGURA 10 Partes constituintes do Profile Probe, retiradas de informações do fabricante, Delta-T Devices – PR1 Profile Probe Systems. (A) 4 tubos de acesso instalados no solo, próximo à planta; (B) haste com sensores a 10, 20, 30, 40, 60 e 100 cm de profundidade; (C) haste introduzida em tubo de acesso instalado no solo e princípio de funcionamento; (D) leitor digital para coleta e armazenamento de dados; (E) vista parcial da haste embutida no tubo de acesso instalado no solo. Lavras, MG, 2009.

3.9.6.1 Calibração do ‘Profile Probe’

Esta calibração foi feita por Lima (2006) para o solo do experimento.

3.10 Evapotranspiração de referência (ET₀)

Foram coletados dados diários de variáveis meteorológicas, como temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade do vento, precipitação e radiação solar incidente, que deram subsídios ao cálculo da ET₀. Os dados utilizados foram os coletados pela estação meteorológica automática, pertencente à rede de plataforma de coleta de dados (PCD) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), situada ao lado do experimento.

No cálculo da evapotranspiração de referência foi usado o modelo de Penman-Monteith-FAO 56 (Allen et al., 1998) (Equação 69).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (69)$$

em que:

ET₀: evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

T: temperatura média diária do ar, °C;

(e_s-e_a): déficit de pressão de vapor de água do ar, kPa;

γ: constante psicrométrica, kPa °C⁻¹;

u₂: velocidade média do vento medida a 2 m de altura; m s⁻¹;

R_n: saldo de radiação, MJ m⁻² d⁻¹;

Δ: declividade da curva de pressão de saturação de vapor d'água, kPa °C⁻¹;

G: densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;

3.11 Coeficiente de cultura (Kc)

O coeficiente de cultura foi calculado pela relação entre evapotranspiração máxima da cultura (ETc) e evapotranspiração de referência (ET₀).

A equação que melhor descreve a relação entre coeficiente de cultura e graus-dia de desenvolvimento é um polinômio de terceira ordem (Sammis et al., 1985), que é apresentado na Equação 70.

$$Kc = y_0 + a \cdot GD + b \cdot GD^2 + c \cdot GD^3 \quad (70)$$

em que:

Kc: coeficiente de cultura;

y₀, a, b e c: parâmetros da regressão polinomial.

3.12 Parâmetros agronômicos

A avaliação do crescimento vegetativo dos cafeeiros das cultivares Acaia Cerrado e Rubi foi realizada durante o período de 06/06/03 a 26/09/06. As avaliações foram feitas a partir de medidas frequentes e sucessivas, com as primeiras avaliações realizadas num período mensal, devido às reduzidas taxas de crescimento em função das baixas temperaturas. A partir de 26/09/03, com a aceleração do crescimento vegetativo das plantas, associada à elevação das temperaturas, os intervalos das medições reduziram para 15 dias, no primeiro ano de experimento. Para os anos seguintes, no período de inverno, as avaliações foram realizadas em intervalos de 45 dias e, no período de verão, as avaliações eram mensais.

Em duas plantas da parcela útil foram marcados os ramos para a realização das avaliações. As variáveis de crescimento vegetativo avaliadas

foram: altura de planta (AP), comprimento do ramo plagiotrópico (CRP), diâmetro de copa (DIACO) e diâmetro de caule (DIACA). As avaliações foram realizadas da seguinte maneira:

Altura de planta (AP): as medidas dessa variável foram tomadas com auxílio de uma trena fixada em uma haste de madeira, tomando-se a leitura desde a superfície do solo até o ápice da planta;

Diâmetro de caule (DIACA): essas medições foram feitas com o auxílio de um paquímetro, tomando-se o cuidado de sempre coletar os dados no mesmo ponto de avaliação, à altura de 10 cm da superfície do solo;

Diâmetro de copa (DIACO): iniciou-se a coleta de dados a partir do momento em que a planta apresentava uma copa bem definida. Colocou-se a trena no mesmo plano da superfície do solo, em sentido transversal à linha de plantio, medindo-se a distância entre os pontos extremos dos ramos plagiotrópicos;

Comprimento de ramo plagiotrópico: as avaliações tiveram início a partir da emissão do primeiro par de ramos plagiotrópicos. As avaliações foram realizadas com uma trena que foi colocada na base do ramo plagiotrópico, na inserção deste com o ramo ortotrópico, estendendo-se até sua extremidade distal.

A equação que melhor descreve a relação entre crescimento vegetativo (CV) e graus-dia de desenvolvimento é um polinômio de terceira ordem (Sammis et al., 1985), que é apresentado na Equação 71.

$$CV = y_0 + a \cdot GD + b \cdot GD^2 + c \cdot GD^3 \quad (71)$$

em que:

CV: crescimento vegetativo;

y_0 , a, b e c: parâmetros da regressão polinomial.

3.13 Análise estatística

Foi realizada análise de regressão polinomial de 3º grau no aplicativo SigmaPlot, versão 10.0 da Jandel Scientific. A distribuição F, a 1% de probabilidade, foi utilizada para comparação entre as médias das duas cultivares (Ferreira, 2005). Para a comparação entre os parâmetros dentro de uma mesma cultivar foi utilizado o teste t de Student (Banzatto & Kronka, 1995).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados meteorológicos

Na Figura 11 são apresentados os dados das temperaturas máximas e mínimas do ar, obtidos na estação CPD/INPE, localizada ao lado do experimento. O valor médio das temperaturas máximas foi de 31,7°C, sendo o valor máximo absoluto de 38,9°C observado em janeiro de 2006 e o valor mínimo absoluto de 22,1°C, em julho do mesmo ano. Para os dados das temperaturas mínimas do ar, os valores ficaram, em média, em 16,8°C, tendo o valor mínimo de 6,9°C e o valor máximo de 24,9°C sido observados em julho e em dezembro de 2005, respectivamente.

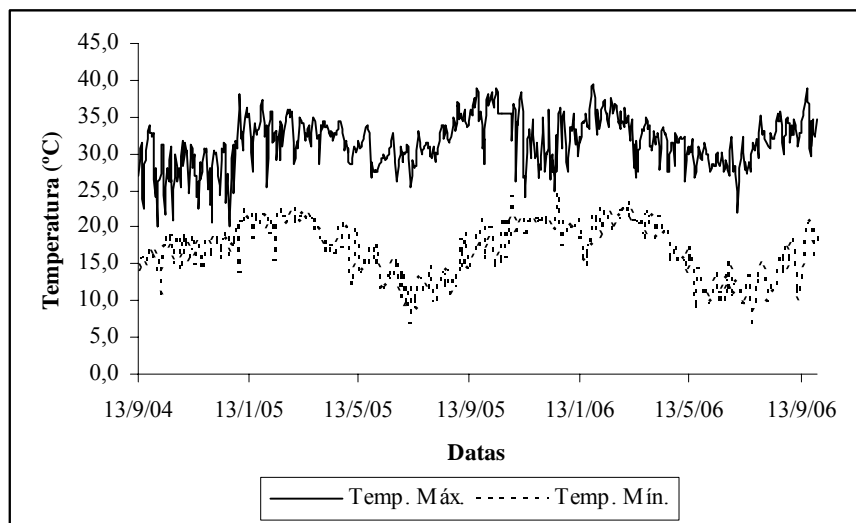


FIGURA 11 Temperaturas máximas e mínimas do ar, da estação do CPD/INPE, durante o período do experimento. Lavras, MG, 2009.

Na Figura 12 são apresentados os valores da precipitação durante o período do experimento. Pode-se observar que, durante o experimento, o período

de verão foi chuvoso e o período do inverno, seco, comportamento esse característico da região.

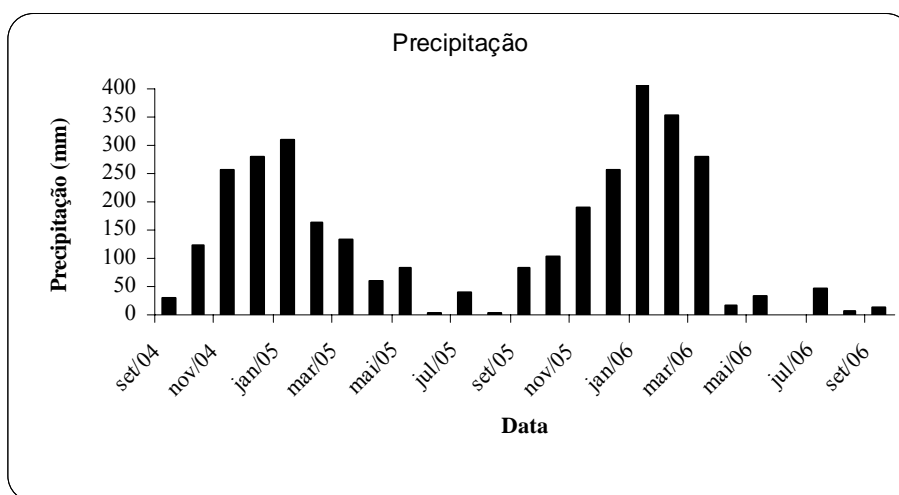


FIGURA 12 Precipitação pluviométrica no período de setembro de 2004 a setembro de 2006. Lavras, MG, 2009.

4.2 Uniformidade de aplicação de água

Como o sistema de irrigação localizado utilizado no experimento já estava instalado há dois anos, foram realizados testes de uniformidade de aplicação de água conforme descrito no item 3.6. Apesar de a vazão média observada nos gotejadores ($1,58 \text{ L h}^{-1}$) estar um pouco abaixo daquela descrita no catálogo do fabricante, o valor de CUD encontrado foi de 93%, sendo classificado como excelente, indicando que o sistema estava distribuindo água uniformemente pela área. Como a pressão de serviço na saída do conjunto motobomba era de 240 kPa, verificou-se um adequado funcionamento dos

gotejadores, os quais eram autocompensantes, para uma variação na pressão de operação de 5 a 35 mca.

4.3 Manejo de irrigação

A finalidade do manejo da irrigação foi a de manter a umidade do solo sempre próxima à capacidade de campo. Com isso, os valores do potencial matricial variaram entre -20 kPa e -10 kPa, sendo, assim, garantidas as condições necessárias de desenvolvimento da cultura sem restrições hídricas para a determinação dos valores de evapotranspiração da cultura (ET_c) a serem usados no cálculo dos coeficientes de cultura (K_c).

Nas Figuras 13 e 14 podem-se observar os valores de potenciais matriciais durante o período do experimento. Apesar de, em alguns momentos, o potencial matricial não atingir a faixa esperada, o objetivo do manejo foi alcançado. Os pontos em que a umidade esteve alta, com potencial matricial acima de -10 kPa, coincide com os dias chuvosos, com lâminas de precipitação superiores àquelas necessárias para elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Nos pontos em que a umidade do solo abaixo do matricial de -20 kPa, coincide com períodos entre as irrigações e períodos secos. Segundo Ribeiro (2006), este fato pode estar relacionado com a redistribuição da água que, ao movimentar-se para fora da camada de interesse, ocasiona uma diminuição do potencial matricial.

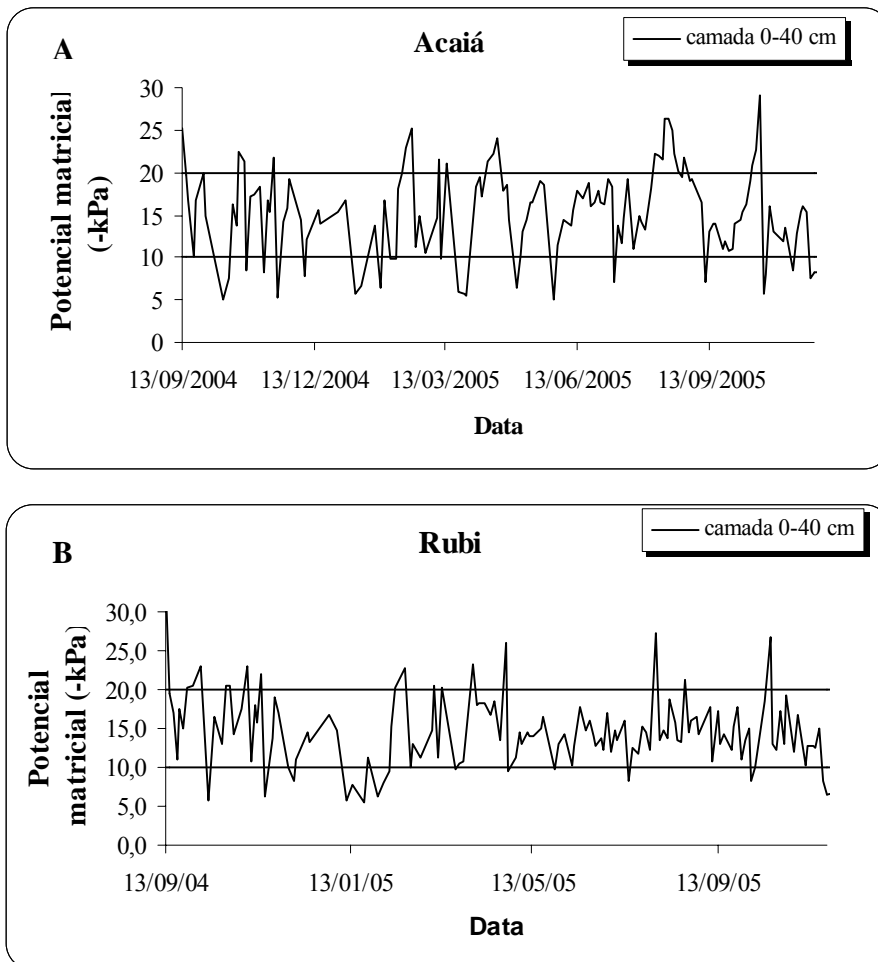


FIGURA 13 Variação do potencial matricial do solo nas cultivares Acaiá (A) e Rubi (B), na camada de 0-40 cm de profundidade, durante o período de irrigação. Lavras, MG, 2009.

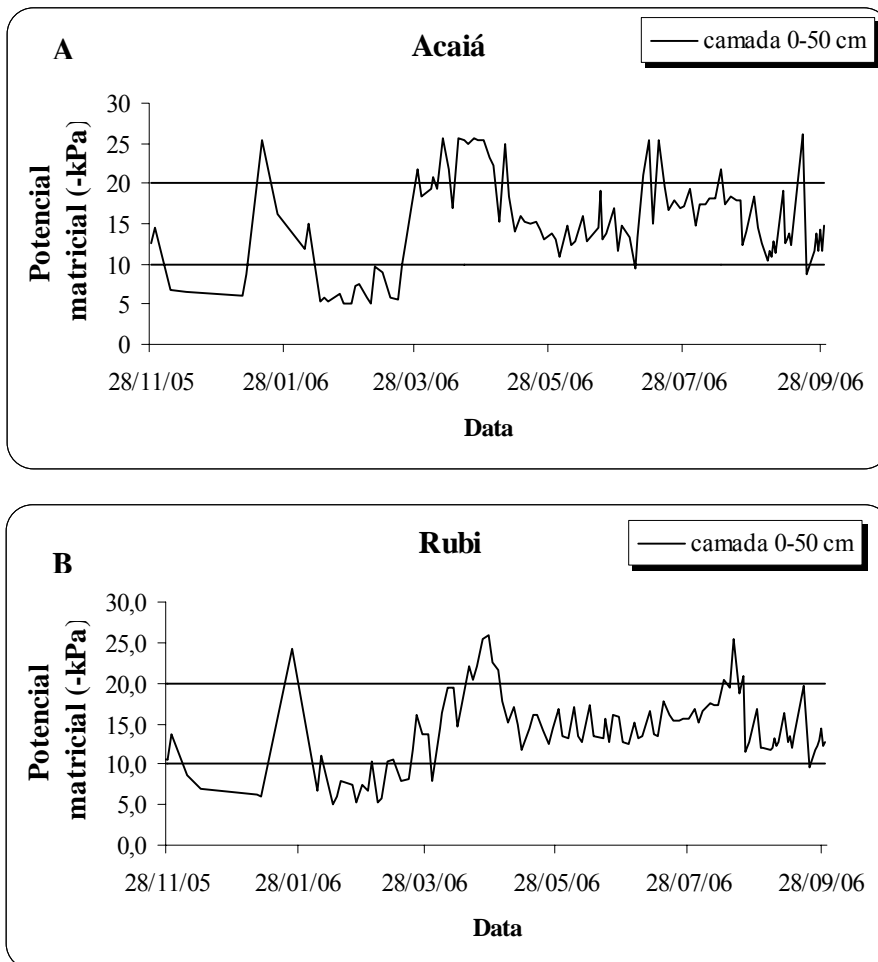


FIGURA 14 Variação do potencial matricial do solo nas cultivares Acaia (A) e Rubi (B), na camada de 0-50 cm de profundidade, durante o período de irrigação. Lavras, MG, 2009.

4.4 Temperatura base

Os dados para a determinação da temperatura base inferior (Tb) e da temperatura base superior (TB) foram trabalhados em planilhas do Excel e os resultados são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 Temperatura base inferior (Tb) e superior (TB) calculada pelas metodologias de Ometto, coeficiente de regressão (Re) coeficiente de variação, em graus-dia (CVgd), desvio padrão, em graus-dia (SDgd) e desvio padrão, em dias (SDd). Lavras, MG, 2009.

	Ometto	Re	CVgd	SDgd	SDd
Tb (°C)	7,9	12,6	12,9	14,6	16,8
TB (°C)	33,7	-	-	-	-

Quando realizado o teste ‘t’ de Student, observou-se que todas as temperaturas base foram diferentes entre si.

Utilizando a metodologia descrita por Ometto (1981), Iaffe et al. (2001) determinaram a temperatura base para o cafeeiro em 11°C na região de Campinas, SP e, para a temperatura base superior (TB), foi encontrado o valor de 34°C.

Coelho (2004), Ribeiro (2006) e Silva (2006) determinaram o coeficiente de cultura para duas cultivares de cafeeiro (*C. arabica*) associado a graus-dia, adotando, com base em revisão de literatura, valores de Tb e TB de, respectivamente, 13°C e 34°C.

Lima & Silva (2008) determinaram as temperaturas base inferior (Tb) superior (TB), em Lavras, para duas culturas de cafeeiro (*C. arabica*) em fase de implantação e encontraram, para Tb, 12,9°C, pelo método apresentado por Ometto (1981); 14,8°C, para os métodos de menor desvio padrão, em dias (SDd), método coeficiente de regressão (Re) e coeficiente de variação, em graus-dia (CVgd) e 15,4°C, pelo método de menor desvio padrão, em graus-dia

(SDgd). A temperatura base superior foi de 32,4°C, determinada somente pelo método descrito por Ometto (1981).

4.5 Graus-dia de desenvolvimento

Na Tabela 3 são apresentados os valores acumulados de graus-dia (GDD) para as diferentes datas de plantio, métodos de determinação e temperaturas base, desde o período de implantação do projeto, em março de 2003, até o término deste experimento, em julho de 2006.

Apesar de os métodos de determinação de GDD terem tido somas diferentes para uma mesma temperatura base, não houve diferença significativa entre os métodos, quando realizado o teste 't' de Student.

Considerando o método de Ometto à Tb de 12,9°C, a diferença de GDD entre a D1 e a D8 é de 1.608,4°C. Mesmo assim, tendo um intervalo de dias bem como de soma térmica entre as datas de plantio, as plantas das duas cultivares, nas diferentes datas de plantio, floresceram no mesmo período. Entretanto, a planta de café é uma espécie de floração gregária, ou seja, todas as plantas de uma região florescem simultaneamente, com número de floradas variável, desde umas poucas até várias ao longo do ano em regiões equatoriais (Soares et al., 2005). Para as duas cultivares (Acaiá Cerrado e Rubi), a primeira florada do ano de 2005 ocorreu no mês de agosto. A segunda florada do ano de 2005 ocorreu no mês de setembro, tendo duas outras floradas sido observadas, mas com menor intensidade. No ano de 2006, a primeira florada ocorreu um pouco mais cedo (final do mês de junho início de julho), tendo ainda mais duas floradas até o mês de setembro.

Levando-se em consideração somente o intervalo entre as floradas do primeiro ano e a florada do segundo ano, a soma de graus-dia para os quatro métodos de determinação de GDD e todas as Tb são apresentadas na Tabela 4.

TABELA 3 Acúmulo de energia, em graus-dia de desenvolvimento (GDD) (°C), para as cultivares de cafeeiro Acaiá Cerrado e Rubi. Lavras, MG, 2009.

Tb ¹ (°C)	Data ²	Métodos de determinação de GDD (°C)			
		Residual	Ometto	Snyder	Dufault
7,9	D1	17510,2	15820,4	15335,5	15473,9
	D2	16729,8	15341,1	14964,4	15108,3
	D3	16513,6	14975,5	14588,1	14742,4
	D4	16095,3	14609,6	14302,3	14456,7
	D5	15799,6	14323,8	13951,1	14110,5
	D7	14995,7	13608,2	13189,0	13305,7
	D8	14527,8	13187,2	12761,4	12847,4
	Média		16031,7	14552,3	14155,9
Tb (°C)	Data	Métodos de determinação de GDD (°C)			
		Residual	Ometto	Snyder	Dufault
12,6	D1	23869,9	9948,4	19022,7	9919,9
	D2	23143,1	9776,3	18758,1	9704,4
	D3	23047,0	9420,6	18493,5	9488,9
	D4	22498,9	9207,2	18223,2	9277,9
	D5	22207,9	9062,8	17961,3	9142,2
	D7	21117,0	8652,4	17428,4	8736,6
	D8	20493,2	8376,1	17158,8	8451,2
	Média		22339,6	9206,2	18149,5
Tb (°C)	Data	Métodos de determinação de GDD (°C)			
		Residual	Ometto	Snyder	Dufault
12,9	D1	24333,1	10262,0	19630,1	10274,7
	D2	23650,5	9942,6	19370,5	10050,1
	D3	23598,2	9720,3	19110,9	9825,6
	D4	23114,5	9510,5	18863,8	9605,4
	D5	22560,6	9358,6	18592,9	9460,6
	D7	21325,9	8938,6	18061,1	9036,4
	D8	20681,6	8653,6	17782,8	8742,0
	Média		22752,0	9483,7	18773,5

“...continua...”

“TABELA 3, Cont.”

Tb (°C)	Data	Métodos de determinação de GDD (°C)			
		Residual	Ometto	Snyder	Dufault
14,6	D1	3536,8	7988,4	9232,3	7754,3
	D2	2803,6	7743,7	9014,3	7589,7
	D3	2703,5	7579,7	8764,5	7431,5
	D4	2607,5	7419,6	8557,1	7346,8
	D5	2534,1	7314,1	8302,6	7208,3
	D7	2418,4	7023,6	7863,3	6812,2
	D8	2313,4	6804,3	7611,6	6561,6
	Média	2702,4	7410,5	8477,9	7242,5
Tb (°C)	Data	Métodos de determinação de GDD (°C)			
		Residual	Ometto	Snyder	Dufault
16,8	D1	25123,9	5714,0	7581,2	5298,0
	D2	24392,9	5536,2	7379,3	5195,0
	D3	23790,3	5419,8	7176,1	5102,4
	D4	23179,5	5310,5	7023,4	5077,4
	D5	22656,8	5245,6	6825,2	5006,0
	D7	21451,3	5039,2	6408,1	4744,1
	D8	20776,8	3986,4	6202,7	4561,7
	Média	23053,1	5178,8	6942,3	4997,8

¹Temperatura-base inferior; ²Data de plantio das mudas de cafeeiro, em que: D1 = 19/03/03; D2 = 19/04/03; D3 = 19/05/03; D4 = 19/06/03; D5 = 19/07/03 ; D7 = 19/09/03; D8 = 19/10/03.

TABELA 4 Acúmulo de energia, em graus-dia de desenvolvimento (GDD) (°C), entre a primeira e a segunda florada, para as cultivares de cafeeiro Acaia Cerrado e Rubi. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C)	Residual	Ometto	Snyder	Dufault
7,9	15596,7	4963,6	4984,1	4983,9
12,6	2549,7	3242,8	3480,9	3263,7
12,9	15596,0	3123,5	3397,7	3153,9
14,6	1766,9	2525,3	2954,7	2533,3
16,8	15612,4	1814,4	2480,1	1743,4

É possível observar, pela Tabela 4, que quanto menor a T_b maior é a soma de GDD para os métodos descritos por Ometto, Snyder e Dufault. O método Residual não seguiu esse padrão. Segundo Pezzopane et al. (2008), o valor de graus-dia para o café arábica cv. Mundo Novo é de 2.887°C, considerando apenas o subperíodo do florescimento a colheita. Para o período de floração à maturação, Nunes et al. (2008) encontraram valor de 2.790°C. Contudo, esses dois trabalhos utilizaram a T_b de 10,5°C. Utilizando uma T_b de 12,9°C, Lima & Silva (2008) encontraram o valor de 3.641°C, para o período de plantio até a primeira florada. Os diferentes valores de GDD encontrados na literatura são o resultado de estudos realizados em épocas diferentes, cultivares diferentes e a utilização de T_b diferentes. Mas, Souza et al. (2009) comentam que os valores de GDD podem variar de local para local para uma mesma cultura e, dentro desta, podem ser encontrados valores diferenciados entre cultivares.

Contudo, estudos relacionados a fim de determinar valores de GDD para o cafeeiro são realizados considerando um estágio específico de desenvolvimento da cultura. Estudos que abordem um período maior não foram encontrados na literatura científica.

4.6 Evapotranspiração de referência (ET_0)

A determinação da evapotranspiração de referência foi realizada com a Equação de Penman-Monteith (FAO 56) (Allen et al., 1998), com o propósito de ter um dos parâmetros necessários à determinação do coeficiente de cultura (K_c).

Os valores da ET_0 , durante o período do experimento, podem ser observados na Figura 15. O menor valor de ET_0 foi observado em março de 2006, com $3,00 \text{ mm d}^{-1}$, enquanto o maior valor foi de $5,13 \text{ mm d}^{-1}$, em novembro de 2004.

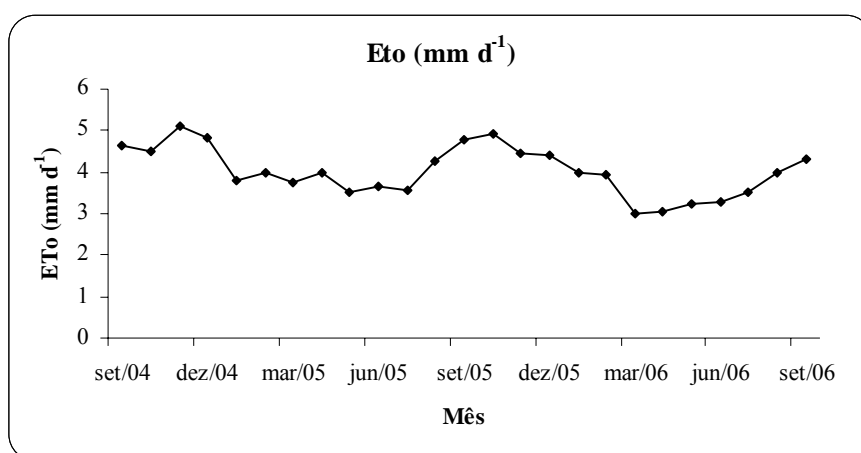


FIGURA 15 Variação mensal da evapotranspiração (ET_0) obtida pela equação de Penman-Monteith-FAO 56, nos anos de 2004, 2005 e 2006. Lavras, MG, 2009.

Apesar de o mês de novembro de 2004 não ter sido o de maior incidência de radiação solar, como se observa na Tabela 5, devido à quantidade de chuvas, formando, assim, muitas nuvens e não permitindo alta radiação solar,

aquele foi o mês com a maior velocidade do vento ($2,71 \text{ m s}^{-1}$). O movimento do ar, levando o ar úmido que envolve uma massa líquida até o ar seco, promove variação na perda de água pelas superfícies líquidas (Klar, 1984). Para o menor valor de ET_0 que ocorreu no mês de março do ano de 2006 quase não ocorreu vento ($0,87 \text{ m s}^{-1}$).

Para o ano de 2004, a temperatura média variou de $21,4^\circ\text{C}$ a $22,8^\circ\text{C}$, ficando a média em $22,4^\circ\text{C}$. Para o ano de 2005, a temperatura média variou entre $17,9^\circ\text{C}$ e $27,1^\circ\text{C}$, sendo o valor da média de $22,5^\circ\text{C}$. Esses valores de temperatura média são muito próximos ao intervalo de 18°C e 22°C recomendado por Matiello (1991) para o desenvolvimento de *C. arabica*. Entretanto, para o ano de 2006, a temperatura média foi de $24,1^\circ\text{C}$, ficando um pouco acima da recomendada pelos autores.

Com relação à umidade relativa do ar (UR), durante todo o período do experimento, observa-se que os maiores coincidiram com o período chuvoso, enquanto os menores valores da UR foram observados no período de seca, ou seja, o inverno, período esse que coincide com as menores temperaturas mínimas.

TABELA 5 Variáveis climáticas coletadas pela estação meteorológica do CPTEC/INPE entre 2004 e 2006. Lavras, MG, 2009.

Mês/Ano	Pluviosidade mm	Tmax. °C	Tmin. °C	Tmed. °C	UR %	V _{vento} m s ⁻¹	Rn MJ m ⁻² d ⁻¹
Set/04	32	29,8	15,7	22,7	58	2,58	17,06
Out/04	125	26,7	16,2	21,4	73	2,70	20,76
Nov/04	257	28,2	17,1	22,6	73	2,71	17,37
Dez/04	280	27,7	17,9	22,8	80	2,40	17,79
Jan/05	311	28,6	18,7	23,6	81	2,01	19,55
Fev/05	162	29,1	17,2	23,1	77	2,05	20,31
Mar/05	133	28,6	18,5	23,6	84	2,08	17,74
Abr/05	61	28,8	17,7	23,3	77	1,77	17,00
Mai/05	85	25,3	14,5	19,9	75	1,63	15,59
Jun/05	5	24,6	13,0	18,8	75	1,58	15,49
Jul/05	40	24,3	11,6	17,9	67	1,16	16,01
Ago/05	4	27,8	12,7	20,3	59	1,40	18,30
Set/05	83	26,5	15,5	21,0	55	1,64	18,20
Out/05	103	36,2	17,9	27,1	45	1,38	23,09
Nov/05	191	31,4	20,6	26,0	80	1,14	14,49
Dez/05	257	31,0	20,3	25,6	82	1,02	17,92
Jan/06	503	34,3	18,9	26,6	68	1,16	23,63
Fev/06	352	35,5	21,0	28,2	72	0,98	22,74
Mar/06	282	32,7	21,1	26,9	83	0,87	16,01
Abr/06	17	31,4	18,6	25,0	79	0,85	19,01
Mai/06	35	30,2	13,3	21,7	75	1,32	18,93
Jun/06	0	29,0	11,5	20,2	73	1,30	15,37
Jul/06	48	29,6	10,8	20,2	58	1,45	16,09
Ago/06	6	32,8	13,3	23,1	62	1,52	18,33
Set/06	12	33,6	16,0	24,8	61	1,25	19,22

4.7 Evapotranspiração da cultura (ET_c)

Na Tabela 6 são apresentados os dados do balanço hídrico médio mensal do solo para o período do experimento. Vale ressaltar que, à exceção dos meses de junho de 2005 e janeiro, julho, agosto e setembro de 2006, não são apresentados os dados, pois o equipamento 'Profile Probe' estava em manutenção.

Durante todo o período do experimento, a cultivar Acaiá Cerrado teve uma evapotranspiração 7% maior que a cultivar Rubi. Entretanto, nos meses de dezembro de 2004, fevereiro de 2005, março de 2005, abril de 2005, julho de 2005 e junho de 2006, a evapotranspiração da cultivar Rubi superou, em média, em 21% a evapotranspiração da cultivar Acaiá Cerrado. O mesmo comportamento das cultivares foi observado por Lima (2006), ainda na fase de implementação do experimento.

Para a cultivar Acaiá Cerrado, no ano de 2004, a evapotranspiração média foi de 3,05 mm d⁻¹; no ano de 2005, o valor foi de 2,26 mm d⁻¹ e em 2006, de 2,58 mm d⁻¹. Para todo o período do experimento, o valor médio da evapotranspiração foi de 2,15 mm d⁻¹. Durante os 20 meses de realização dos trabalhos, o maior e o menor valor foram 1,02 mm d⁻¹ e 3,95 mm d⁻¹, respectivamente, nos meses de fevereiro de 2005 e setembro de 2005.

Na cultivar Rubi, no ano de 2004, a evapotranspiração média foi de 3,11 mm d⁻¹; no ano de 2005, 2,23 mm d⁻¹ e, em 2006, 2,51 mm d⁻¹. O valor médio de 1,95 mm d⁻¹ foi encontrado para todo o período do experimento (20 meses) e o maior e menor valor foram de 1,55 mm d⁻¹ e 3,43 mm d⁻¹, respectivamente, para os meses de janeiro de 2004 e setembro de 2004.

Para o mês de setembro de 2005, observa-se, pelos dados da Tabela 6, que as duas cultivares tiveram um aumento nos valores da evapotranspiração. Esse fato pode ter ocorrido devido ao fato de a principal floração das cultivares ter ocorrido neste período.

Lima & Silva (2008) estudaram a evapotranspiração do cafeeiro irrigado em fase de implantação na cidade de Lavras e encontraram valores semelhantes aos encontrados por Antunes et al. (2000), quando a evapotranspiração do cafeeiro em formação na cidade de Viçosa, MG. Entretanto, Oliveira et al. (2003) estudaram diferentes épocas de irrigação em uma cultura de café, na cidade de Lavras, em fase de produção, verificaram que, no período de floração (inverno), a evapotranspiração média diária foi de 3,32 mm d⁻¹ e o maior valor foi de 3,50 mm d⁻¹.

TABELA 6 Componentes médios do balanço hídrico do solo com dados da cultivar Acaiá Cerrado e Rubi, entre setembro de 2004 e junho de 2006. Lavras, MG, 2009.

Mês/Ano	Acaiá Cerrado				Rubi			
	I	D	ΔA	ETc	I	D	ΔA	ETc
	mm d ⁻¹	mm d ⁻¹	mm d ⁻¹	mm d ⁻¹	mm d ⁻¹	mm d ⁻¹	mm d ⁻¹	mm d ⁻¹
Set/04	10,03	-0,003	-0,097	3,45	10,61	-0,001	0,06	3,43
Out/04	7,34	-0,025	0,412	3,06	7,07	0,088	0,53	2,99
Nov/04	7,79	-0,003	0,558	3,16	7,63	0,013	0,41	2,90
Dez/04	5,98	0,015	-0,199	2,44	3,91	0,034	0,71	3,11
Jan/05	2,72	0,000	0,691	1,77	1,26	0,012	-0,02	1,55
Fev/05	6,99	-0,004	0,040	1,02	6,43	0,079	-0,12	1,75
Mar/05	4,49	-0,006	-0,145	2,02	5,22	0,014	0,05	2,30
Abr/05	11,88	-0,154	0,251	2,08	10,38	0,014	-0,04	2,46
Mai/05	5,48	-0,065	1,831	3,51	5,82	0,009	0,35	3,21
Jul/05	9,49	-0,020	-1,044	1,78	5,83	0,009	-0,10	2,37
Ago/05	6,67	0,020	-0,247	3,29	8,03	0,009	-0,46	2,27
Set/05	11,71	-0,008	-0,243	3,95	6,02	0,012	0,05	3,53
Out/05	4,26	-0,001	0,323	3,24	5,82	0,222	0,70	1,85
Nov/05	5,40	-0,001	0,247	3,28	3,49	0,005	2,20	2,34
Dez/05	0,00	0,001	-3,543	2,20	0,00	0,004	1,24	1,89
Fev/06	0,00	0,004	2,740	2,71	0,00	0,003	1,36	2,05
Mar/06	2,52	0,002	-0,231	2,29	2,52	0,003	-1,5	2,06
Abr/06	10,25	0,086	0,533	2,95	15,46	0,005	-0,11	2,73
Mai/06	10,97	-0,683	-1,394	2,27	10,51	0,050	0,68	1,74
Jun/06	8,30	-0,043	0,140	2,68	7,93	0,022	0,54	2,96

I: irrigação; ΔA : variação de armazenamento; D: drenagem e ETc: evapotranspiração da cultura.

4.8 Coeficiente de cultura (Kc)

Os valores de coeficiente de cultura (Kc) para as duas cultivares, durante o período do experimento, são apresentados na Tabela 7.

Os valores do Kc encontrados para as duas cultivares foram diferentes. As médias para o período do experimento foram de 0,89 e 1,07, para a cultivar Acaiá Cerrado e Rubi, respectivamente. Estes resultados de Kc aproximaram-se mais dos valores recomendados por Santinato et al. (1996) e Guerra et al. (2005), para a cultura do cafeeiro.

Oliveira et al. (2007) estudaram coeficientes de cultura e relações hídricas do cafeeiro, com 36 meses de idade, cultivar Catucaí, sob dois sistemas de manejo de irrigação para o cerrado goiano. Os resultados encontrados pelos autores para o Kc foram, na média do período observado, de 1,12, apesar de, em agosto de 2004, ter sido encontrado valor de Kc de 1,51. Valores de Kc com variação de 52% foram encontrados por Oliveira et al. (2003). Estes autores estudaram a estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultura do cafeeiro arábica, com 16 anos de idade, na cidade de Lavras e encontraram coeficiente de cultura variando de 0,72 a 1,50, com média de 0,96.

Este coeficiente é influenciado pelas características da planta. Com o crescimento progressivo da área foliar, elevam-se as taxas de transpiração, aumentando os valores de Kc (Flumignan & Faria, 2009). Durante a realização deste trabalho, a idade das plantas de café variou de 24 meses a 18 meses, ou seja, estava em pleno crescimento, influenciando, dessa forma, em valores de Kc crescente. Sendo assim, Kc é um indicador de grande significado físico e biológico, dependente da arquitetura e da transpiração da planta (Lima & Silva, 2008).

TABELA 7 Valores do coeficiente de cultura (Kc) para as duas cultivares, durante o período do experimento. Lavras, MG, 2009.

Datas	Cultivar	
	Acaia Cerrado	Rubi
Set/04	0,26	0,73
Out/04	0,28	0,85
Nov/04	0,43	0,91
Dez/04	0,50	0,94
Jan/05	0,58	0,95
Fev/05	0,60	0,95
Mar/05	0,62	0,99
Abr/05	0,72	1,07
Mai/05	0,76	1,07
Jul/05	0,93	1,08
Ago/05	0,96	1,10
Set/05	1,03	1,13
Out/05	1,04	1,13
Nov/05	1,11	1,15
Dez/05	1,17	1,16
Fev/06	1,17	1,16
Mar/06	1,18	1,16
Abr/06	1,26	1,18
Mai/06	1,39	1,26
Jun/06	1,72	1,34

Na Tabela 8 são apresentados os resultados das equações polinomiais de 3º grau referentes à determinação do Kc *versus* GDD para a cultivar Acaia Cerrado. Para a temperatura base (Tb) de 7,9°C, somente no método de Snyder a equação não foi significativa, com coeficiente de variação (r²) de 48%. Para os outros métodos, as equações foram significativas. Para as Tb de 12,6°C e 14,6°C, somente para o método Residual as equações não foram significativas, com r² de 10% e 33%, respectivamente. Para os outros métodos, as equações foram significativas. Contudo, para as Tb de 12,9°C e 16,8°C, em todos os métodos, as equações foram significativas, com r² variando de 88% a 93%.

Os resultados das equações polinomiais de 3º grau referentes à determinação do Kc *versus* GDD para a cultivar Rubi são apresentados na

Tabela 9. Somente para o método Residual nas Tb de 12,6°C e 14,6°C as equações não foram significativas, com r² de 6% e 33%, respectivamente. Para os outros métodos, em todas as Tb, as equações foram significativas, com r² variando de 90% a 92%.

TABELA 8 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, de Kc¹ vs GDD², determinados em diferentes datas de plantio de café arábica, cultivar Acaia Cerrado, de acordo com quatro métodos de determinação de graus-dia. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ³	Parâm. ⁴	Residual	Ometto	Snyder	Dufault
7,9	Y ₀	-2,7984	-3,0757	7378,1246	-2,7095
	a	4x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	-8693,4561	6x10 ⁻⁴
	b	-1,3160x10 ⁻⁸	-3,0312x10 ⁻⁸	26444,5083	-2,8711x10 ⁻⁸
	c	1,3494x10 ⁻¹³	4,5622x10 ⁻¹³	-10962,8445	4,3916x10 ⁻¹³
	r ²	0,88**	0,86**	0,48 ^{NS}	0,87**
12,6	Y ₀	-2,9324	-2,1087	-2,1521	-1,8475
	a	5,6x10 ⁻³	8x10 ⁻⁴	7x10 ⁻⁴	7x10 ⁻⁴
	b	-2,6458x10 ⁻⁶	-5,7221x10 ⁻⁸	-5,3272x10 ⁻⁸	-5,4566x10 ⁻⁸
	c	4,0521x10 ⁻¹	1,3705x10 ⁻¹	1,239x10 ⁻¹	1,325x10 ⁻²
	r ²	0,1 ^{NS}	0,92**	0,92**	0,91**
12,9	Y ₀	-2,2492	-2,1226	-2,1917	-1,8298
	a	3x10 ⁻⁴	8x10 ⁻⁴	8x10 ⁻⁴	7x10 ⁻⁴
	b	-1,0888x10 ⁻⁸	-6,1133x10 ⁻⁸	-5,5918x10 ⁻⁸	-5,8067x10 ⁻²
	c	1,1133x10 ⁻¹	1,5108x10 ⁻²	1,3082x10 ⁻¹	1,4671x10 ⁻²
	r ²	0,93**	0,92**	0,92**	0,91**
14,6	Y ₀	13,1788	0,3556	-2,9431	-2,3190
	a	-0,0340	-3x10 ⁻⁴	1,1x10 ⁻³	1,1x10 ⁻³
	b	2,9443x10 ⁻⁵	1,1955x10 ⁻⁷	-8,355x10 ⁻⁸	-9,8939x10 ⁻⁸
	c	-8,0197x10 ⁻⁹	-7,4761x10 ⁻¹²	2,2648x10 ⁻¹²	2,9494x10 ⁻¹²
	r ²	0,33 ^{NS}	0,94**	0,88**	0,86**
16,8	Y ₀	-3,2438	-2,5750	-2,8804	-2,0580
	a	4x10 ⁻⁴	1,5x10 ⁻³	1,3x10 ⁻³	1,4x10 ⁻³
	b	1,2600x10 ⁻⁸	-1,9807x10 ⁻⁷	-1,2642x10 ⁻⁷	-1,8918x10 ⁻⁷
	c	1,2001x10 ⁻¹³	8,0859x10 ⁻⁸	3,9730x10 ⁻¹²	8,0682x10 ⁻¹²
	r ²	0,88**	0,86**	0,88**	0,85**

¹Kc – Coeficiente de cultura; ²GDD – graus-dia de desenvolvimento; ³Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ⁴Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; **Significativo a 1%; NS – não significativo.

TABELA 9 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, de Kc¹ vs GDD², determinados em diferentes datas de plantio de café arábica, cultivar Rubi, de acordo com quatro métodos de determinação de graus-dia. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ³	Parâm. ⁴	Residual	Ometto	Snyder	Dufault
7,9	Y ₀	-0,5659	-0,6875	-0,5753	-0,5492
	a	2x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁴
	b	-6,5865x10 ⁻⁹	-1,5070x10 ⁻⁸	-1,5209x10 ⁻⁸	-1,4788x10 ⁻⁸
	c	7,2090x10 ⁻¹⁴	2,4156x10 ⁻¹³	2,5270x10 ⁻¹³	2,4410x10 ⁻¹³
	r ²	0,90**	0,91**	0,91**	0,91**
12,6	Y ₀	-1,0131	-0,5969	-0,6067	-0,4637
	a	3x10 ⁻³	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴
	b	-1,3760x10 ⁻⁶	-3,409x10 ⁻⁸	-3,1321x10 ⁻⁸	-3,3153x10 ⁻⁸
	c	2,0495x10 ⁻¹	8,4255x10 ⁻²	8,403x10 ⁻¹	8,403x10 ⁻¹
	r ²	0,06 ^{NS}	0,91**	0,91**	0,90**
12,9	Y ₀	-0,6365	-0,6023	-0,6220	-0,4554
	a	0,0002	0,0005	0,0004	0,0004
	b	-6,2586x10 ⁻⁹	-3,6347x10 ⁻⁸	-3,2661x10 ⁻⁸	-3,3556x10 ⁻⁸
	c	6,5514x10 ⁻²	9,2599x10 ⁻²	7,8512x10 ⁻²	9,2785x10 ⁻¹
	r ²	0,90**	0,91**	0,91**	0,90**
14,6	Y ₀	5,5731	0,0595	-0,6362	0,3979
	a	-0,0125	2x10 ⁻⁴	5x10 ⁻⁴	5x10 ⁻⁴
	b	1,0814x10 ⁻⁵	-1,0243x10 ⁻⁸	-4,4012x10 ⁻⁸	-5,3178x10 ⁻⁸
	c	-2,9514x10 ⁻⁹	-3,4505x10 ⁻¹³	1,2230x10 ⁻¹²	1,7423x10 ⁻¹²
	r ²	0,31 ^{NS}	0,92**	0,91**	0,91**
16,8	Y ₀	-0,7512	-0,4933	-0,6138	-0,2939
	a	2x10 ⁻⁴	7x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	7x10 ⁻⁴
	b	-6,1847x10 ⁻⁹	-1,0279x10 ⁻⁷	-6,4142x10 ⁻⁸	-1,0508x10 ⁻⁷
	c	6,2458x10 ⁻¹⁴	4,5452x10 ⁻²	1,2230x10 ⁻¹²	5,0074x10 ⁻¹²
	r ²	0,91**	0,90**	0,91**	0,90**

¹Kc – Coeficiente de cultura; ²GDD – graus-dia de desenvolvimento; ³Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ⁴Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; **Significativo a 1%; NS – não significativo.

Os gráficos gerados pelas equações para as duas cultivares são apresentados nas Figuras 16 a 21.

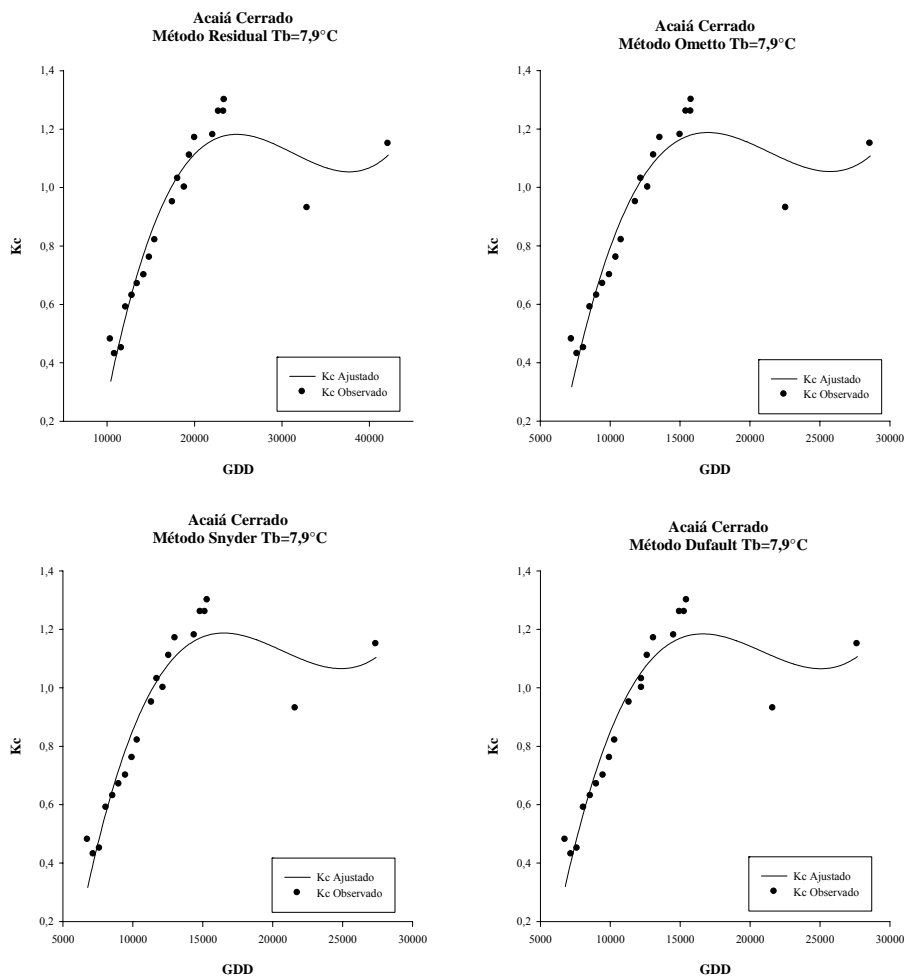


FIGURA 16 Curvas de Kc ajustadas em função de GDD, para a cultivar Acaia Cerrado, usando os métodos de determinação de GDD Residual, Ometto, Snyder e Dufault, com Tb (7,9°C) e TB (33,7°C), nas condições climáticas do experimento. Lavras, MG, 2009.

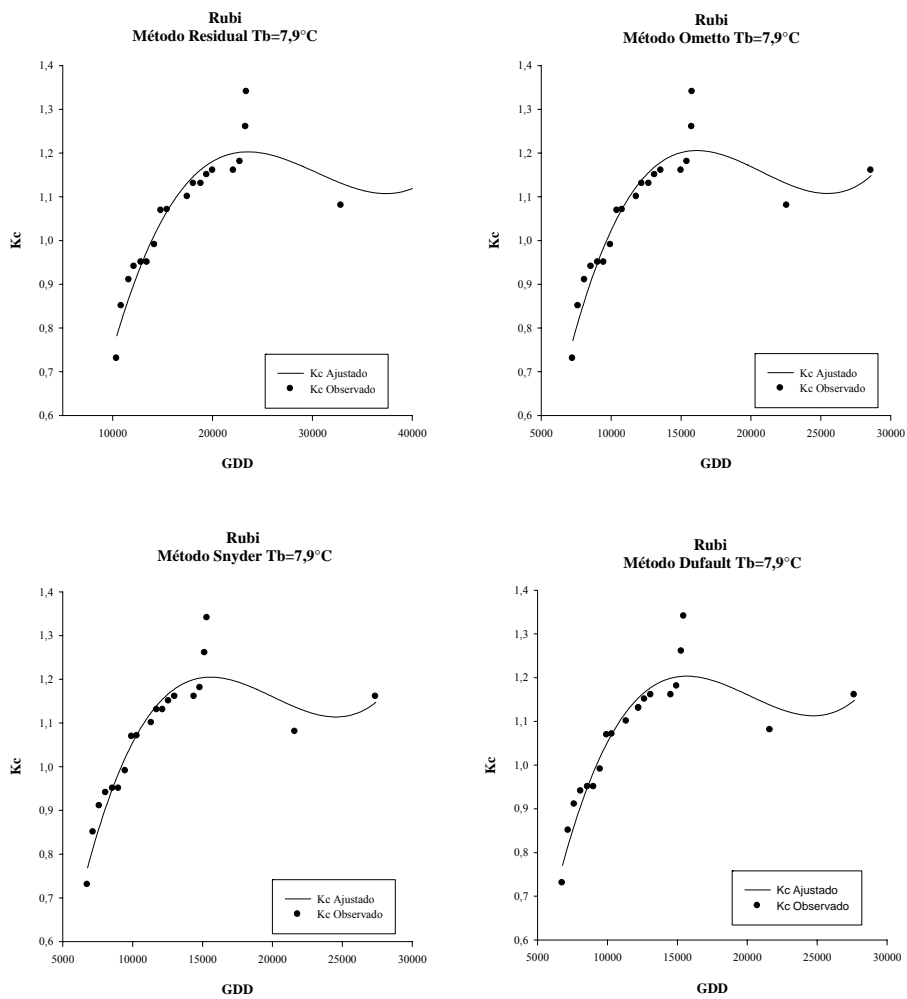


FIGURA 17 Curvas de Kc ajustadas em função de GDD, para a cultivar Rubi, usando os métodos de determinação de GDD Residual, Ometto, Snyder e Dufault, com Tb (7,9°C) e TB (33,7°C), nas condições climáticas do experimento. Lavras, MG, 2009.

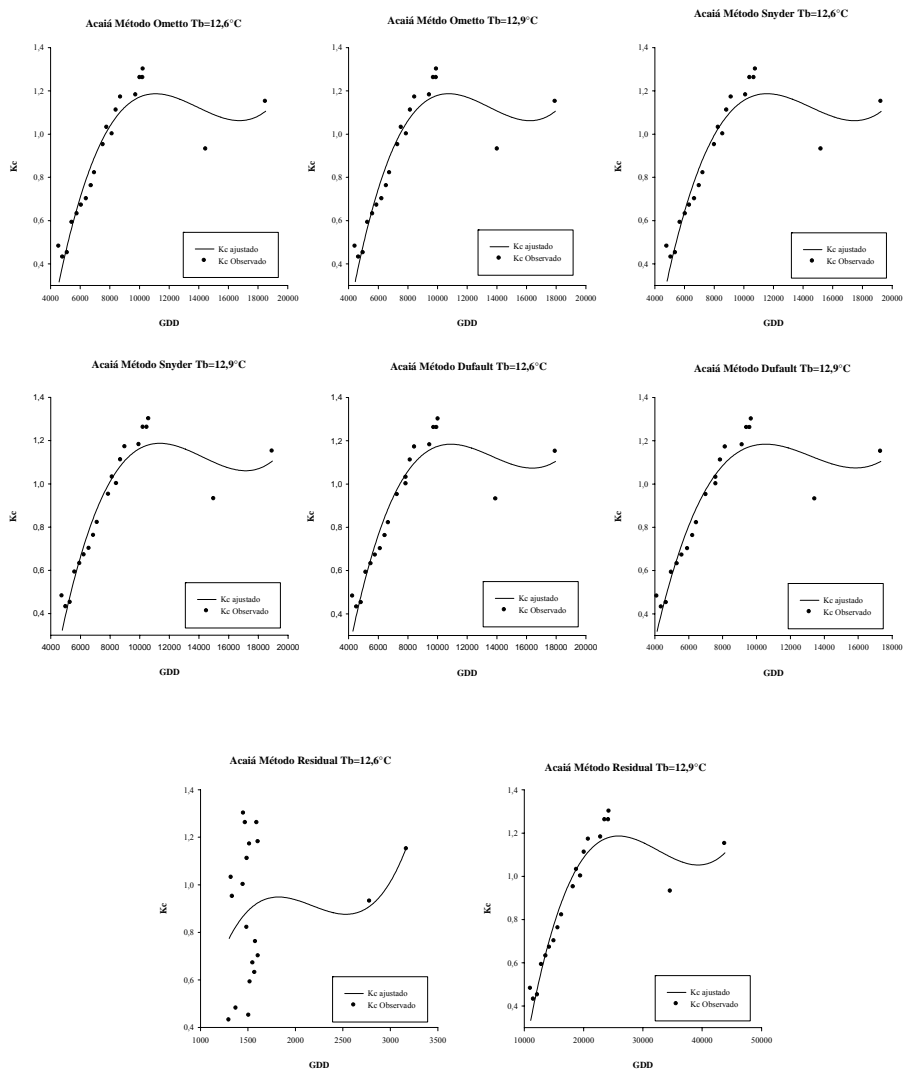


FIGURA 18 Curvas de Kc ajustadas em função de GDD, para a cultivar Acaia Cerrado, usando os métodos de determinação de GDD Residual, Ometto, Snyder e Dufault, com Tb (12,6°C e 12,9°C) e TB (33,7°C), nas condições climáticas do experimento. Lavras, MG, 2009.

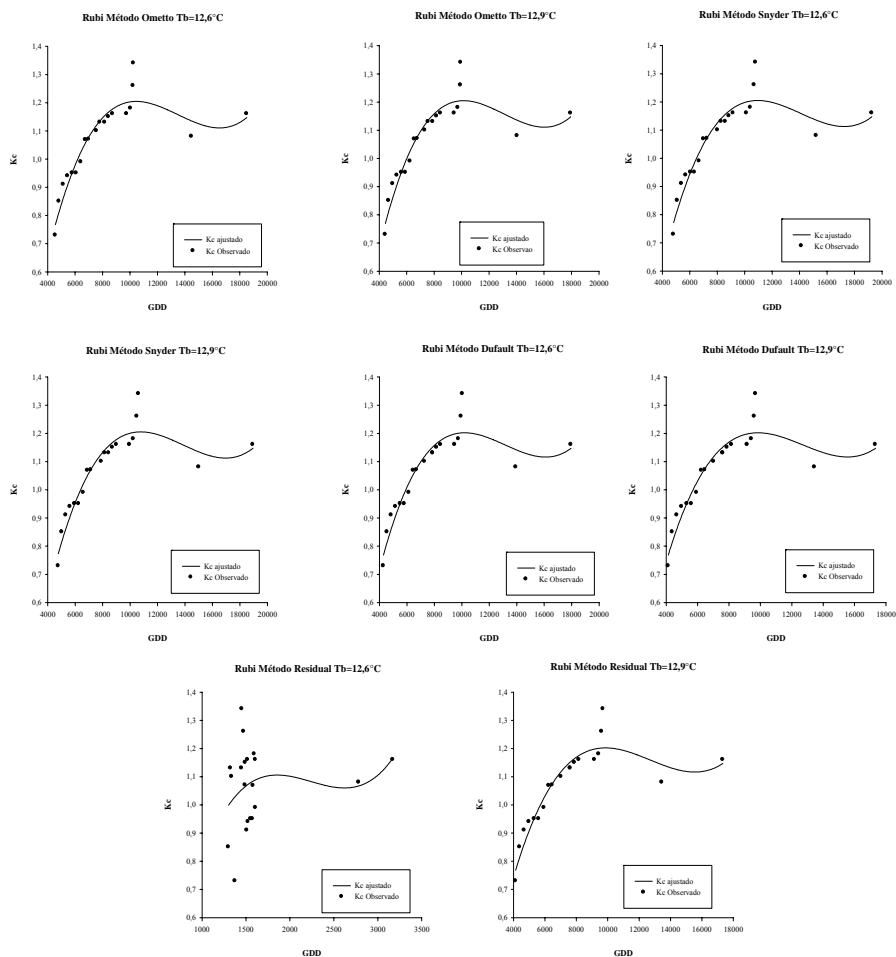


FIGURA 19 Curvas de Kc ajustadas em função de GDD, para a cultivar Rubi, usando os métodos de determinação de GDD Residual, Ometto, Snyder e Dufault, com Tb (12,6°C e 12,9°C) e TB (33,7°C), nas condições climáticas do experimento. Lavras, MG, 2009.

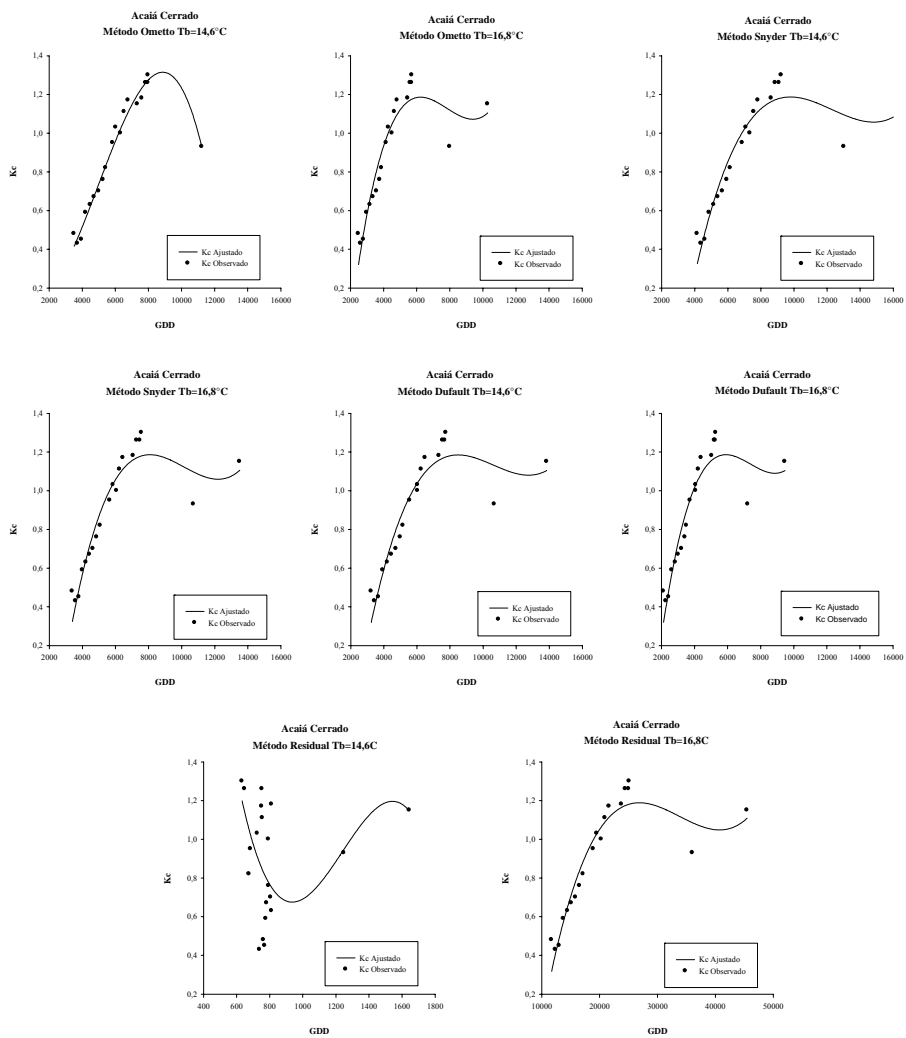


FIGURA 20 Curvas de Kc ajustadas em função de GDD, para a cultivar Acaia Cerrado, usando os métodos de determinação de GDD Residual, Ometto, Snyder e Dufault, com Tb (14,6°C e 16,8°C) e TB (33,7°C), nas condições climáticas do experimento. Lavras, MG, 2009.

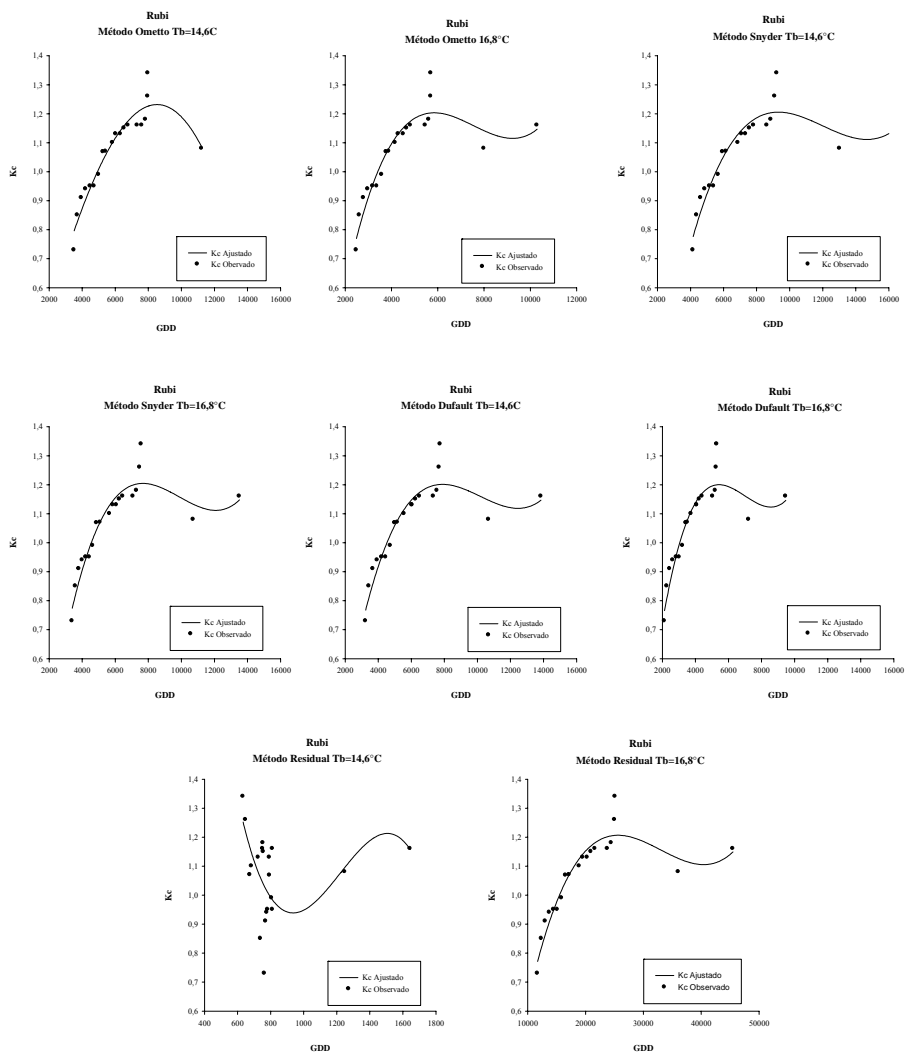


FIGURA 21 Curvas de Kc ajustadas em função de GDD, para a cultivar Rubi, usando os métodos de determinação de GDD Residual, Ometto, Snyder e Dufault, com Tb (14,6°C e 16,8°C) e TB (33,7°C), nas condições climáticas do experimento. Lavras, MG, 2009.

Na cultivar Acaia Cerrado, na temperatura base de 7,9°C, o método Residual não apresentou um bom ajuste na curva, apesar de o coeficiente de determinação ter sido de 88%. Entretanto, embora o método de Snyder não apresente um bom coeficiente de determinação (48%), a curva se mostrou semelhante aos outros métodos que obtiveram coeficientes de regressão altos. Para todos os métodos, Ometto e Dufault tiveram um bom ajuste. Para a temperatura de 12,6°C, o método Residual não apresentou um bom ajuste de curva, tendo, para esta temperatura base, o coeficiente de determinação sido muito baixo (10%). Para os outros métodos, as curvas tiveram um bom ajuste. Na temperatura de 12,9°C, todos os métodos tiveram um bom ajuste de curva. Para a temperatura base de 14,6°C, o método Residual não teve um bom ajuste e também não apresentou um bom coeficiente de determinação (33%). Entretanto, os gráficos para os outros métodos, nesta temperatura, não tiveram bom ajuste. Na temperatura base de 16,8°C, todos os coeficientes de regressão foram bons, variando de 85% a 88%. Contudo, os gráficos não tiveram um bom ajuste.

Para a cultivar Rubi, a temperatura base de 7,9°C teve um bom ajuste dos gráficos para todos os métodos de determinação de GDD. Para a temperatura base de 12,6°C, o método Residual não apresentou um bom ajuste do gráfico e o coeficiente de determinação também foi muito baixo. As temperaturas base de 12,9°C e 16,8°C tiveram um bom ajuste dos gráficos e altos valores de coeficiente de determinação para todos os métodos. Para a temperatura base de 14,6°C, o método Residual não apresentou bom ajuste do gráfico e baixo coeficiente de determinação (31%). Entretanto, para o método de Ometto em que o coeficiente de determinação é alto (92%), o gráfico não apresentou um bom ajuste. Contudo, para os métodos Snyder e Dufault, os gráficos apresentaram um bom ajuste, além de altos valores do coeficiente de determinação que foram de 91%, para ambos os métodos.

As curvas de Kc geradas são típicas de culturas perenes, que passam por um período de maior exigência hídrica por causa do florescimento e maturação dos frutos e outro período de menor exigência hídrica, devido ao período vegetativo da cultura. Lima & Silva (2008) encontraram uma curva crescente de Kc, pois avaliaram o período de plantio até a primeira florada, período de demanda crescente de exigências hídricas em virtude do rápido crescimento da planta.

Quando realizado o teste de 't' de Student para a comparação da soma de GDD para uma mesma temperatura base, não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade. Entretanto, quando foram comparadas médias dos métodos de determinação de GDD entre as temperaturas base inferior, houve diferença significativa, a 5% de probabilidade. Para os valores de Kc, não houve diferença significativa entre as duas cultivares, a 5% de probabilidade, pelo teste 't' de Student.

Como os resultados para os valores de Kc entre as duas cultivares não foram diferentes estatisticamente é possível agrupar os valores para a obtenção de uma equação polinomial de 3º grau. Na Tabela 10 são apresentados os valores do agrupamento para cada temperatura base inferior.

Para a temperatura base inferior e de 7,9°C, todos os métodos de determinação de GDD foram significativos, com coeficiente de determinação variando de 0,51 a 0,67. Na Tb de 12,6°C o método Residual não foi significativo com coeficiente de determinação de 0,1. Entretanto, para os métodos descritos por Ometto, Snyder e Dufault, o agrupamento, para os valores de Kc, entre as duas cultivares, foi significativo, com coeficientes de determinação de 0,72, 0,72 e 0,71, respectivamente. Todos os métodos foram significativos para as Tb de 12,9°C e 16,8°C e os coeficientes de regressão ficaram entre 0,65 e 0,72.

TABELA 10 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, de Kc¹ vs GDD² determinados por meio de agrupamento dos dados das cultivares Acaia Cerrado e Rubi, de acordo com quatro métodos de determinação de graus-dia. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	Residual	Ometto	Snyder	Dufault
7,9	Y ₀	3,1128	-1,8816	-1,6731	-1,6294
	a	-0,6x10 ⁻⁴	5x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴
	b	4,3265x10 ⁻⁸	-2,2691x10 ⁻⁸	-2,2390x10 ⁻⁸	-2,1749x10 ⁻⁸
	c	-9,2625x10 ⁻¹³	3,4889x10 ⁻¹³	3,5388x10 ⁻¹³	3,4163x10 ⁻¹³
	r ²	0,51**	0,67**	0,66**	0,66**
12,6	Y ₀	-2,4103	-1,3528	-1,3794	-1,1556
	a	4,9x10 ⁻³	6x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴
	b	-2,3121x10 ⁻⁶	-4,5652x10 ⁻⁸	-4,2296x10 ⁻⁸	-4,3860x10 ⁻⁸
	c	3,5072x10 ⁻¹	1,1065x10 ⁻¹	9,8215x10 ⁻²	1,0864x10 ⁻²
	r ²	0,1 ^{NS}	0,72**	0,72**	0,71**
12,9	Y ₀	-1,4428	-1,3624	-1,4069	-1,1426
	a	3x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴
	b	-8,5734x10 ⁻⁹	-4,8740x10 ⁻⁸	-4,4290x10 ⁻⁸	-4,6712x10 ⁻²
	c	8,8420x10 ⁻¹	1,2184x10 ⁻²	1,0467x10 ⁻²	1,1975x10 ⁻²
	r ²	0,72**	0,72**	0,72**	0,71**
14,6	Y ₀	9,3760	0,2075	-1,7696	-1,3584
	a	-2,3x10 ⁻²	-4,8942x10 ⁻⁵	8x10 ⁻⁴	8x10 ⁻⁴
	b	2,0129x10 ⁻⁹	5,4654x10 ⁻⁸	-65684x10 ⁻⁸	-7,6058x10 ⁻⁸
	c	-5,4855x10 ⁻⁹	-3,9106x10 ⁻¹²	1,7439x10 ⁻¹²	2,3458x10 ⁻¹²
	r ²	0,24 ^{NS}	0,70**	0,67**	0,66**
16,8	Y ₀	-1,9975	-1,5342	-1,7471	-1,1759
	a	3x10 ⁻⁴	1,1x10 ⁻³	9x10 ⁻⁴	1,1x10 ⁻³
	b	-9,3923x10 ⁻⁹	-1,5043x10 ⁻⁷	-9,5282x10 ⁻⁸	1,4713x10 ⁻⁷
	c	9,1233x10 ⁻¹⁴	6,3153x10 ⁻⁷	3,0693x10 ⁻¹²	6,5378x10 ⁻¹²
	r ²	0,67**	0,66**	0,67**	0,65**

¹Kc – Coeficiente de cultura; ²GDD – graus-dia de desenvolvimento; ³Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ⁴Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; **Significativo a 1%; NS – não significativo.

Nas Figuras 22, 23 e 24 são apresentadas as curvas do agrupamento para cada temperatura base inferior.

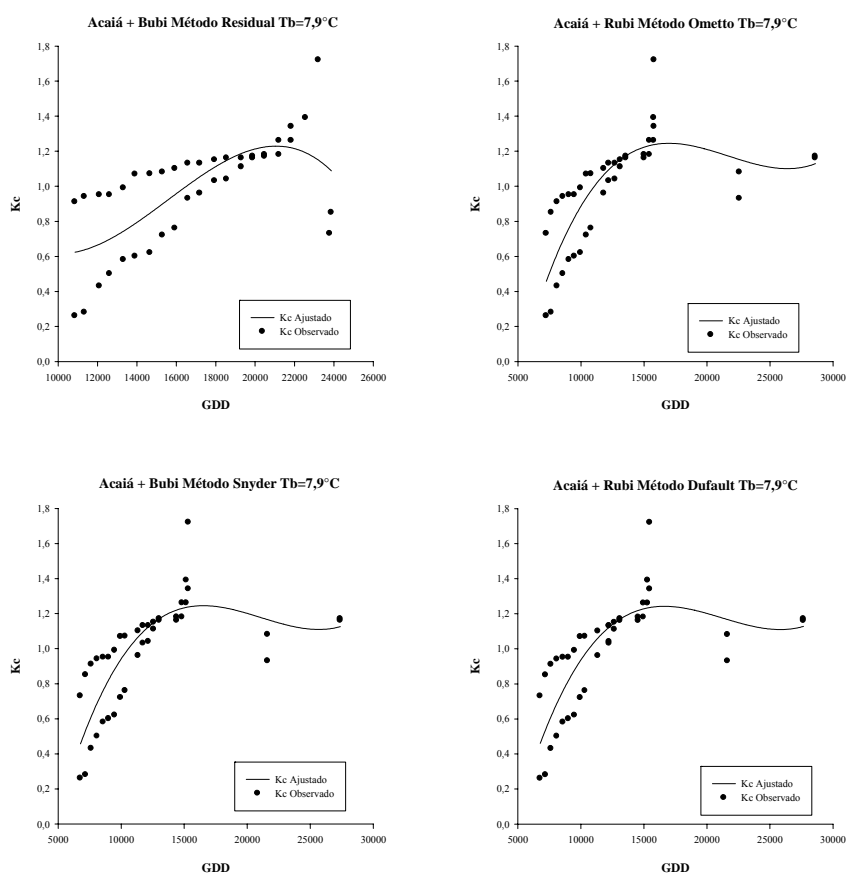


FIGURA 22 Curvas de Kc, em função de GDD, considerando os dados agrupados das cultivares Acaiá Cerrado e Rubi, e os métodos Residual, Ometto, Snyder e Dufault, para Tb de 7,9°C. Lavras, MG, 2009.

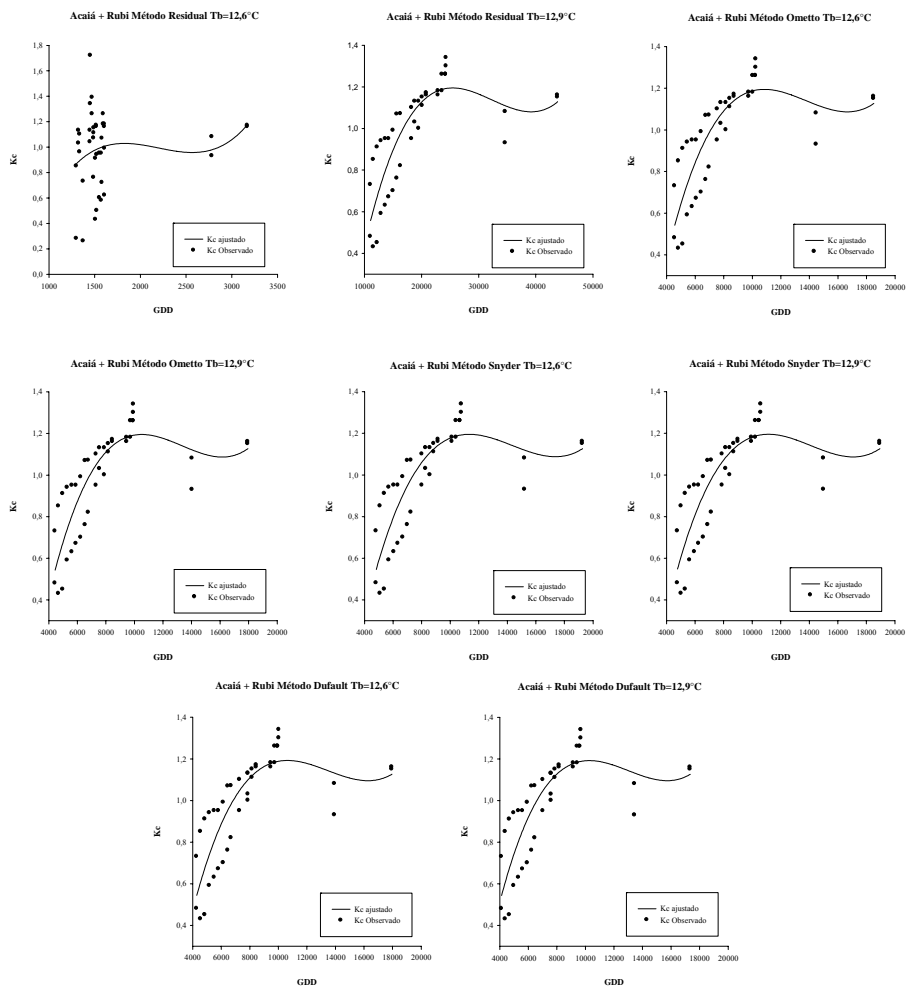


FIGURA 23 Curvas de Kc, em função de GDD, considerando os dados agrupados das cultivares Acaia Cerrado e Rubi, e os métodos Residual, Ometto, Snyder e Dufault, para Tb de 12,6°C e 12,9°C. Lavras, MG, 2009.

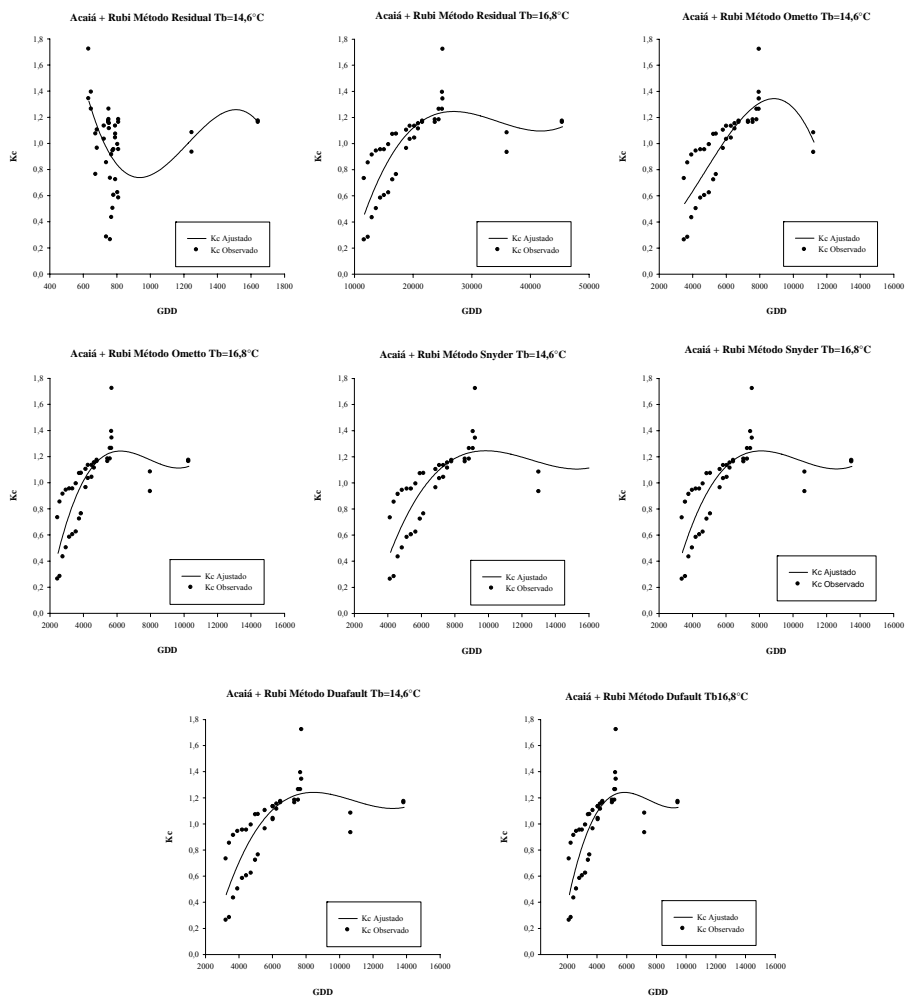


FIGURA 24 Curvas de Kc, em função de GDD, considerando os dados agrupados das cultivares Acaiá Cerrado e Rubi, e os métodos Residual, Ometto, Snyder e Dufault, para Tb de 14,6°C e 16,8°C. Lavras, MG, 2009.

Para as curvas geradas para a T_b de $7,9^{\circ}\text{C}$, o método Residual não teve um bom ajuste, apesar de ter sido significativo. Entretanto, o coeficiente de determinação foi de 51%. Para a temperatura de $12,6^{\circ}\text{C}$, o único método em que a curva não teve um bom ajuste foi o Residual, com um r^2 de 10%. Para todos os outros métodos foram geradas curvas com bom ajuste. Entretanto, para os gráficos gerados para as T_b de $14,6^{\circ}\text{C}$ e $16,8^{\circ}\text{C}$, a melhor curva foi para o método Snyder para a T_b de $14,6^{\circ}\text{C}$. Para todos os outros métodos, o ajuste não foi bom.

A temperatura base que apresentou os melhores coeficientes de regressão para os dados agrupados, ou seja, para as duas cultivares de café para todos os métodos foi a $12,9^{\circ}\text{C}$. Os valores de Kc máximo, mínimo e médio, quando realizado o agrupamento, foram de 1,3; 0,4 e 1,0, respectivamente, os quais são semelhantes aos citados na literatura e discutidos anteriormente.

4.9 Crescimento vegetativo

Nas Tabelas de 11 a 14 são apresentados os resultados das regressões polinomiais de 3° grau para a cultivar Acaíá Cerrado. Para os métodos descritos por Ometto, Snyder e Dufault, todas as características mostraram-se significativas, com coeficiente de determinação variando de 0,94 a 0,99, em todas as T_b analisadas. Somente para o método Residual, as T_b de $12,6^{\circ}\text{C}$ e $14,6^{\circ}\text{C}$ não foram significativas, com coeficiente de determinação variando de 0,10 a 0,23, em todas as características vegetativas analisadas.

Para a cultivar Rubi, os resultados das equações polinomiais de 3° grau são apresentados nas Tabelas 15, 16, 17 e 18. Os métodos descritos por Ometto, Snyder e Dufault apresentaram significância, com r^2 variando de 0,97 a 0,99, para todas as características analisadas, nas cinco T_b estudadas. Contudo, o método Residual não foi significativo para as T_b de $12,6^{\circ}\text{C}$ e $14,6^{\circ}\text{C}$.

TABELA 11 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica, cultivar Acaia Cerrado. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Ometto (1981), para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	216,7201	57,7568	0,3197	-63,5301
	a	-6,41x10 ⁻²	-2,25x10 ⁻²	4x10 ⁻⁴	2,13x10 ⁻²
	b	8,0925x10 ⁻⁶	4,5184x10 ⁻⁶	1,0499x10 ⁻⁷	-1,1597x10 ⁻⁶
	c	-2,6484x10 ⁻¹⁰	-1,6798x10 ⁻¹⁰	-3,8674x10 ⁻¹²	2,3891x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**
12,6	y ₀	251,8782	18,0958	3,0864	-60,6109
	a	-1,129x10 ⁻¹	-1,43x10 ⁻²	1,8x10 ⁻³	3,27x10 ⁻²
	b	2,1177x10 ⁻⁵	7,6520x10 ⁻⁶	4,1198x10 ⁻⁷	-2,8290x10 ⁻⁶
	c	-1,0579x10 ⁻⁹	-4,6906x10 ⁻¹⁰	-2,1575x10 ⁻¹¹	9,2052x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,95**
12,9	y ₀	94,4805	-96,5755	1,4611	-34,5846
	a	-4,45x10 ⁻²	3,72x10 ⁻²	1,1x10 ⁻³	2,18x10 ⁻²
	b	1,1967x10 ⁻⁵	5,7278x10 ⁻⁷	3,2643x10 ⁻⁷	-1,2598x10 ⁻⁶
	c	-6,6185x10 ⁻¹⁰	-1,6051x10 ⁻¹⁰	-1,8282x10 ⁻¹¹	1,8803x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**
14,6	y ₀	249,5407	98,6574	1,9298	-38,6174
	a	-1,432x10 ⁻²	-6,33x10 ⁻²	1,6x10 ⁻³	3x10 ⁻²
	b	3,4679x10 ⁻⁵	2,0813x10 ⁻⁵	5,4635x10 ⁻⁷	-2,6658x10 ⁻⁶
	c	-2,2348x10 ⁻⁹	-1,4775x10 ⁻⁹	-3,7746x10 ⁻¹¹	8,4290x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**
16,8	y ₀	-56,6501	-133,4689	-2,0064	-12,2361
	a	4,85x10 ⁻²	9,87x10 ⁻²	1x10 ⁻³	2,15x10 ⁻²
	b	3,3464x10 ⁻⁶	-7,3150x10 ⁻⁶	2,2060x10 ⁻⁷	2,9276x10 ⁻⁷
	c	-7,6881x10 ⁻¹⁰	-1,0443x10 ⁻¹⁰	-3,2610x10 ⁻¹¹	-2,3431x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,97**	0,98**	0,99**	0,95**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 12 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica, cultivar Acaia Cerrado. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Snyder, para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	195,1527	49,4348	0,4787	-53,3272
	a	-5,88x10 ⁻²	1,89x10 ⁻²	4x10 ⁻⁴	2x10 ⁻²
	b	7,9441x10 ⁻⁶	4,3524x10 ⁻⁶	1,0917x10 ⁻⁷	-1,1108x10 ⁻⁶
	c	-2,7221x10 ⁻¹⁰	-1,7071x10 ⁻¹⁰	-4,1628x10 ⁻¹²	2,3481x10 ⁻¹¹
	r ²	0,99**	0,98**	0,99**	0,94**
12,6	y ₀	187,9720	17,9122	-0,4321	-77,8684
	a	-8,13x10 ⁻²	-1,49x10 ⁻²	2x10 ⁻⁴	3,85x10 ⁻²
	b	1,5820x10 ⁻⁵	7,4705x10 ⁻⁶	1,7704x10 ⁻⁷	-3,5600x10 ⁻⁶
	c	-7,7420x10 ⁻¹⁰	-4,4547x10 ⁻¹⁰	-1,0205x10 ⁻¹¹	1,2341x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,98**	0,99**	0,94**
12,9	y ₀	180,5823	-96,5755	1,4611	-77,5167
	a	-7,98x10 ⁻²	3,72x10 ⁻²	1,1x10 ⁻³	3,88x10 ⁻²
	b	1,5952x10 ⁻⁵	5,7278x10 ⁻⁷	3,2643x10 ⁻⁷	-3,6192x10 ⁻⁶
	c	-7,9576x10 ⁻¹⁰	-1,6051x10 ⁻¹⁰	-1,8282x10 ⁻¹¹	1,2684x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**
14,6	y ₀	139,8640	0,1097	1,9298	-696219
	a	-7,25x10 ⁻²	-9,3x10 ⁻³	-1,6x10 ⁻³	4,1x10 ⁻²
	b	1,8215x10 ⁻⁵	8,8307x10 ⁻⁶	5,4635x10 ⁻⁷	-4,0815x10 ⁻⁶
	c	-1,011x10 ⁻⁹	-6,3331x10 ⁻¹⁰	-3,7746x10 ⁻¹¹	1,5501x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,98**	0,99**	0,94**
16,8	y ₀	132,9098	-7,6676	-1,5758	-74,4393
	a	8,29x10 ⁻²	-5,5x10 ⁻³	4x10 ⁻⁴	5,26x10 ⁻²
	b	2,5790x10 ⁻⁵	1,1753x10 ⁻⁵	2,2784x10 ⁻⁷	-6,7635x10 ⁻⁶
	c	-1,8490x10 ⁻⁹	-1,0504x10 ⁻⁹	-2,1331x10 ⁻¹¹	3,2706x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,98**	0,99**	0,94**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 13 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica, cultivar Acaia Cerrado. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Dufault, para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	156,8642	23,2241	-0,7278	-60,1483
	a	-4,67x10 ⁻²	-1,1x10 ⁻²	-3,1896x10 ⁻⁵	2,21x10 ⁻²
	b	6,7160x10 ⁻⁶	3,4898x10 ⁻⁶	7,2355x10 ⁻⁸	-1,3145x10 ⁻⁶
	c	-2,3263x10 ⁻¹⁰	-1,4256x10 ⁻¹⁰	-3,0089x10 ⁻¹²	2,9714x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**
12,6	y ₀	181,8298	53,6160	0,3908	-43,3200
	a	-8,17x10 ⁻²	-2,76x10 ⁻²	5x10 ⁻⁴	2,75x10 ⁻²
	b	1,7258x10 ⁻⁵	9,7689x10 ⁻⁶	2,3017x10 ⁻⁷	-2,2656x10 ⁻⁶
	c	-9,1012x10 ⁻¹⁰	-5,8577x10 ⁻¹⁰	-1,3594x10 ⁻¹¹	7,1546x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**
12,9	y ₀	183,9762	56,2992	0,4907	-41,7752
	a	-8,55x10 ⁻²	-2,97x10 ⁻²	-5x10 ⁻⁴	2,79x10 ⁻²
	b	1,8634x10 ⁻⁵	1,0619x10 ⁻⁵	2,5254x10 ⁻⁷	-2,3453x10 ⁻⁶
	c	-1,0169x10 ⁻⁹	-6,5710x10 ⁻¹⁰	-1,5363x10 ⁻¹¹	7,5646x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**
14,6	y ₀	197,8130	73,8327	1,1457	-31,5106
	a	-1,141x10 ⁻¹	-4,57x10 ⁻²	-1x10 ⁻³	2,97x10 ⁻²
	b	3,0460x10 ⁻⁵	1,8096x10 ⁻⁵	4,5441x10 ⁻⁷	-2,7858x10 ⁻⁶
	c	-2,0698x10 ⁻⁹	-1,3717x10 ⁻⁹	-3,3553x10 ⁻¹¹	9,7888x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**
16,8	y ₀	220,4450	103,0721	2,2338	-14,0795
	a	-1,842x10 ⁻¹	8,82x10 ⁻²	-2,3x10 ⁻³	3,1x10 ⁻²
	b	6,9871x10 ⁻⁵	4,4135x10 ⁻⁵	1,1871x10 ⁻⁶	-2,6396x10 ⁻⁶
	c	-6,8994x10 ⁻⁹	-4,7533x10 ⁻⁹	-1,2364x10 ⁻¹⁰	2,7208x10 ⁻¹¹
	r ²	0,98**	0,98**	0,99**	0,94**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 14 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica, cultivar Acaia Cerrado. Procedimento realizado de acordo com o método Residual de determinação de graus-dia de desenvolvimento, para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	78,3396	-37,0554	-3,1850	-80,1877
	a	-1,60x10 ⁻²	4,5x10 ⁻³	4x10 ⁻⁴	1,84x10 ⁻²
	b	2,0407x10 ⁻⁶	8,3156x10 ⁻⁷	3,7590x10 ⁻⁹	-8,0322x10 ⁻⁷
	c	-4,9931x10 ⁻¹¹	-2,7730x10 ⁻¹¹	-3,3289x10 ⁻¹³	1,2986x10 ⁻¹¹
	r ²	0,99**	0,99**	0,99**	0,94**
12,6	y ₀	-55399,2692	-39101,6983	-1696,7859	-10660,3661
	a	113,2200	79,7662	3,4672	21,7974
	b	-7,67x10 ⁻²	-5,4x10 ⁻²	-2,4x10 ⁻³	-1,48x10 ⁻²
	c	1,7298x10 ⁻⁵	1,2137x10 ⁻⁵	5,3049x10 ⁻⁷	3,3299x10 ⁻⁶
	r ²	0,12 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,17 ^{NS}
12,9	y ₀	138,0537	-3,5609	-1,8840	-75,9743
	a	-2,7x10 ⁻²	-2,8x10 ⁻³	2x10 ⁻⁴	1,64x10 ⁻²
	b	2,5704x10 ⁻⁶	1,2108x10 ⁻⁶	1,9876x10 ⁻⁸	-6,5355x10 ⁻⁷
	c	-5,7089x10 ⁻¹¹	-3,3081x10 ⁻¹¹	-6,0647x10 ⁻¹³	9,7293x10 ⁻¹²
	r ²	0,99**	0,98**	0,99**	0,94**
14,6	y ₀	-20195,3358	-18297,5886	-690,4968	-5600,1928
	a	86,9554	78,7978	2,9663	24,4584
	b	1,23x10 ⁻¹	-1,1115x10 ⁻¹	-4,2x10 ⁻³	-3,5x10 ⁻²
	c	5,7573x10 ⁻⁵	5,2270x10 ⁻⁵	1,9648x10 ⁻⁶	1,6579x10 ⁻⁵
	r ²	0,23 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,16 ^{NS}
16,8	y ₀	190,5533	27,2186	-0,8014	-79,6625
	a	-3,62x10 ⁻²	9,5x10 ⁻³	-7,6707x10 ⁻⁵	1,59x10 ⁻²
	b	2,9834x10 ⁻⁶	1,5480x10 ⁻⁶	3,2278x10 ⁻⁸	-5,8855x10 ⁻⁷
	c	-6,2057x10 ⁻¹¹	-3,7695x10 ⁻¹¹	-8,0080x10 ⁻¹³	8,1733x10 ⁻¹²
	r ²	0,99**	0,98**	0,99**	0,94**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%; NS – não significativo.

TABELA 15 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica, cultivar Rubi. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Ometto (1981), para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	75,0858	-120,8116	-4,6159	-136,6170
	a	-2,51x10 ⁻²	2,58x10 ⁻²	1x10 ⁻³	3,89x10 ⁻²
	b	4,0797x10 ⁻⁶	1,3549x10 ⁻⁷	-2,5526x10 ⁻⁸	-2,5950x10 ⁻⁶
	c	-1,4298x10 ⁻¹⁰	-4,1150x10 ⁻¹¹	-9,5657x10 ⁻¹⁴	6,0860x10 ⁻¹¹
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,97**
12,6	y ₀	97,4635	-78,8936	-2,9785	-110,8367
	a	-4,7x10 ⁻²	2,52x10 ⁻²	9x10 ⁻⁴	5,1x10 ⁻²
	b	1,0789x10 ⁻⁵	2,3853x10 ⁻⁶	2,0370x10 ⁻⁸	-4,9963x10 ⁻⁶
	c	-5,7238x10 ⁻¹⁰	-2,5390x10 ⁻¹⁰	-3,8427x10 ⁻¹²	1,7490x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,98**
12,9	y ₀	102,4054	-81,2616	-2,8862	-110,5740
	a	-5,1x10 ⁻²	2,6x10 ⁻²	9x10 ⁻⁴	5,18x10 ⁻²
	b	1,1813x10 ⁻⁵	2,0538x10 ⁻⁶	2,9185x10 ⁻⁸	-5,2693x10 ⁻⁶
	c	-6,4334x10 ⁻¹⁰	-2,2272x10 ⁻¹⁰	-4,5743x10 ⁻¹²	1,8951x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**
14,6	y ₀	109,2340	-62,7874	-2,2888	-100,9640
	a	-6,63x10 ⁻²	2,44x10 ⁻²	9x10 ⁻⁴	6,1x10 ⁻²
	b	1,8830x10 ⁻⁵	4,7864x10 ⁻⁶	9,1635x10 ⁻⁸	-7,5448x10 ⁻⁶
	c	-1,2733x10 ⁻⁹	-5,4881x10 ⁻¹⁰	-1,1442x10 ⁻¹¹	3,3440x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,98**	0,97**	0,99**
16,8	y ₀	-64,7307	-146,7848	-2,5005	-50,5284
	a	4,92x10 ⁻²	1,047x10 ⁻¹	1,5x10 ⁻³	4,6x10 ⁻²
	b	-1,1029x10 ⁻⁸	-9,2514x10 ⁻⁶	7,9479x10 ⁻⁸	-5,1025x10 ⁻⁶
	c	-4,2716x10 ⁻¹⁰	5,6730x10 ⁻¹¹	-2,1543x10 ⁻¹¹	1,3802x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,98**	0,97**	0,99**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 16 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica, cultivar Rubi. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Snyder, para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	69,8817	-105,3163	-4,5374	-118,7409
	a	-2,32x10 ⁻²	2,5x10 ⁻²	1,1x10 ⁻³	3,7x10 ⁻²
	b	4,0618x10 ⁻⁶	1,8147x10 ⁻⁷	-3,7394x10 ⁻⁸	-25098x10 ⁻⁶
	c	-1,4890x10 ⁻¹⁰	-4,4424x10 ⁻¹¹	2,8083x10 ⁻³	6,1018x10 ⁻¹¹
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**
12,6	y ₀	56,0419	-121,7303	-5,4991	-136,3996
	a	-2,78x10 ⁻²	4,1x10 ⁻²	1,9x10 ⁻³	5,9x10 ⁻²
	b	7,5820x10 ⁻⁶	-2,3705x10 ⁻⁷	-1,1822x10 ⁻⁷	-5,9120x10 ⁻⁶
	c	-4,0278x10 ⁻¹⁰	-1,0623x10 ⁻¹⁰	2,4466x10 ⁻¹²	2,0921x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**
12,9	y ₀	51,5974	-133,2316	-6,0657	-140,6973
	a	-2,67x10 ⁻²	4,6x10 ⁻²	2,2x10 ⁻³	6,1x10 ⁻²
	b	7,6270x10 ⁻⁶	-8,0683x10 ⁻⁷	-1,5243x10 ⁻⁷	-6,2959x10 ⁻⁶
	c	-4,1419x10 ⁻¹⁰	-8,7721x10 ⁻¹¹	3,8977x10 ⁻¹²	2,2741x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**
14,6	y ₀	26,2477	-161,4649	-7,1278	-145,6494
	a	-1,88x10 ⁻²	6,6x10 ⁻²	3x10 ⁻³	7,3x10
	b	8,3308x10 ⁻⁶	-3,0621x10 ⁻⁶	-2,7898x10 ⁻⁷	-8,6397x10 ⁻⁶
	c	-5,4624x10 ⁻¹⁰	-3,7146x10 ⁻¹¹	9,7668x10 ⁻¹²	3,6014x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,99**	0,98**	0,99**
16,8	y ₀	21,2021	-163,6383	-6,9490	-144,8888
	a	-1,9x10 ⁻²	8,3x10 ⁻²	3,6x10 ⁻³	8,9x10 ⁻²
	b	1,1446x10 ⁻⁵	-5,2426x10 ⁻⁶	-4,0748x10 ⁻⁷	-1,2895x10 ⁻⁵
	c	-9,2289x10 ⁻¹⁰	-1,373x10 ⁻¹¹	1,7567x10 ⁻¹¹	6,5903x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,99**	0,98**	0,98**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 17 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica, cultivar Rubi. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Dufault, para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	42,5897	-124,9871	-5,2077	-121,6944
	a	-1,5x10 ⁻²	3,1x10 ⁻²	1,3x10 ⁻³	3,74x10 ⁻²
	b	3,2003x10 ⁻⁶	-4,5203x10 ⁻⁷	-5,7810x10 ⁻⁸	-2,5963x10 ⁻⁶
	c	-1,2135x10 ⁻¹⁰	-2,4015x10 ⁻¹¹	9,1541x10 ⁻¹³	6,3625x10 ⁻¹¹
	r ²	0,99**	0,99**	0,98**	0,99**
12,6	y ₀	66,5267	-86,7251	-3,5665	-99,3000
	a	-3,2x10 ⁻²	3,3x10 ⁻²	1,4x10 ⁻³	4,9x10 ⁻²
	b	8,8177x10 ⁻⁶	7,4051x10 ⁻⁷	-4,8912x10 ⁻⁸	-5,0622x10 ⁻⁶
	c	-4,9757x10 ⁻¹⁰	-1,6459x10 ⁻¹⁰	-5,6731x10 ⁻¹³	1,8601x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,98**	0,97**	0,99**
12,9	y ₀	68,6356	-83,2823	-3,4170	-97,2402
	a	-3,4x10 ⁻²	3,3x10 ⁻²	1,4x10 ⁻³	5x10 ⁻²
	b	9,5744x10 ⁻⁶	9,6943x10 ⁻⁷	-4,3735x10 ⁻⁸	-5,3206x10 ⁻⁶
	c	-5,5810x10 ⁻¹⁰	-1,9055x10 ⁻¹⁰	-1,0334x10 ⁻¹²	2,0183x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**
14,6	y ₀	82,3759	-60,6406	-2,4237	-83,5440
	a	-4,9x10 ⁻²	3,1x10 ⁻²	1,2x10 ⁻³	5,6x10 ⁻²
	b	106203x10 ⁻⁵	3,3296x10 ⁻⁶	2,3439x10 ⁻⁸	-7,1931x10 ⁻⁶
	c	-1,1642x10 ⁻⁹	-4,7376x10 ⁻¹⁰	-7,3717x10 ⁻¹²	3,3259x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**
16,8	y ₀	104,9695	-23,3225	-0,7143	-60,4783
	a	-8,9x10 ⁻²	1,9x10 ⁻²	4x10 ⁻⁴	6,43x10 ⁻²
	b	3,9082x10 ⁻⁵	1,3638x10 ⁻⁵	4,0325x10 ⁻⁷	-1,1182x10 ⁻⁵
	c	-4,0256x10 ⁻⁹	-2,0157x10 ⁻⁹	-53586x10 ⁻¹¹	6,9700x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,99**	0,98**	0,97**	0,99**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 18 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica, cultivar Rubi. Procedimento realizado de acordo com o método Residual de determinação de graus-dia de desenvolvimento, para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	-15,6742	-193,0316	-0,7143	-150,9688
	a	1,3x10 ⁻³	3,3x10 ⁻²	4x10 ⁻⁴	3,1x10 ⁻²
	b	7,3585x10 ⁻⁷	-9,5547x10 ⁻⁷	4,0325x10 ⁻⁷	-1,4554x10 ⁻⁶
	c	-2,2264x10 ⁻¹¹	7,5485x10 ⁻¹²	-5,3586x10 ⁻¹¹	2,4461x10 ⁻¹¹
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**
12,6	y ₀	-38664,2440	-43898,8995	-1585,8015	-13877,0456
	a	79,0162	89,6797	3,2349	28,3696
	b	-5,4x10 ⁻²	-6,1x10 ⁻²	-2,2x10 ⁻³	-1,9x10 ⁻²
	c	1,2076x10 ⁻⁵	1,3699x10 ⁻⁵	4,9299x10 ⁻⁷	4,3348
	r ²	0,12 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,16 ^{NS}
12,9	y ₀	20,8616	-171,9751	-6,8919	-152,0275
	a	-6,1x10 ⁻³	2,7x10 ⁻²	1,1x10 ⁻³	2,9x10 ⁻²
	b	1,1247x10 ⁻⁶	-5,4598x10 ⁻⁷	-3,6655x10 ⁻⁸	-1,2963x10 ⁻⁶
	c	-2,8158x10 ⁻¹¹	6,1912x10 ⁻¹⁴	4,6136x10 ⁻¹³	2,0581x10 ⁻¹¹
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**
14,6	y ₀	-15165,6623	-15789,5693	-2,4237	-5477,6474
	a	65,3165	68,3063	1,2x10 ⁻³	23,8870
	b	-9,3x10 ⁻²	-9,7x10 ⁻²	2,3439x10 ⁻⁸	-3,4x10 ⁻²
	c	4,3315x10 ⁻⁵	4,5599x10 ⁻⁵	-7,3717x10 ⁻¹²	1,6119x10 ⁻⁵
	r ²	0,22 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,97**	0,19 ^{NS}
16,8	y ₀	50,6312	-157,1242	-6,1488	-157,6425
	a	-1,2x10 ⁻²	2,3x10 ⁻²	9x10 ⁻⁴	2,8x10 ⁻³
	b	1,4156x10 ⁻⁶	-2,2054x10 ⁻⁷	-2,2892x10 ⁻⁸	-1,1892x10 ⁻⁶
	c	-3,2139x10 ⁻¹¹	-5,6446x10 ⁻¹²	1,988x10 ⁻¹³	1,7871x10 ⁻¹¹
	r ²	0,99**	0,99**	0,97**	0,99**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%; NS – não significativo.

Conforme comentado anteriormente e ilustrado nas Tabelas 11 a 18, todas as características de crescimento vegetativo estudadas, para as cultivares Acaiá Cerrado e Rubi separadamente, apresentaram bom ajuste com graus-dia de desenvolvimento (GDD), independentemente do método de determinação utilizado, exceto para o método Residual, para as temperaturas base inferior de 12,6°C e de 14,6°C.

O fato de o método Residual ter apresentado valores muito elevados de GDD pode ter contribuído para que as curvas geradas para este método não tenham apresentado um bom ajuste, para as duas cultivares estudadas, para as duas temperaturas base inferior citadas anteriormente.

A partir dos dados apresentados nas Tabelas 11 a 18, com base nos parâmetros das equações de regressão polinomial de 3º grau obtidos, os gráficos correspondentes às características de crescimento vegetativo avaliadas para as cultivares Acaiá Cerrado e Rubi são apresentados nas Figuras 25 a 44 e 45 a 64, respectivamente.

Apesar de os coeficientes de determinação obtidos serem elevados para todas as características de crescimento vegetativo avaliadas (Tabelas 11 a 18), algumas das curvas de regressão ajustadas não correspondem à realidade, do ponto de vista biológico da planta. Isso pode ser verificado para a característica altura de planta, para a qual ocorre um declínio nas curvas ajustadas, fato esse que pode ser observado nas Figuras 30, 31, 32, 33 e 34, para a cultivar Acaiá Cerrado, e nas Figuras 50, 51, 52, 53 e 54, para a cultivar Rubi.

Além disso, os gráficos obtidos na temperatura base inferior de 16,8°C para o método de determinação de GDD descrito por Ometto, em todas as características vegetativas avaliadas e para as duas cultivares estudadas, apesar de os coeficientes de determinação obtidos terem sido elevados, as curvas de regressão ajustadas não correspondem ao esperado, uma vez que os valores dos

dados de crescimento vegetativo mensurados durante a condução do presente estudo foram sempre crescentes.

Considerando-se, portanto, o comportamento de crescimento vegetativo esperado para todas as características avaliadas, bem como as curvas de regressão ajustadas, verifica-se que a temperatura base inferior de 12,9°C, para ambas as cultivares estudadas, apresentou os melhores resultados (Figuras 27, 32, 37, 42, 47, 52, 57 e 62).

Uma vez que o teste F mostrou-se significativo para todas as características de crescimento vegetativo avaliadas, nas cinco Tb analisadas, realizou-se o agrupamento dos dados correspondentes as duas cultivares de cafeeiro estudadas, de modo a gerar uma única equação de regressão. Nas Tabelas 19 a 22 são apresentados os resultados desse agrupamento. Os gráficos correspondentes são apresentados nas Figuras 65 a 76.

Observando-se os dados das Tabelas 19 a 22, verifica-se que, dentre todas as características de crescimento vegetativo avaliadas, aquela que apresentou o menor ajuste foi altura da planta (AP), independentemente do método de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD) utilizado, bem como da temperatura base inferior (Tb) analisada. Entretanto, para o método Residual de determinação de GDD, para a Tb de 12,6°C, todas as características de crescimento vegetativo avaliadas não foram significativas. Por outro lado, para a Tb de 14,6°C, ainda para o método Residual de determinação de GDD, verificou-se significância apenas para as características diâmetro de copa e diâmetro de caule, os quais apresentaram coeficiente de determinação de 0,96 e 0,97, respectivamente.

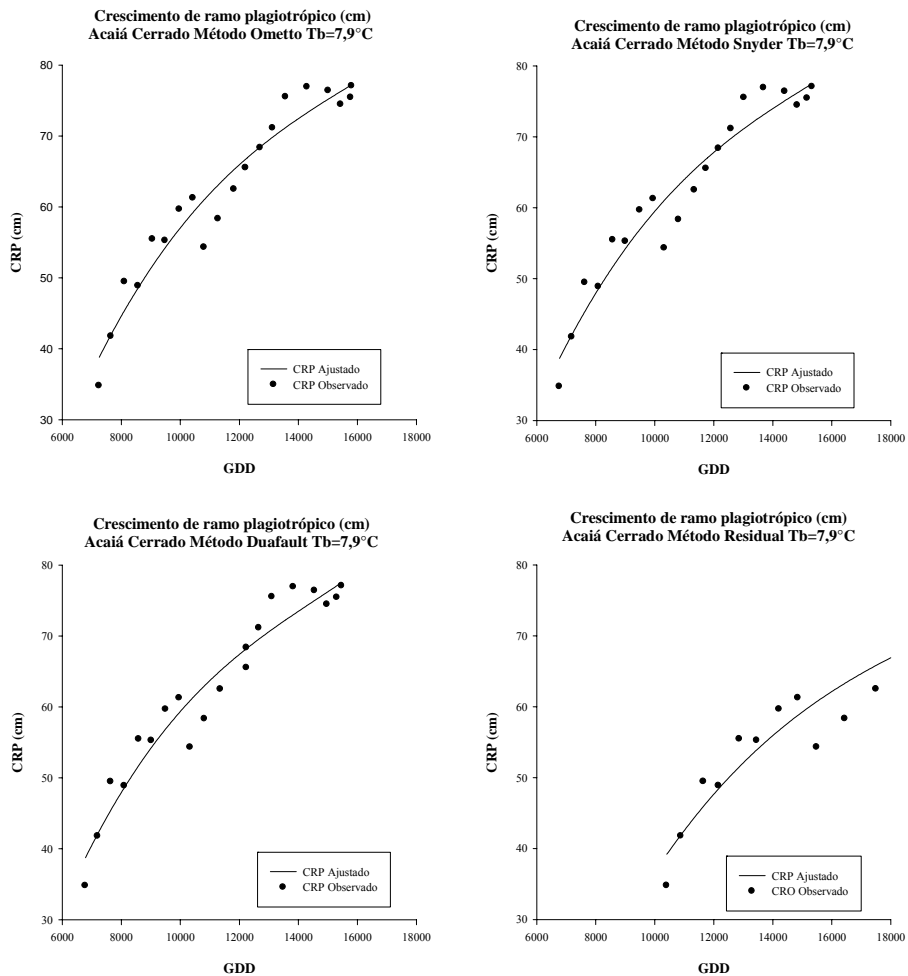


FIGURA 25 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $7,9^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

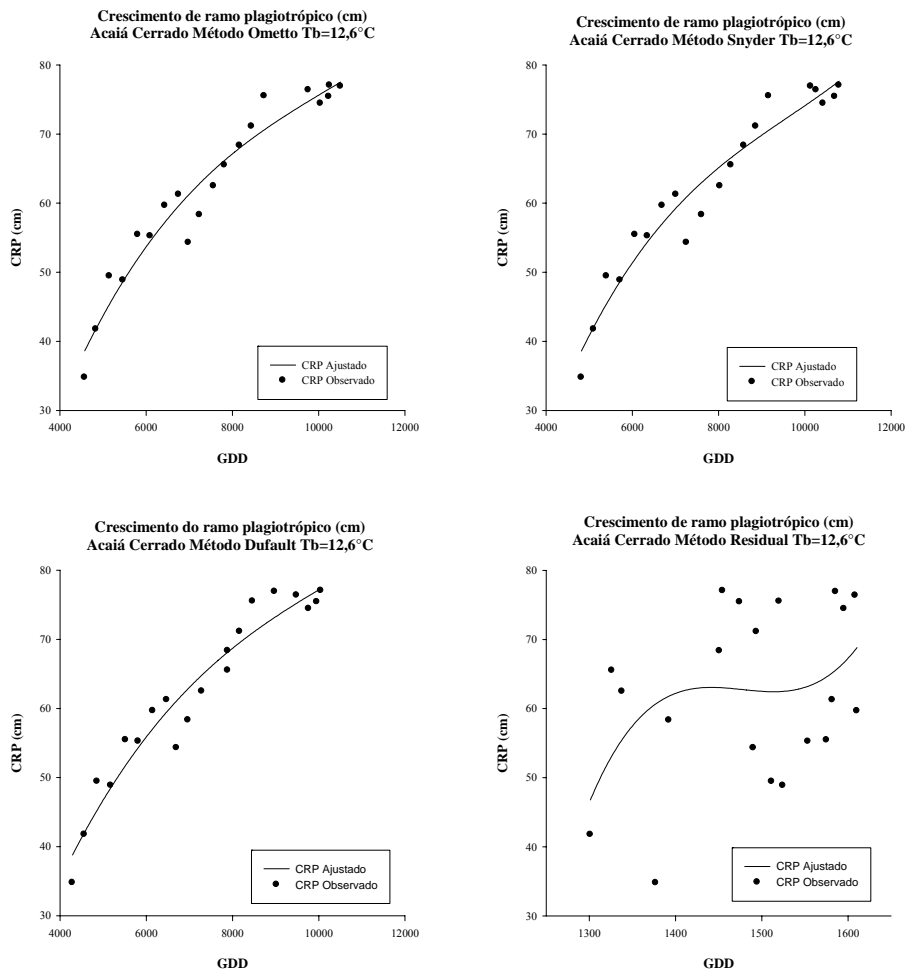


FIGURA 26 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $12,6^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

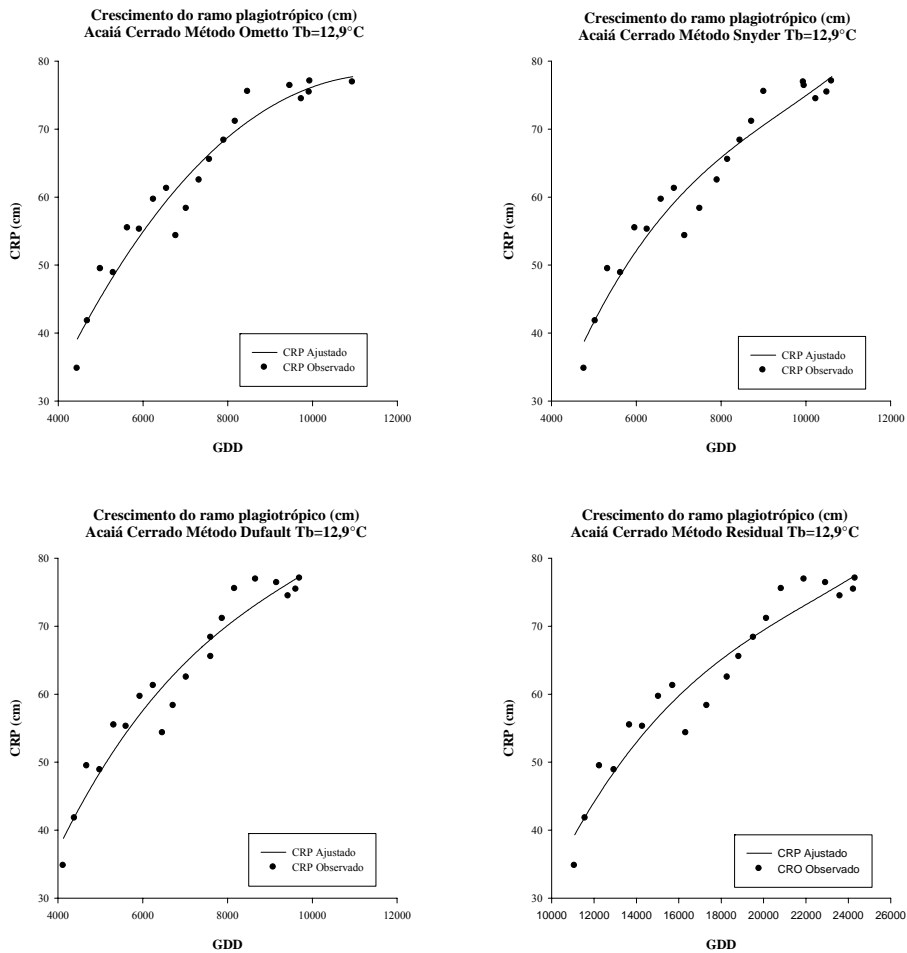


FIGURA 27 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Acaíá Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $12,9^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

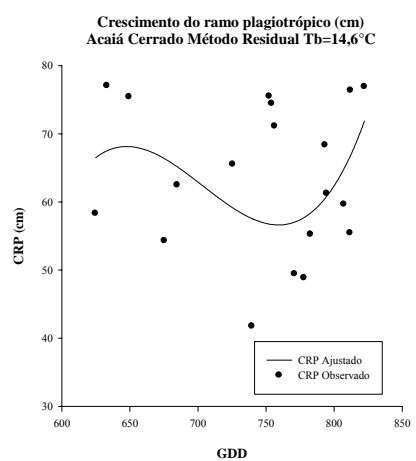
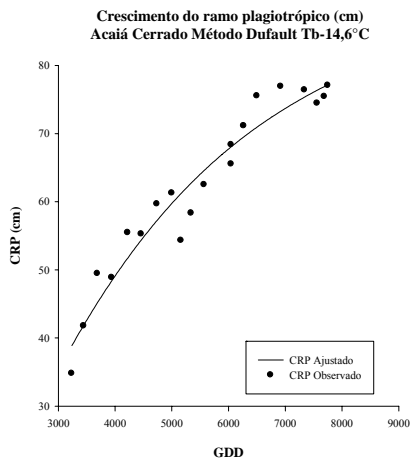
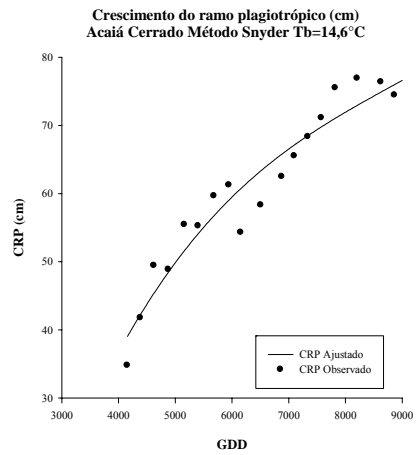
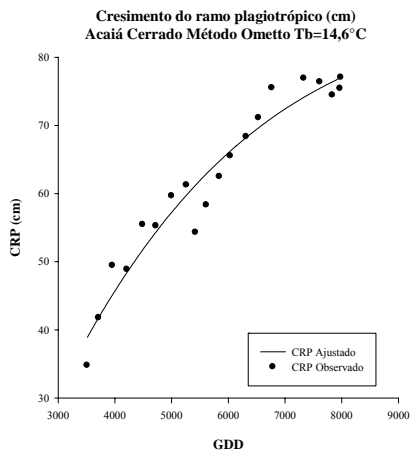


FIGURA 28 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Acaí Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $14,6^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

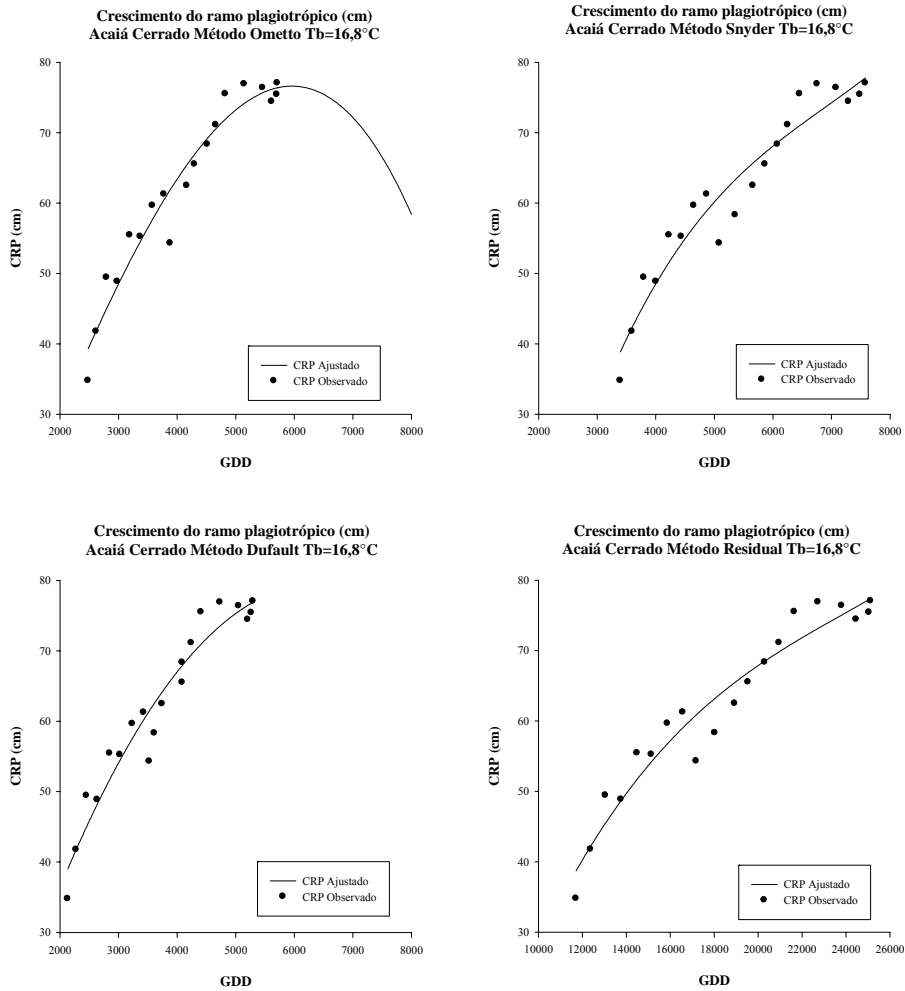


FIGURA 29 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Acaia Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $16,8^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

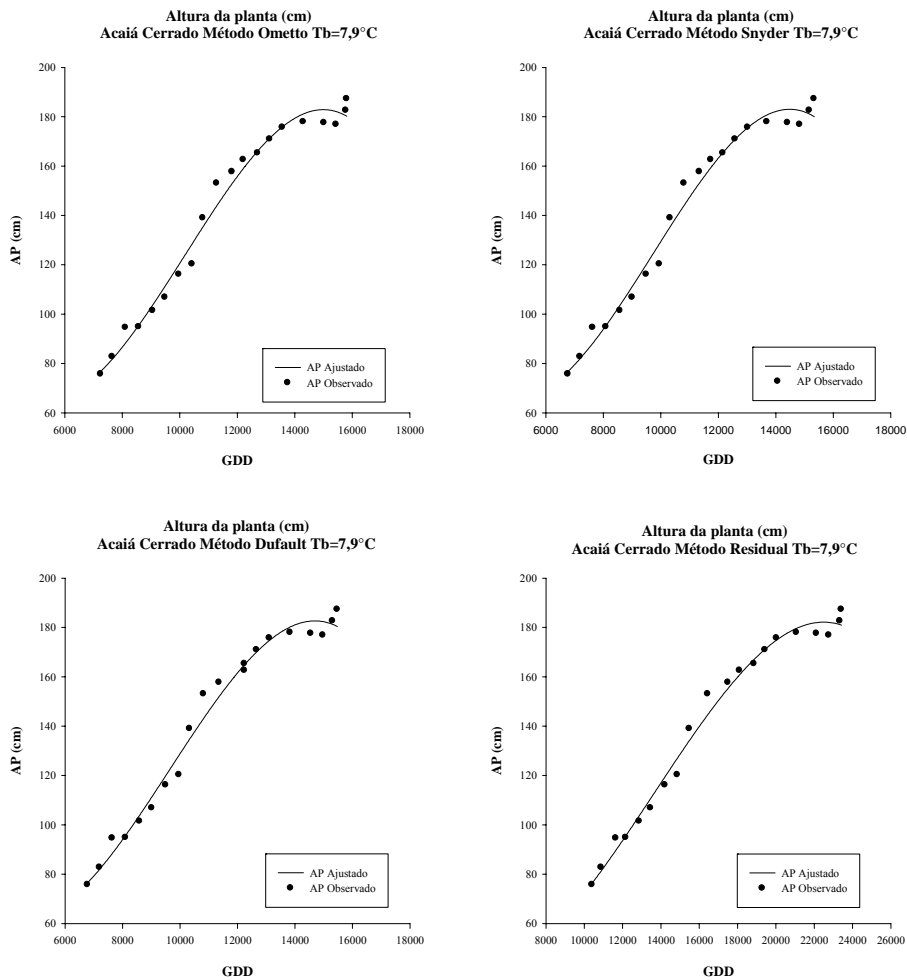


FIGURA 30 Curvas de altura da planta (AP) para a cultivar Acaia Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $7,9^{\circ}C$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

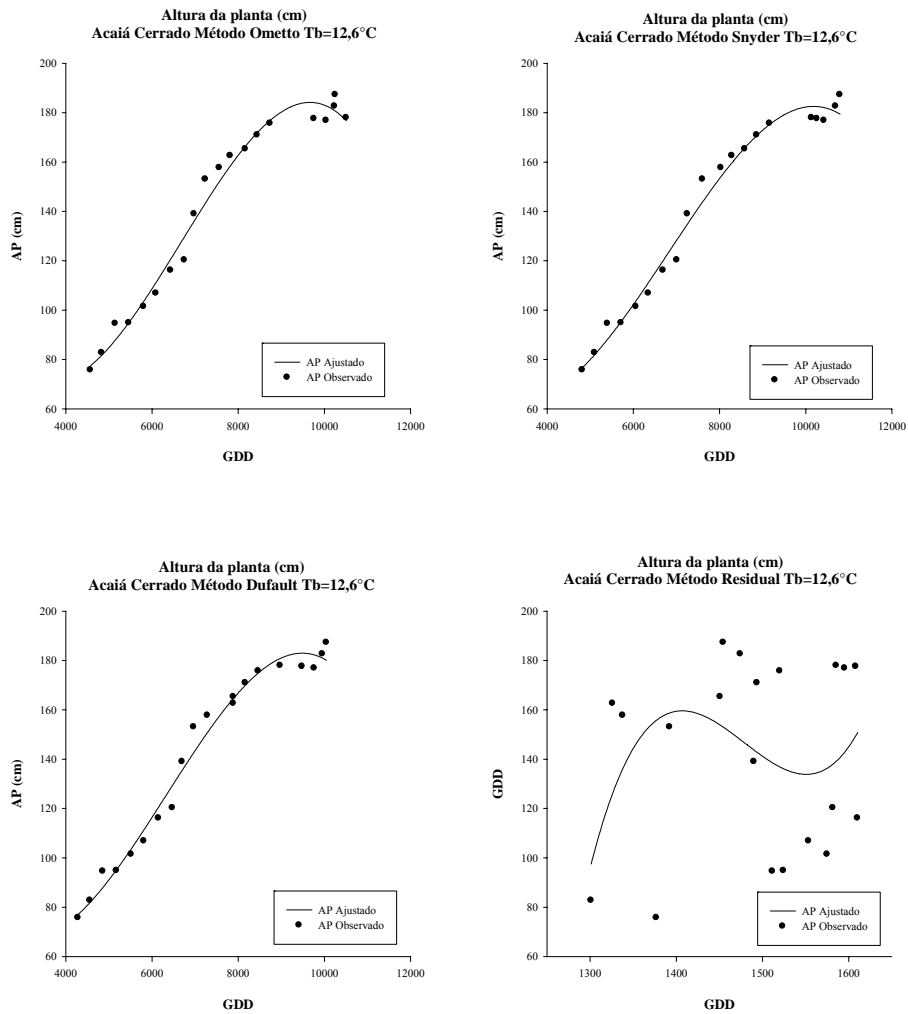


FIGURA 31 Curvas de altura da planta (AP) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $12,6^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

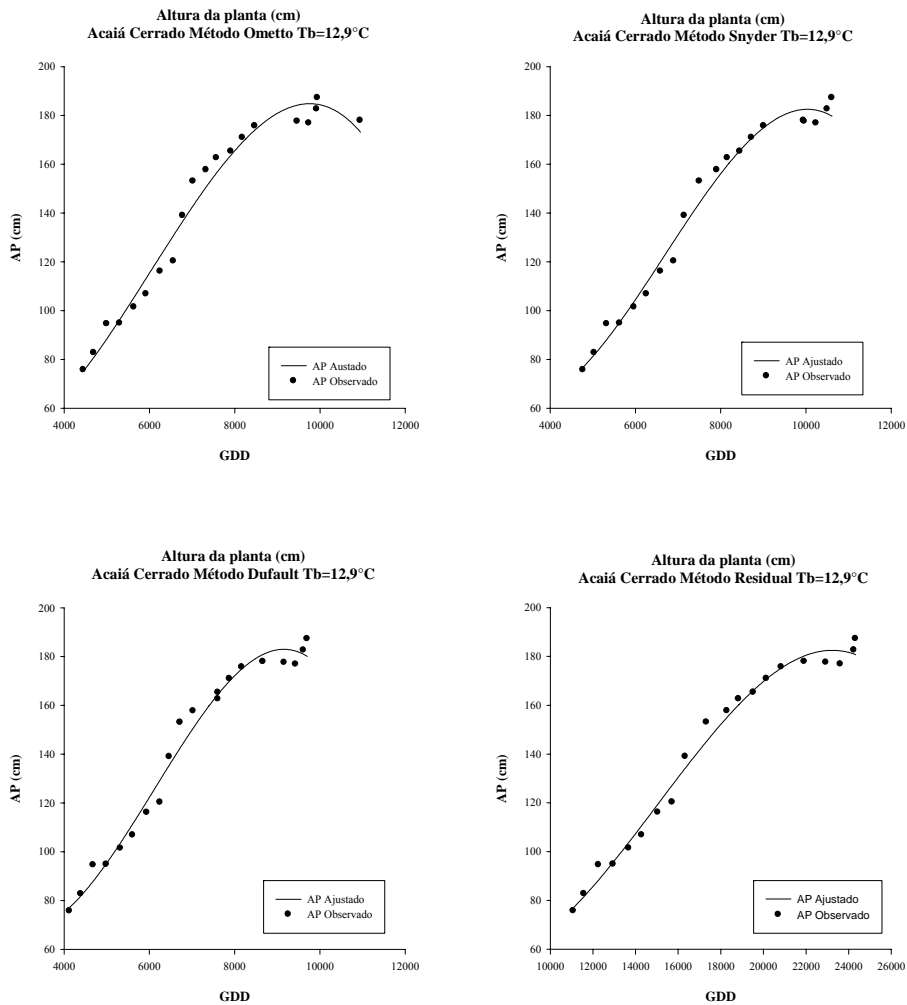


FIGURA 32 Curvas de altura da planta (AP) para a cultivar Acaia Cerrado, na temperatura base inferior de $12,9^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

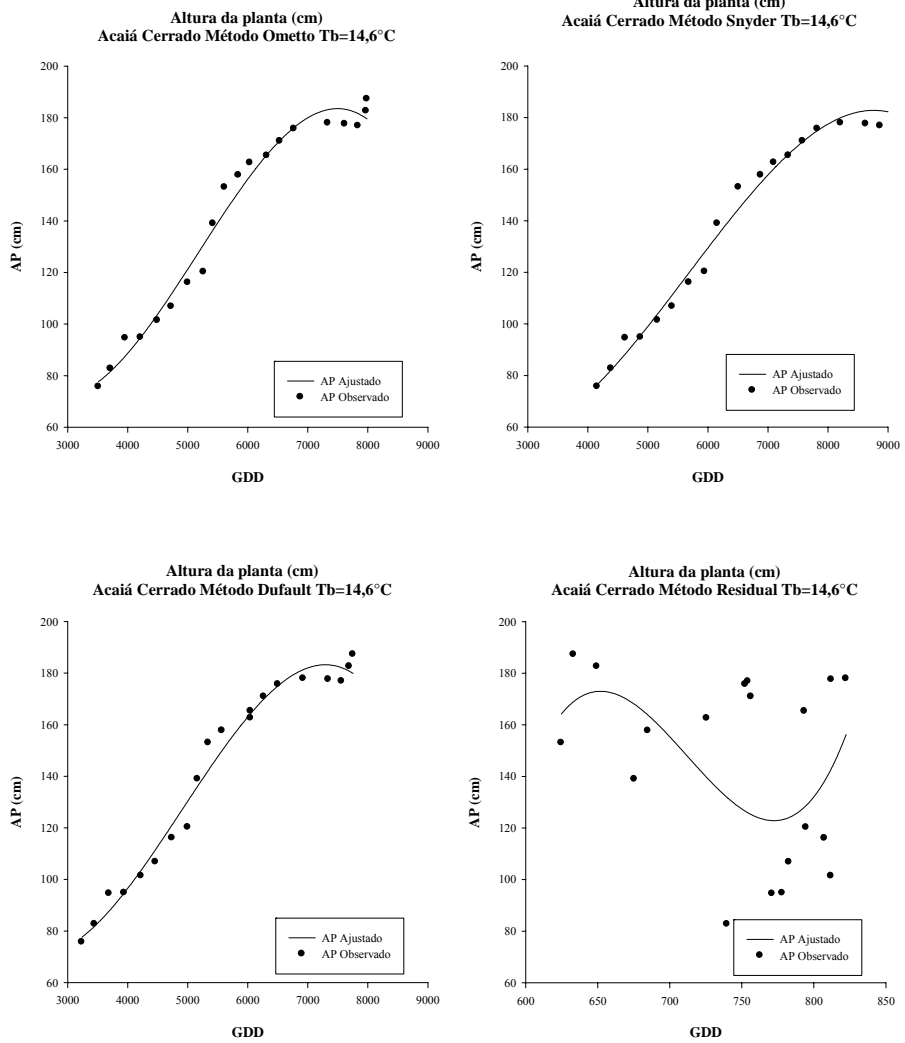


FIGURA 33 Curvas de altura da planta (AP) para a cultivar Acaia Cerrado, na temperatura base inferior (Tb) de 14,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

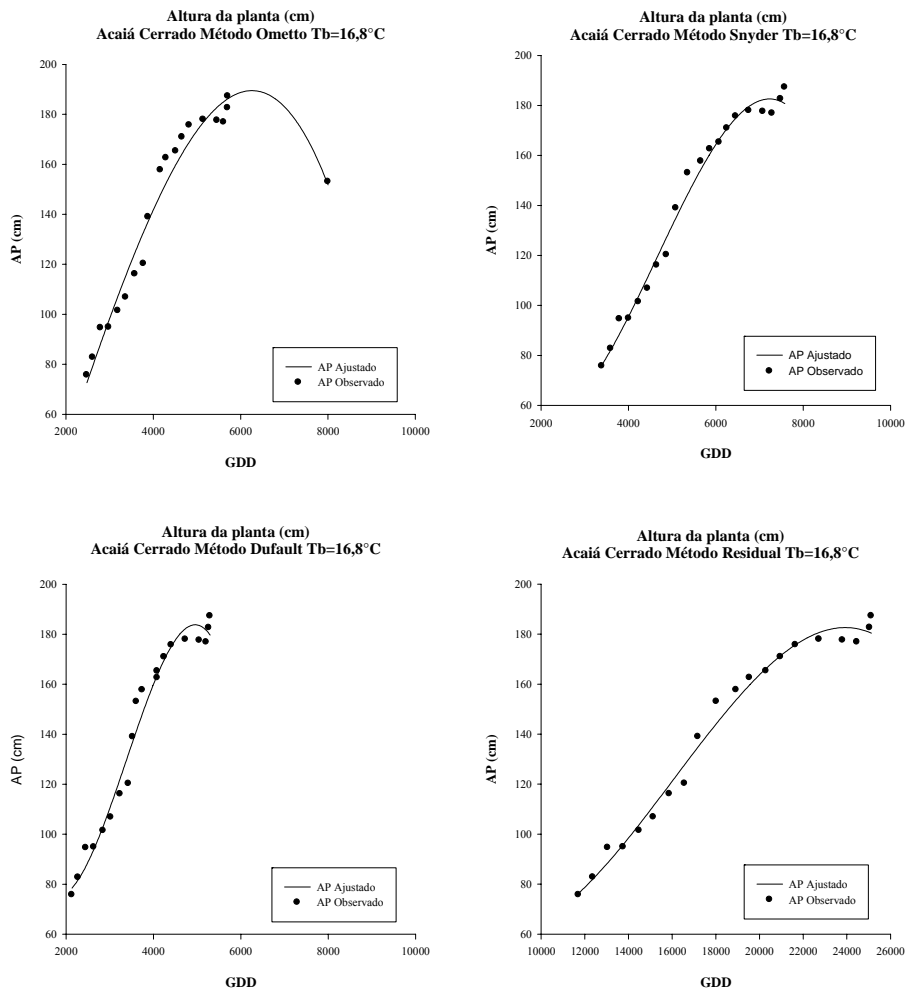


FIGURA 34 Curvas de altura da planta (AP) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $16,8^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

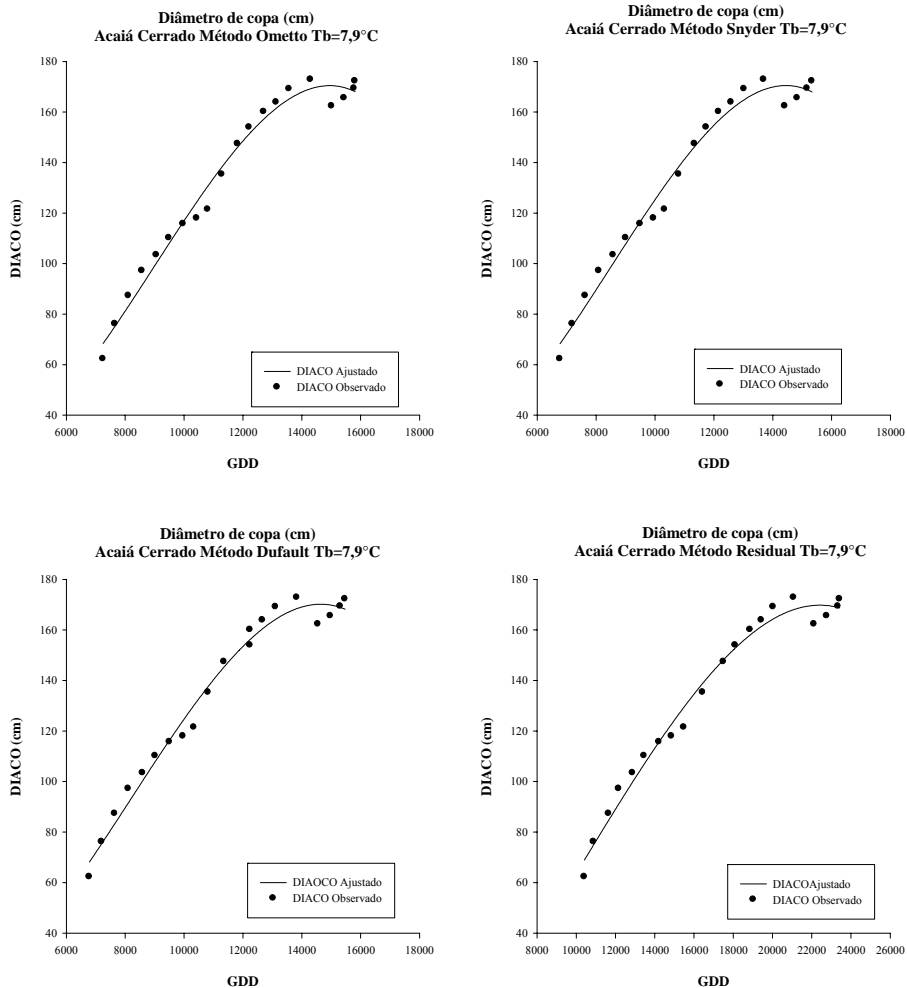


FIGURA 35 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (Tb) de 7,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

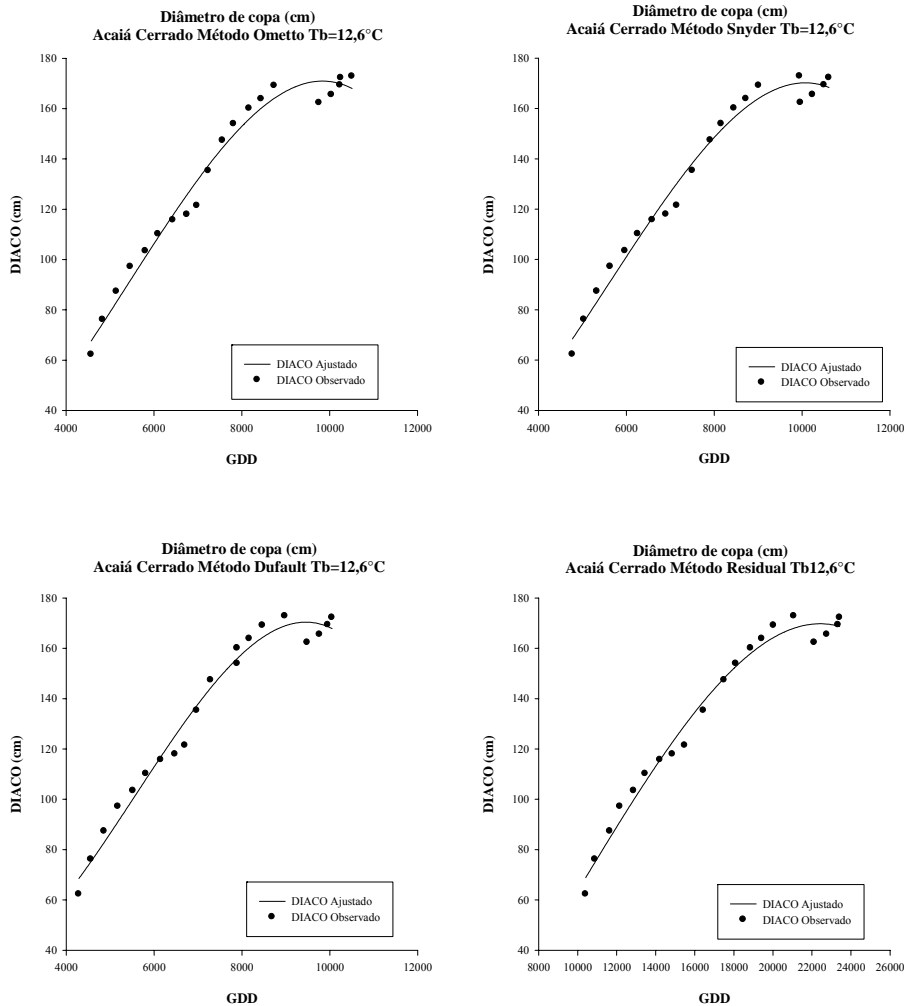


FIGURA 36 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $12,6^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

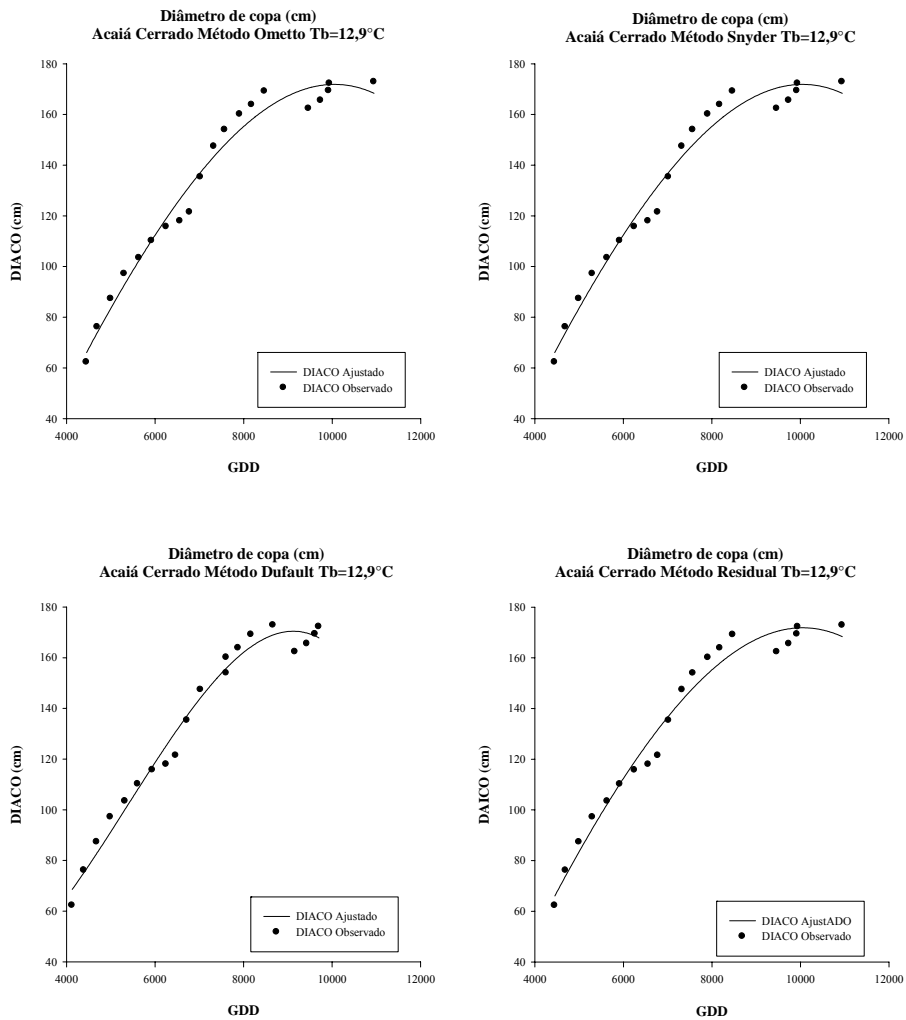


FIGURA 37 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Acaia Cerrado, na temperatura base inferior (Tb) de 12,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

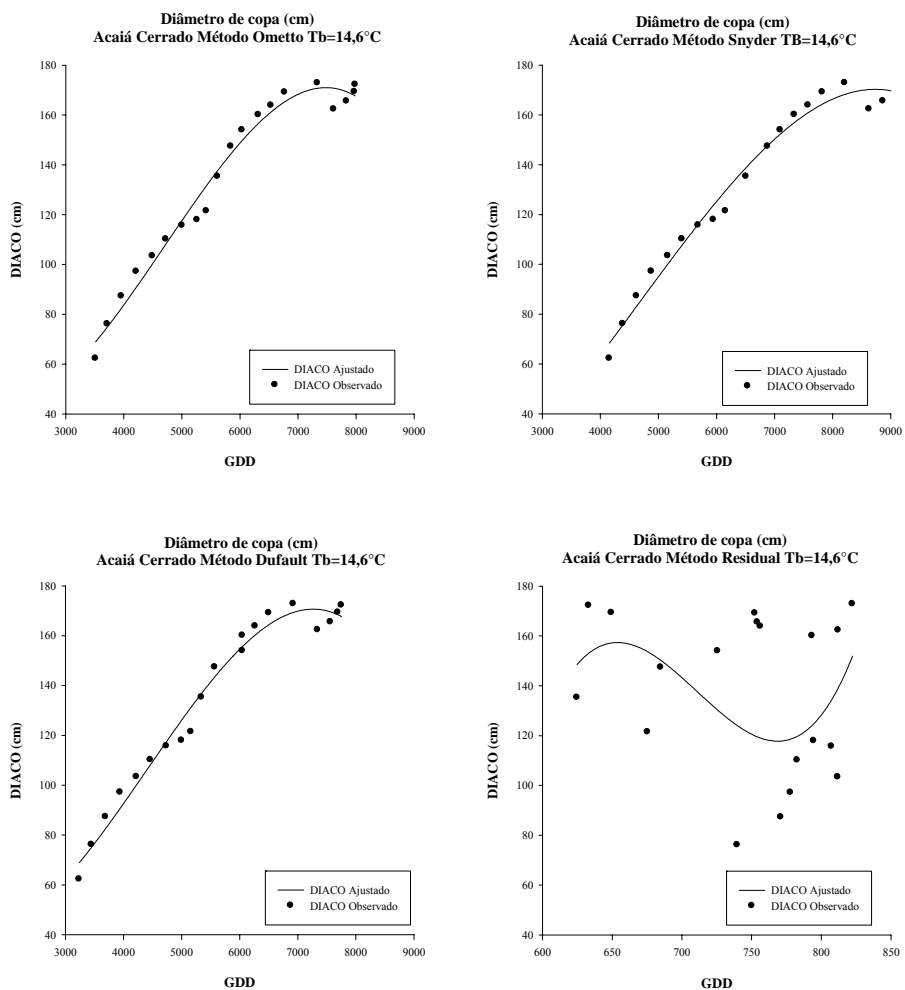


FIGURA 38 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (Tb) de 14,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

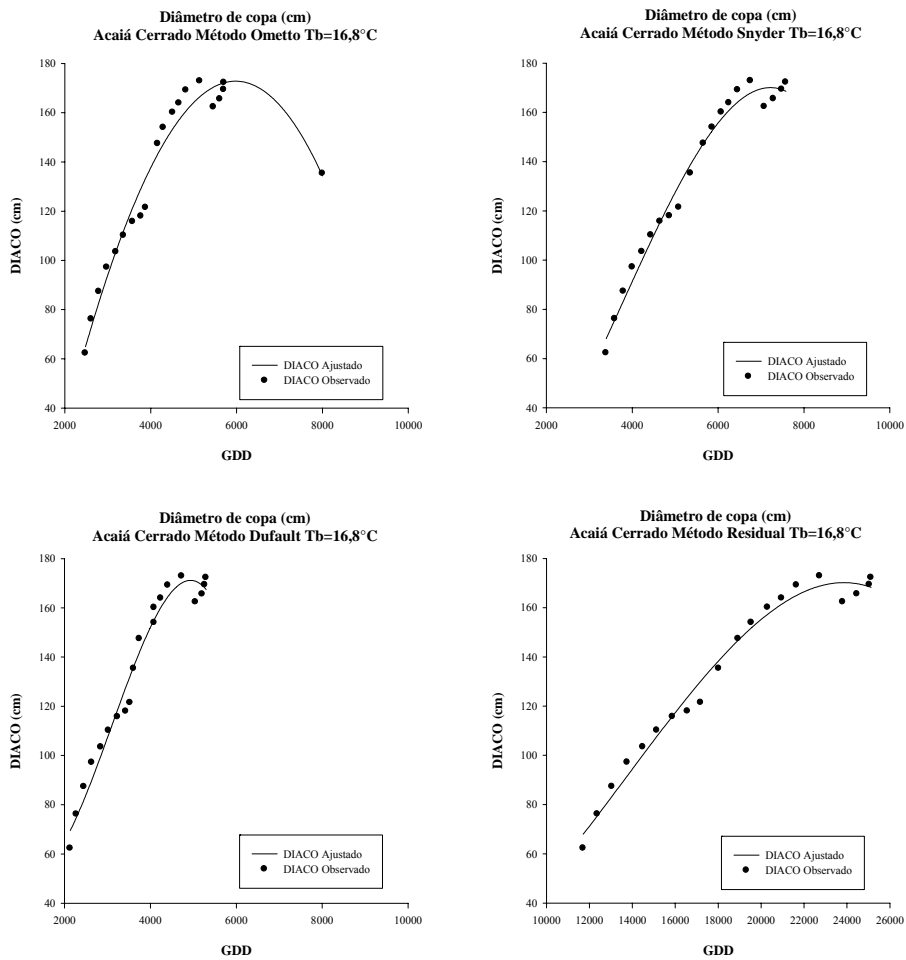


FIGURA 39 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de $16,8^\circ\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

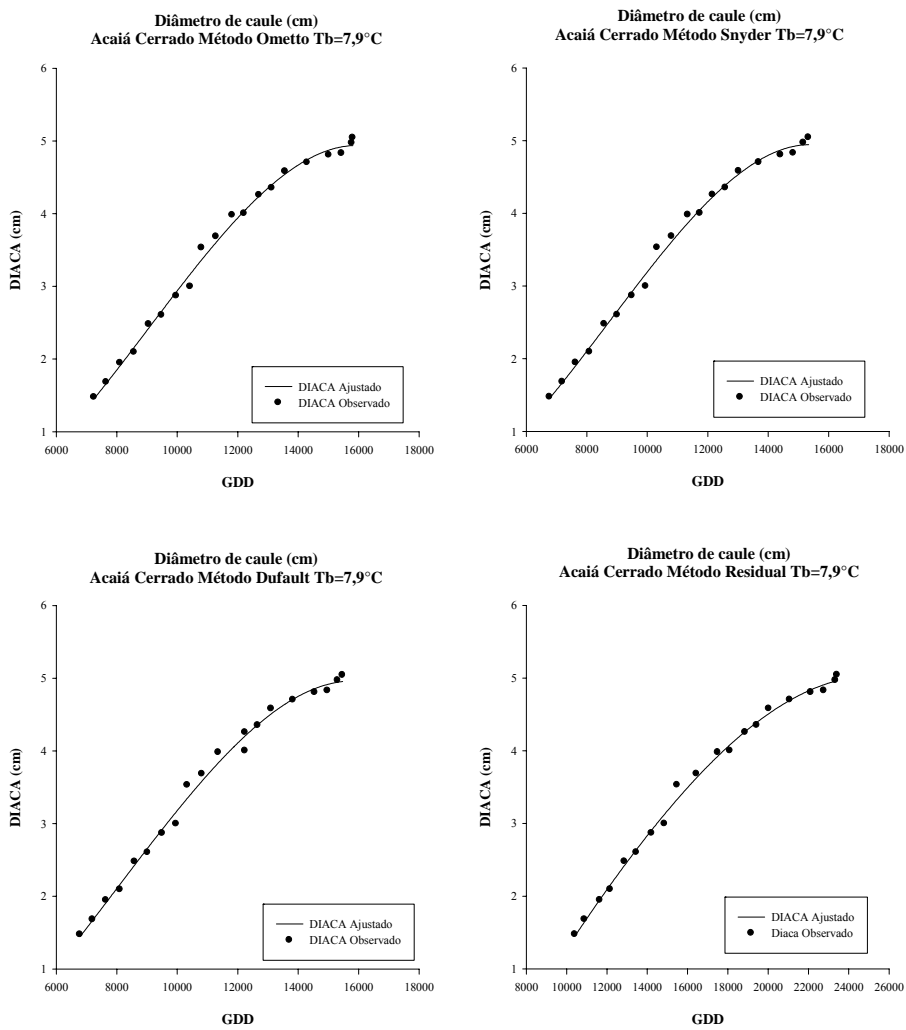


FIGURA 40 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (Tb) de 7,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

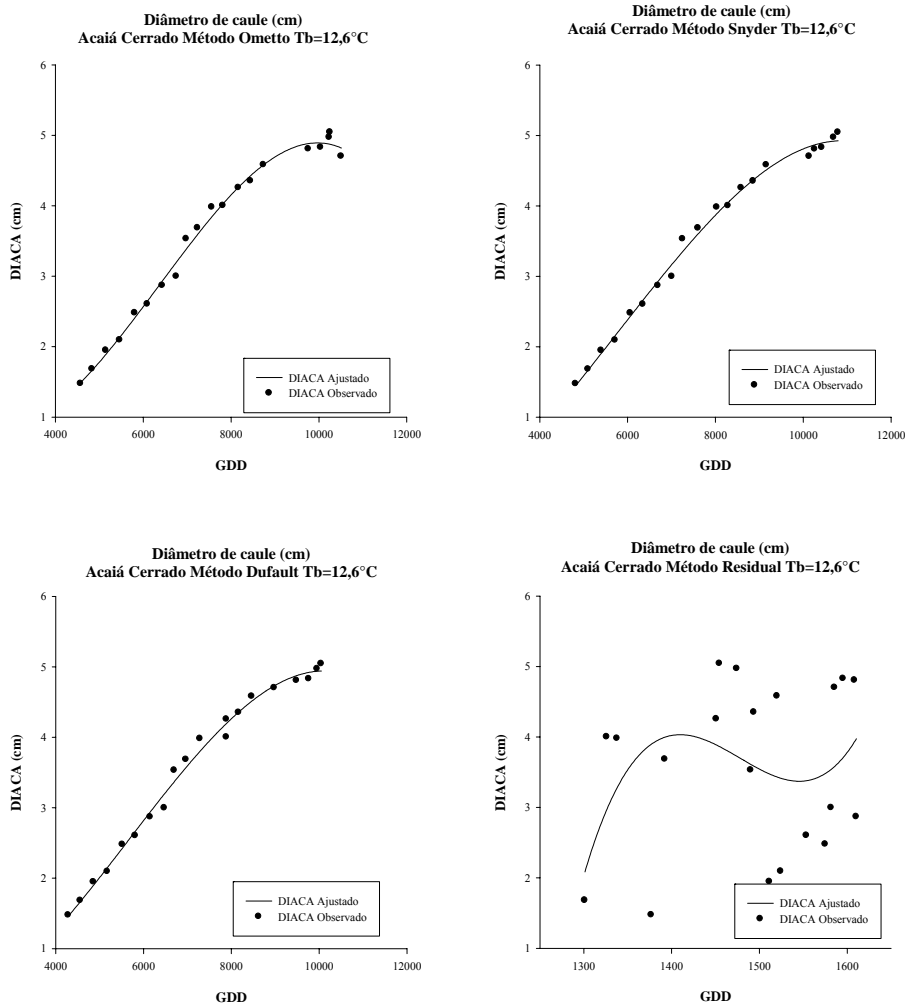


FIGURA 41 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (T_b) de 12,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

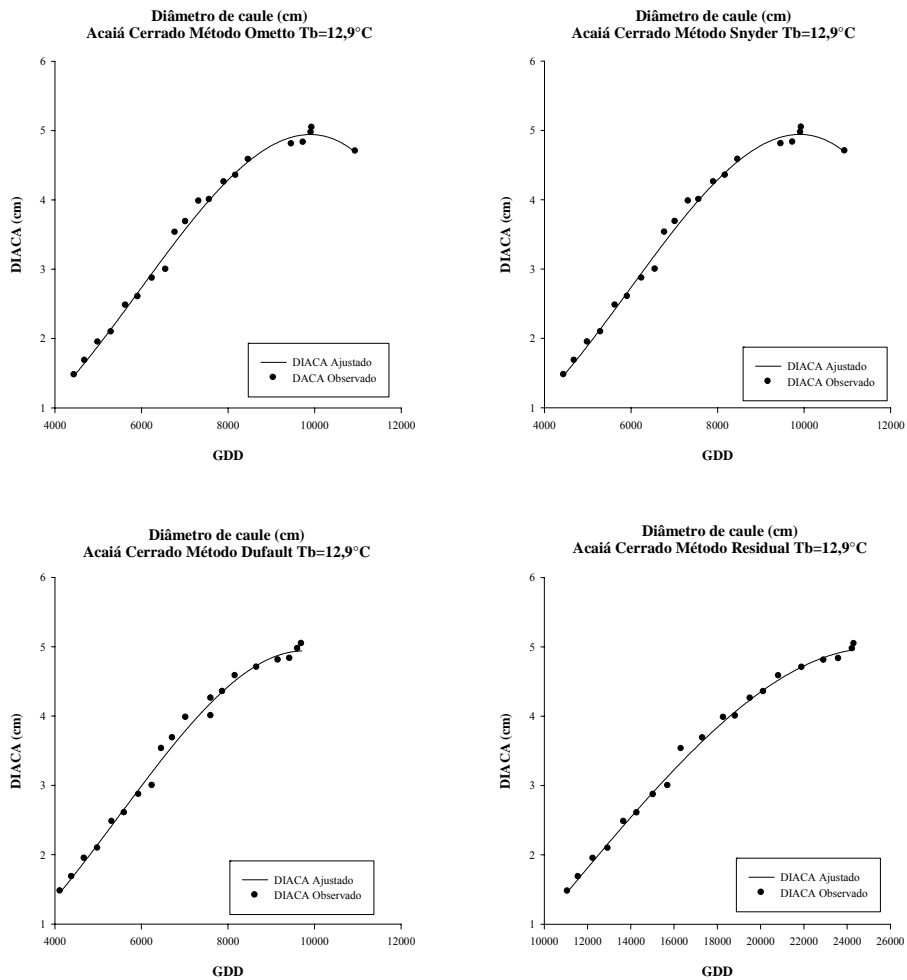


FIGURA 42 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (Tb) de 12,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

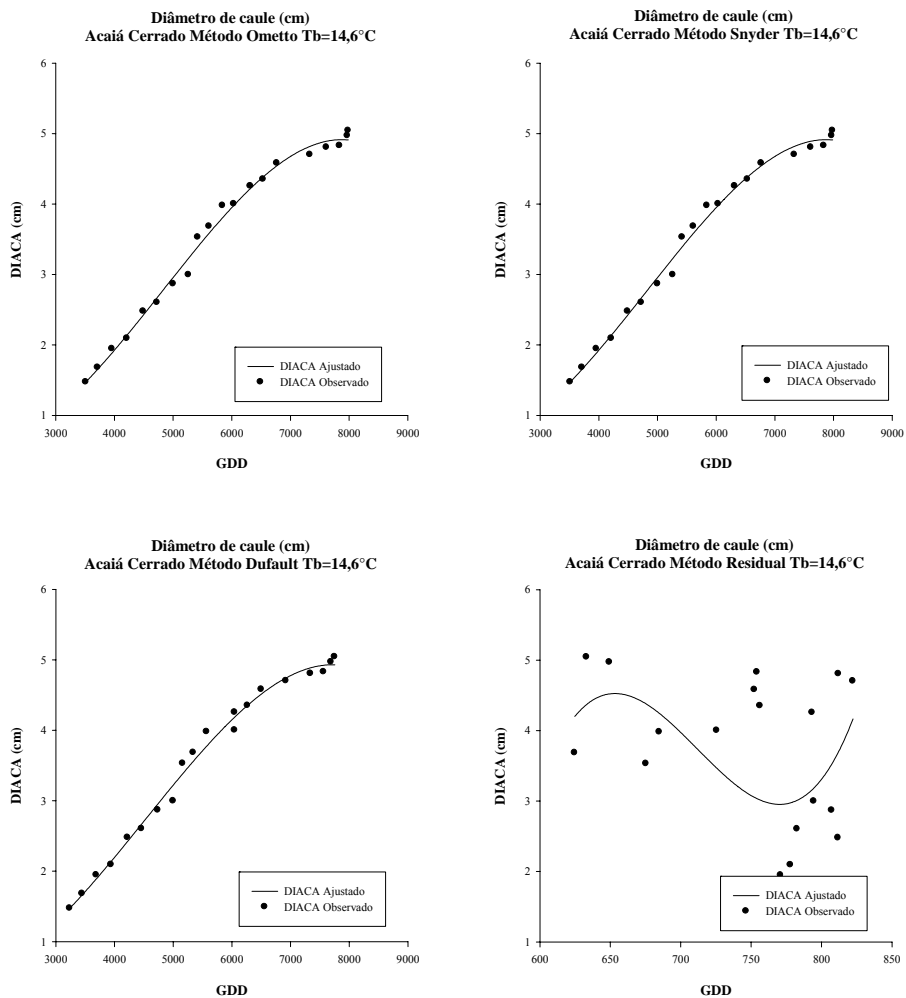


FIGURA 43 Curvas de diámetro de caule (DIACA) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (Tb) de 14,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

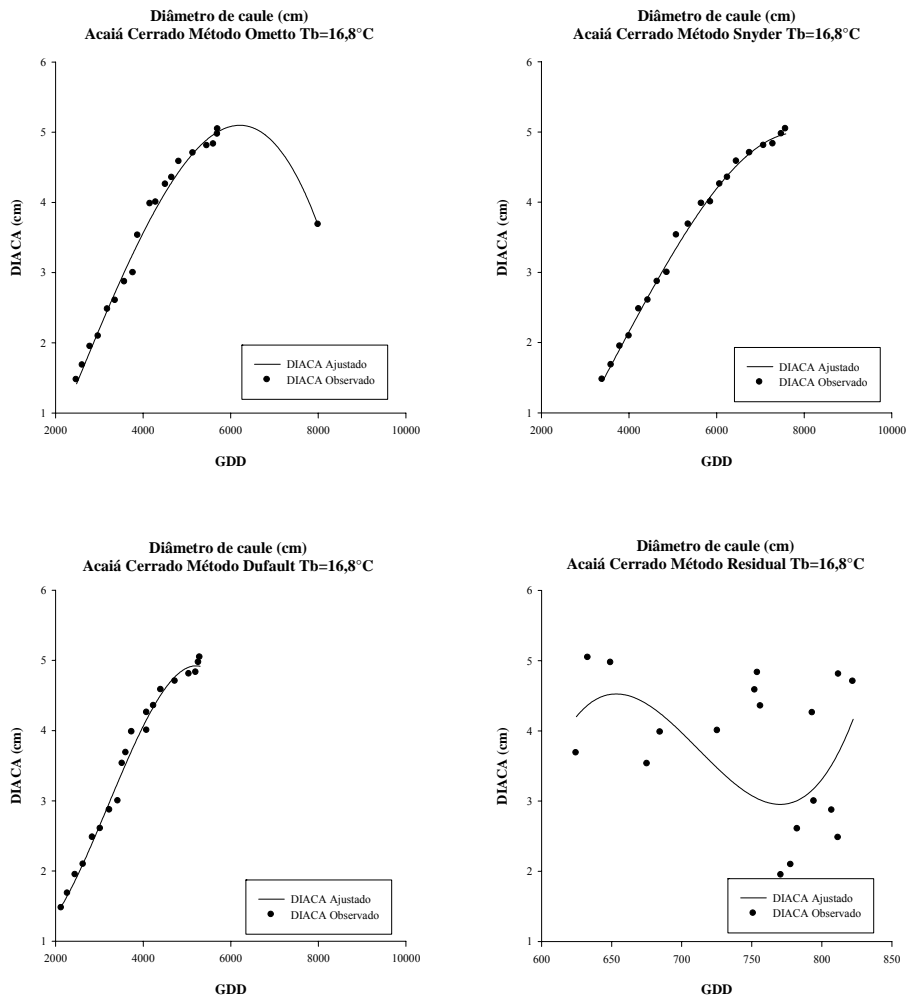


FIGURA 44 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Acaiá Cerrado, na temperatura base inferior (Tb) de 16,8°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

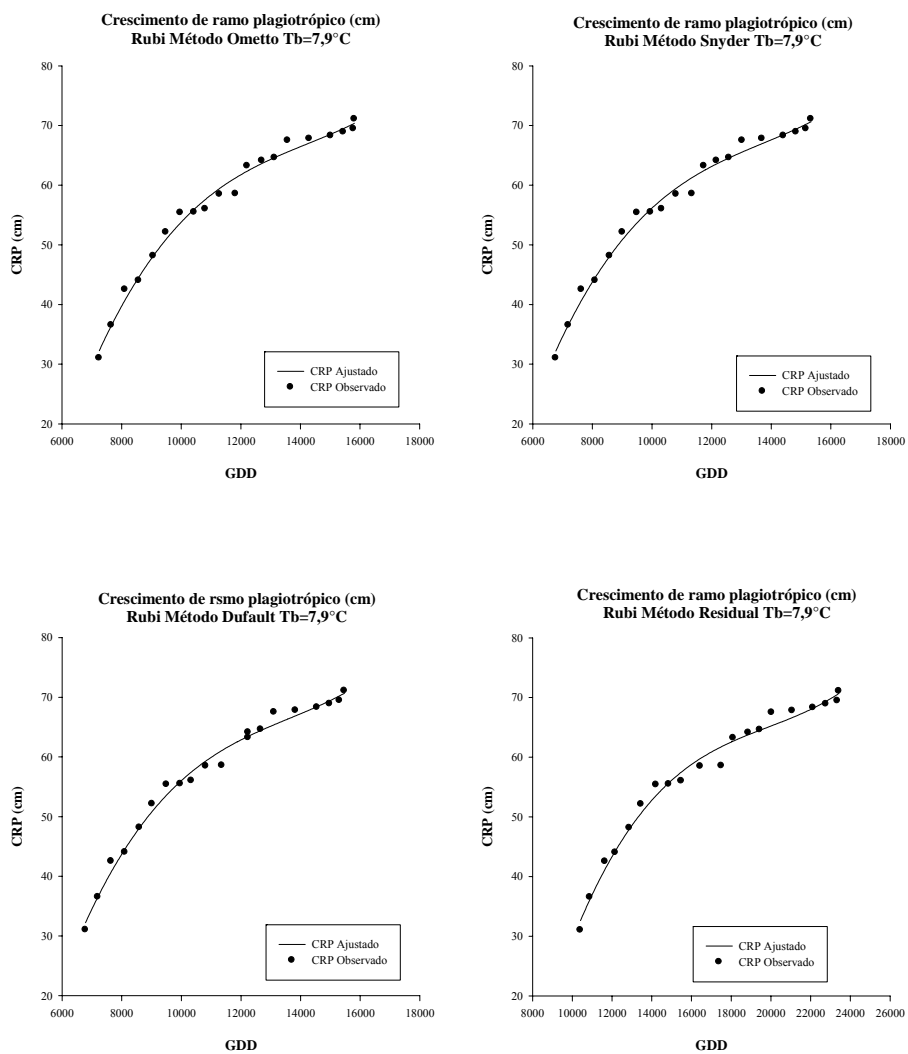


FIGURA 45 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 7,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

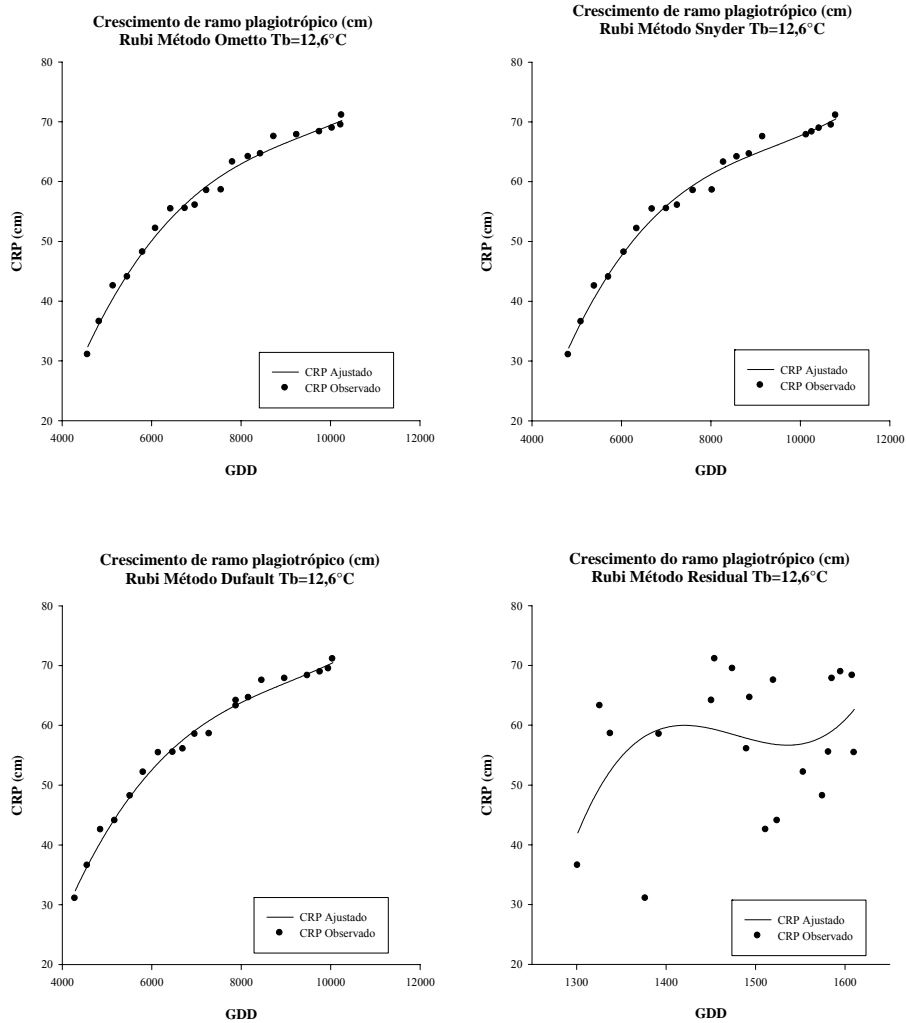


FIGURA 46 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 12,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

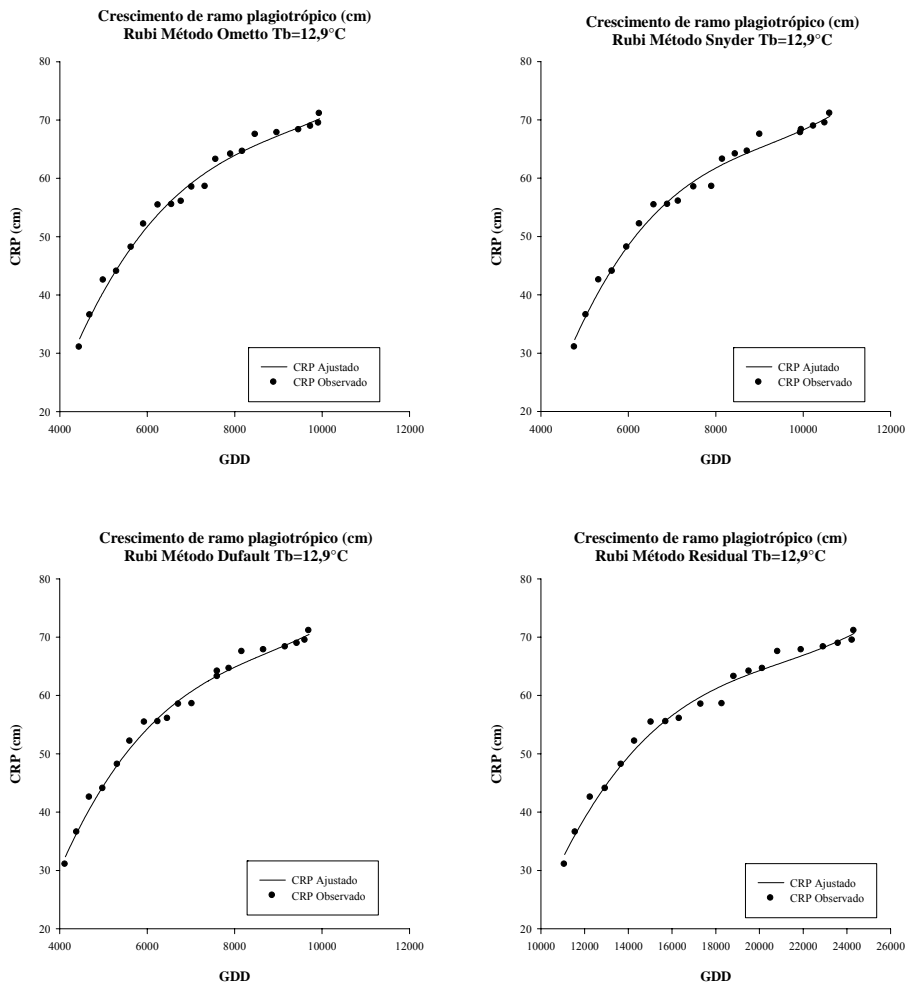


FIGURA 47 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (T_b) de $12,9^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

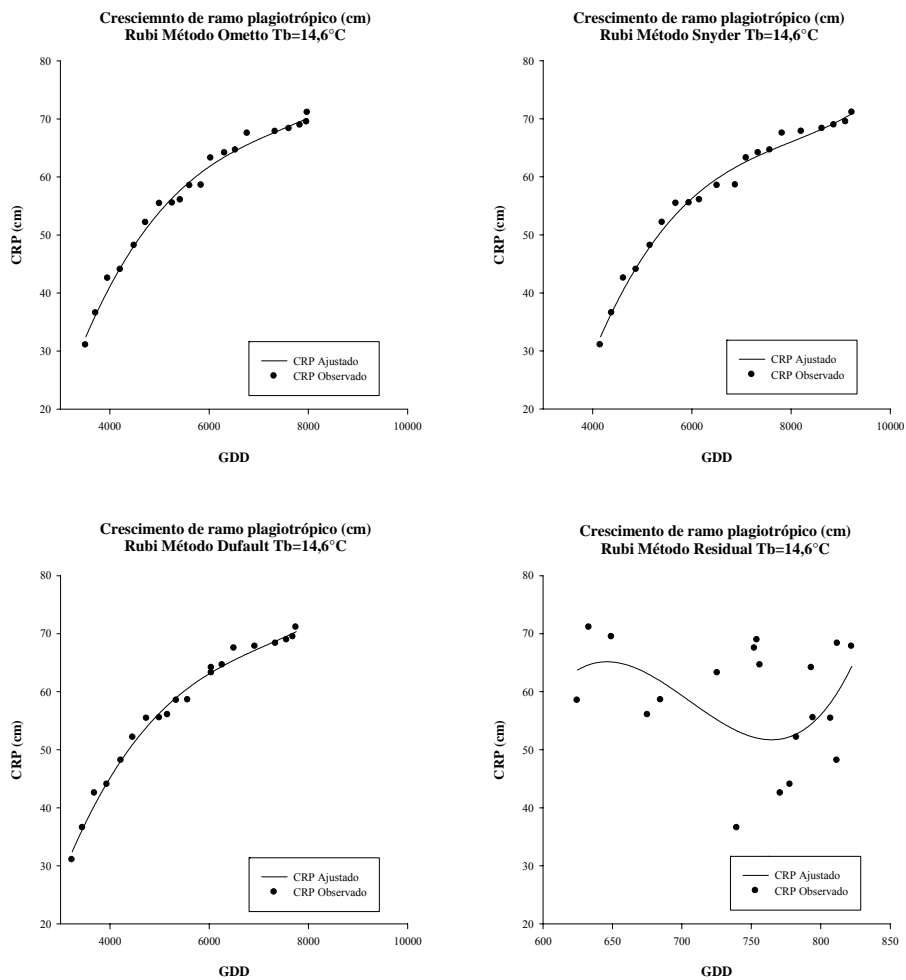


FIGURA 48 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 14,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

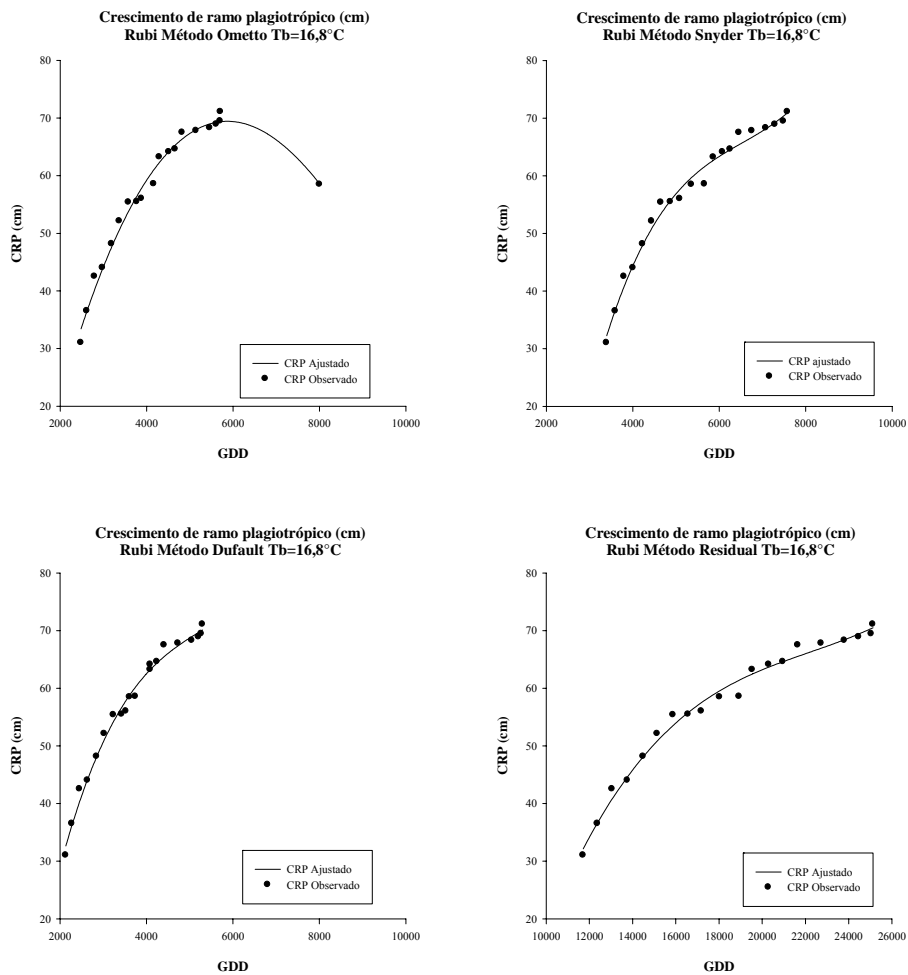


FIGURA 49 Curvas de crescimento de ramo plagiotrópico (CRP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 16,8°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

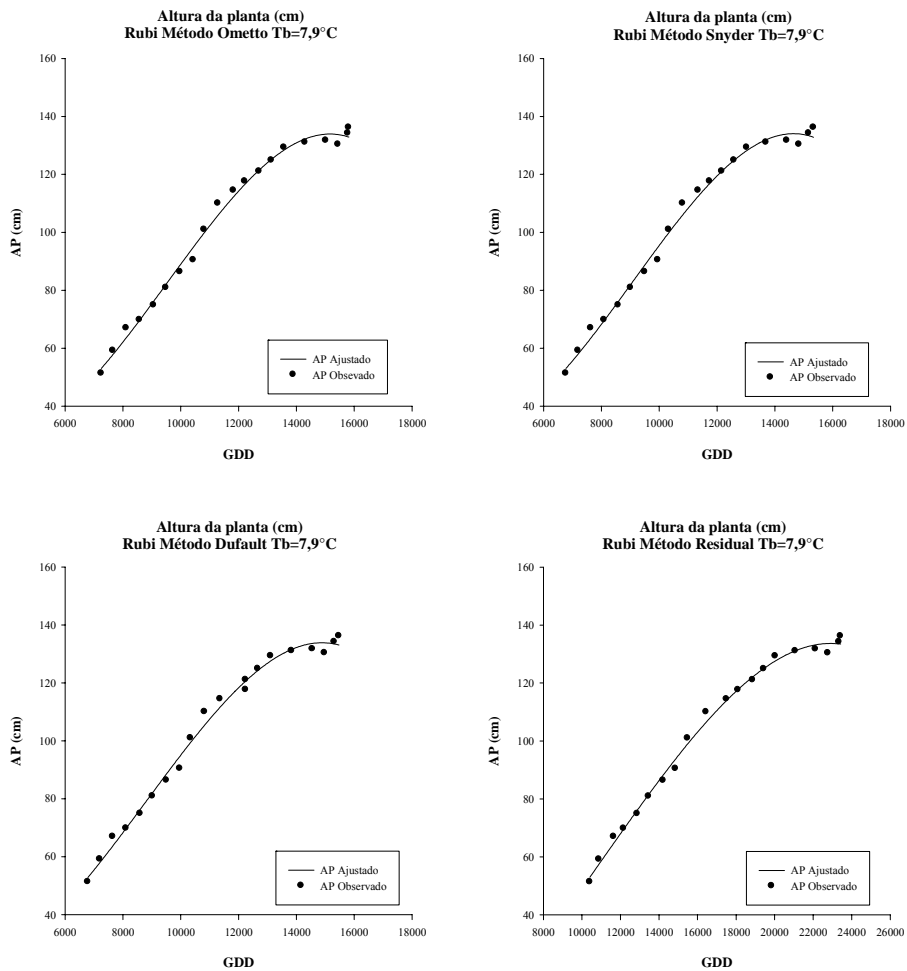


FIGURA 50 Curvas de altura de planta (AP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 7,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

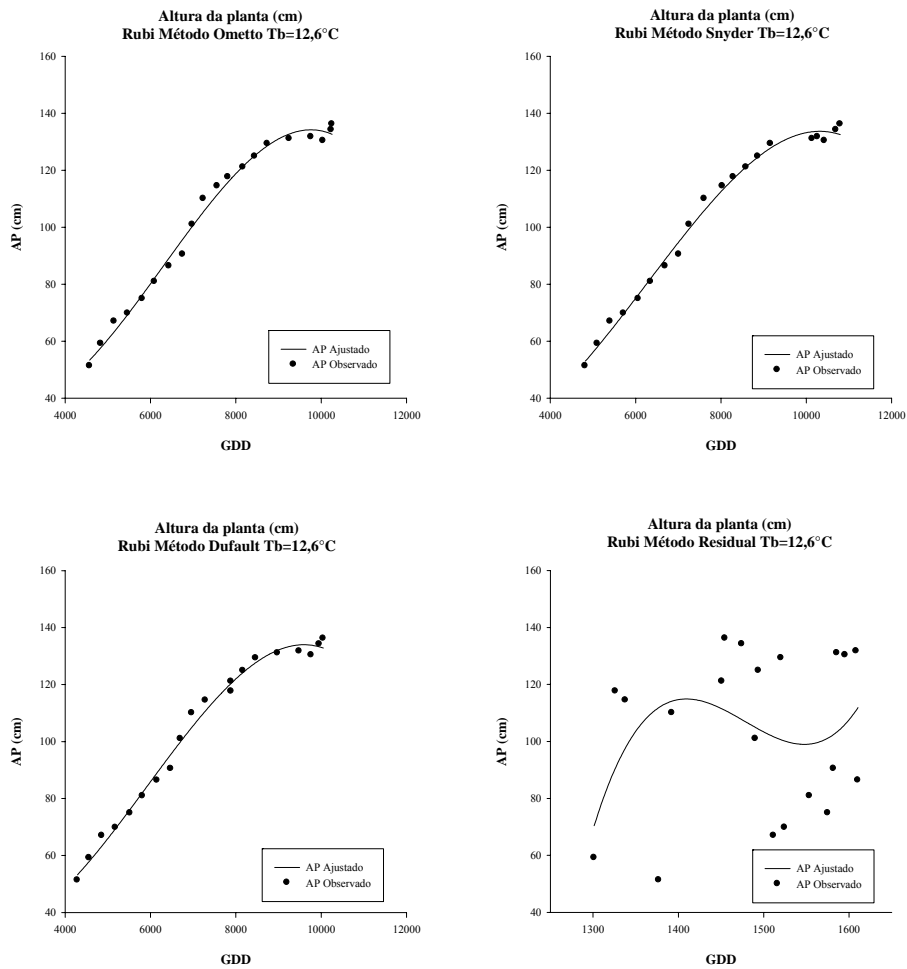


FIGURA 51 Curvas de altura de planta (AP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 12,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

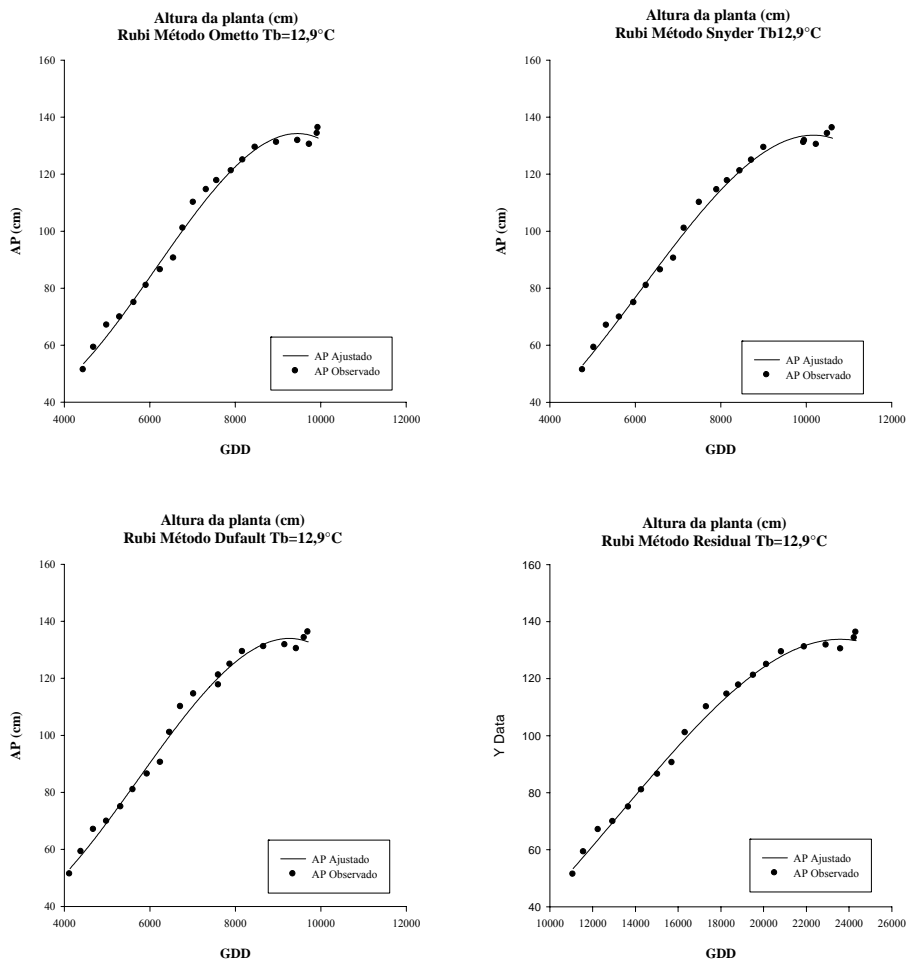


FIGURA 52 Curvas de altura de planta (AP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 12,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

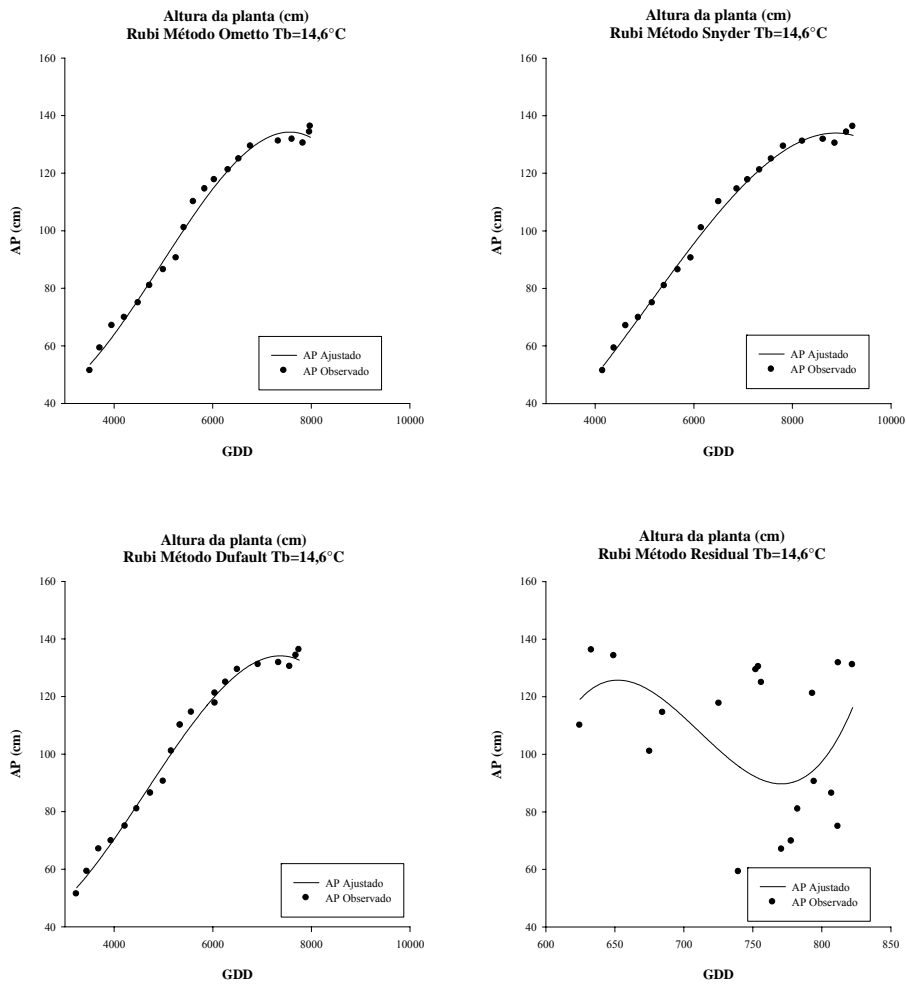


FIGURA 53 Curvas de altura de planta (AP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 14,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

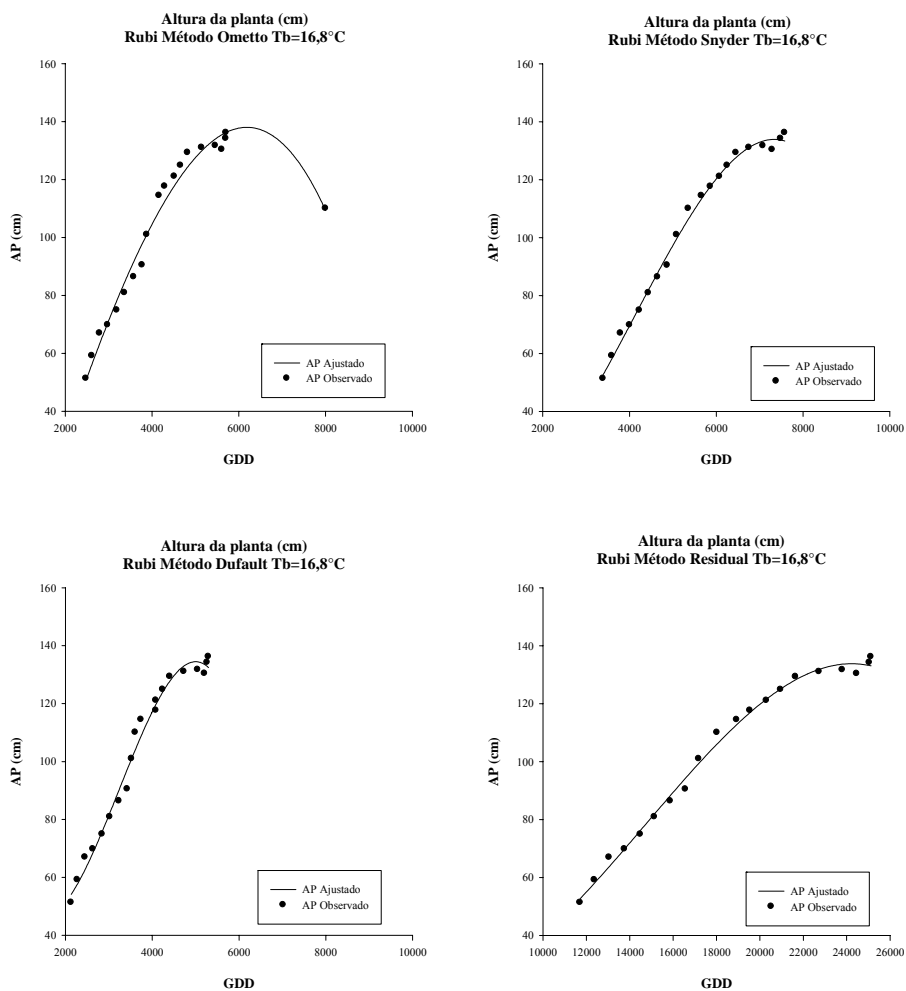


FIGURA 54 Curvas de altura de planta (AP) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (T_b) de $16,8^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de determinação (GDD). Lavras, MG, 2009.

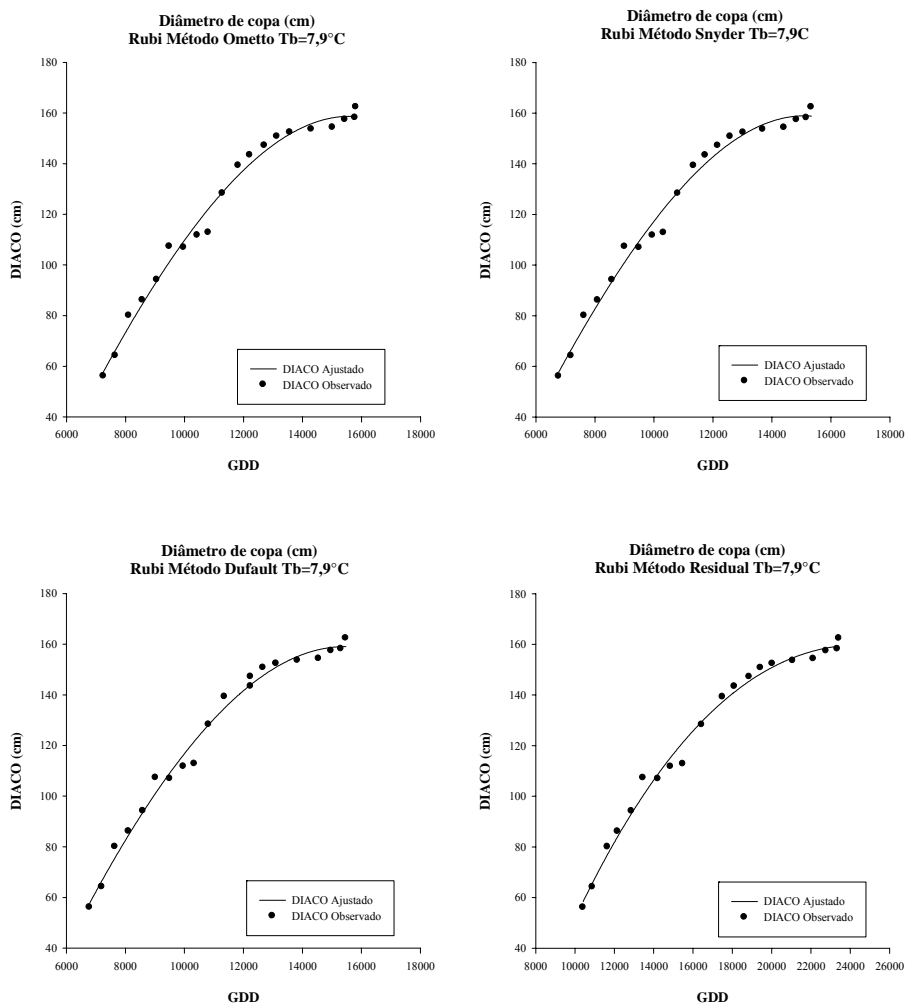


FIGURA 55 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 7,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

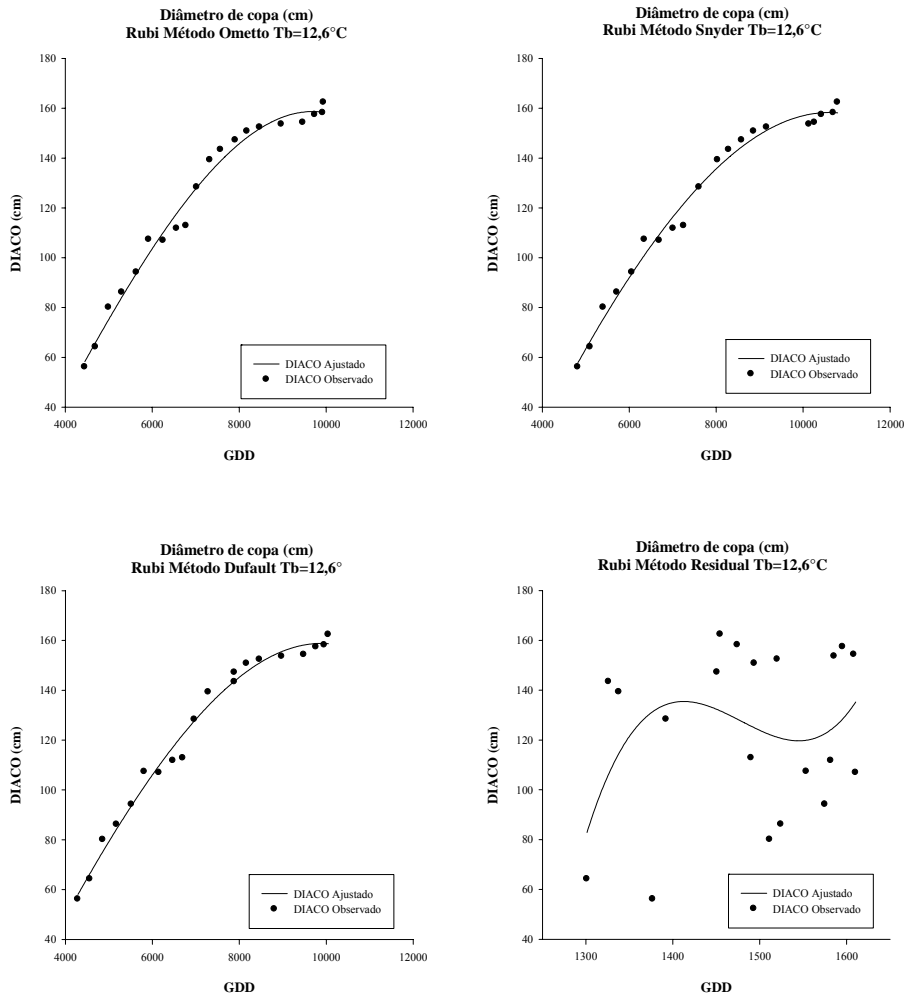


FIGURA 56 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 12,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

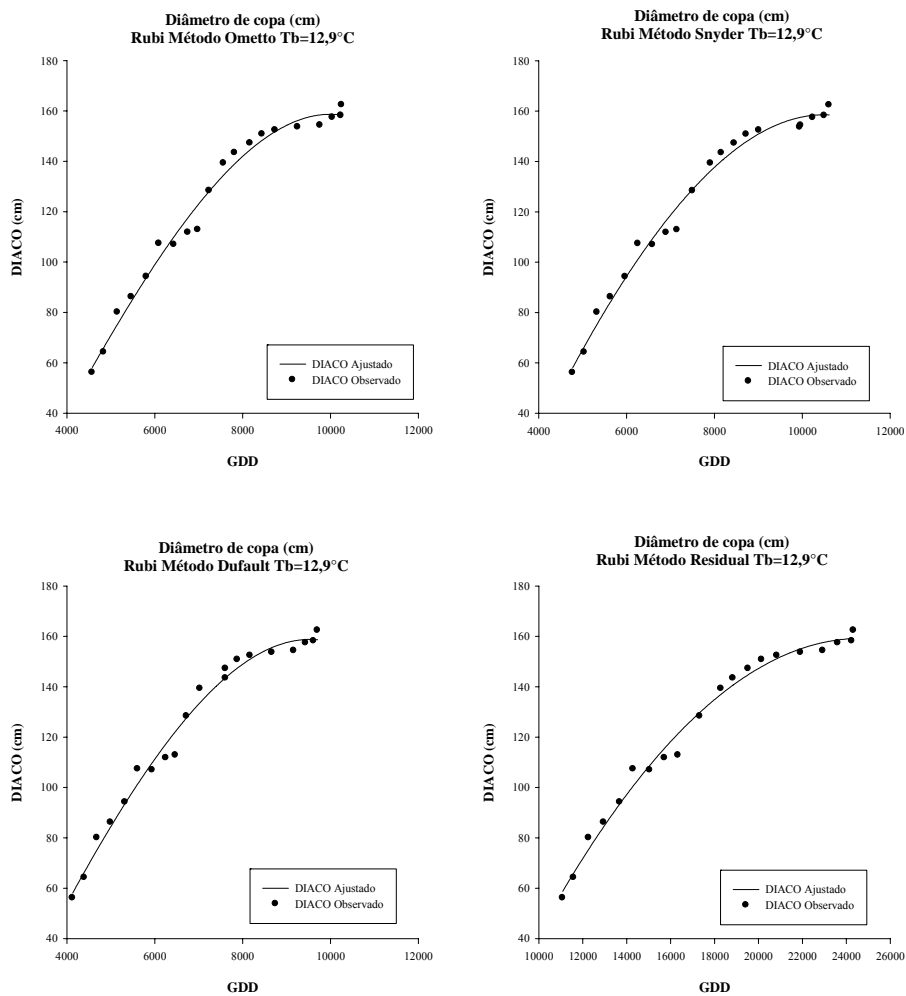


FIGURA 57 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 12,9°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

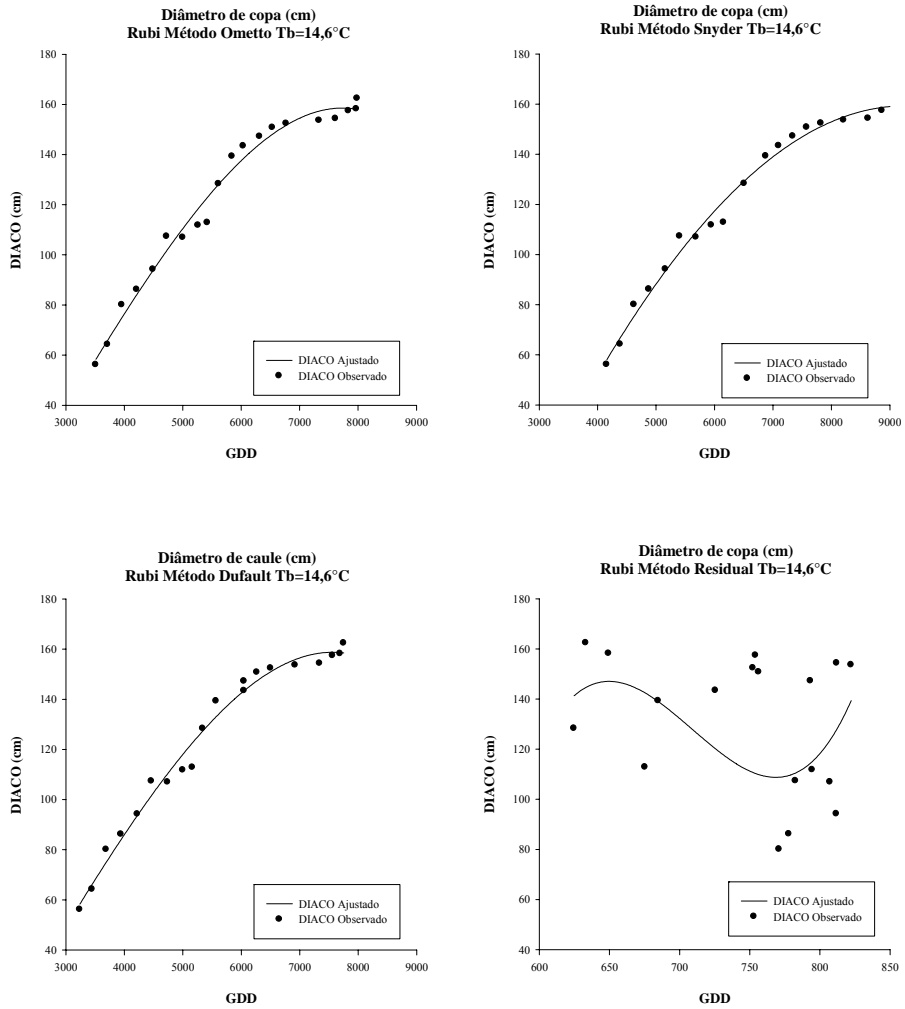


FIGURA 58 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 14,6°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

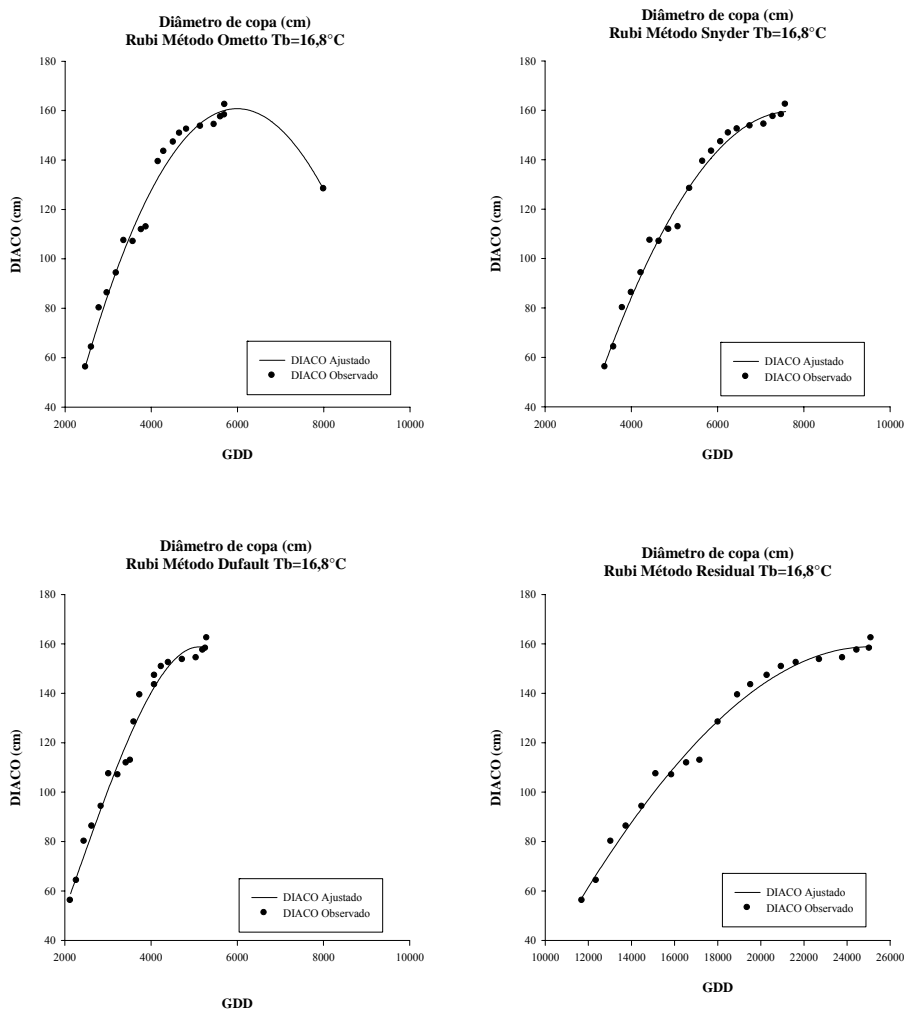


FIGURA 59 Curvas de diâmetro de copa (DIACO) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (Tb) de 16,8°C, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

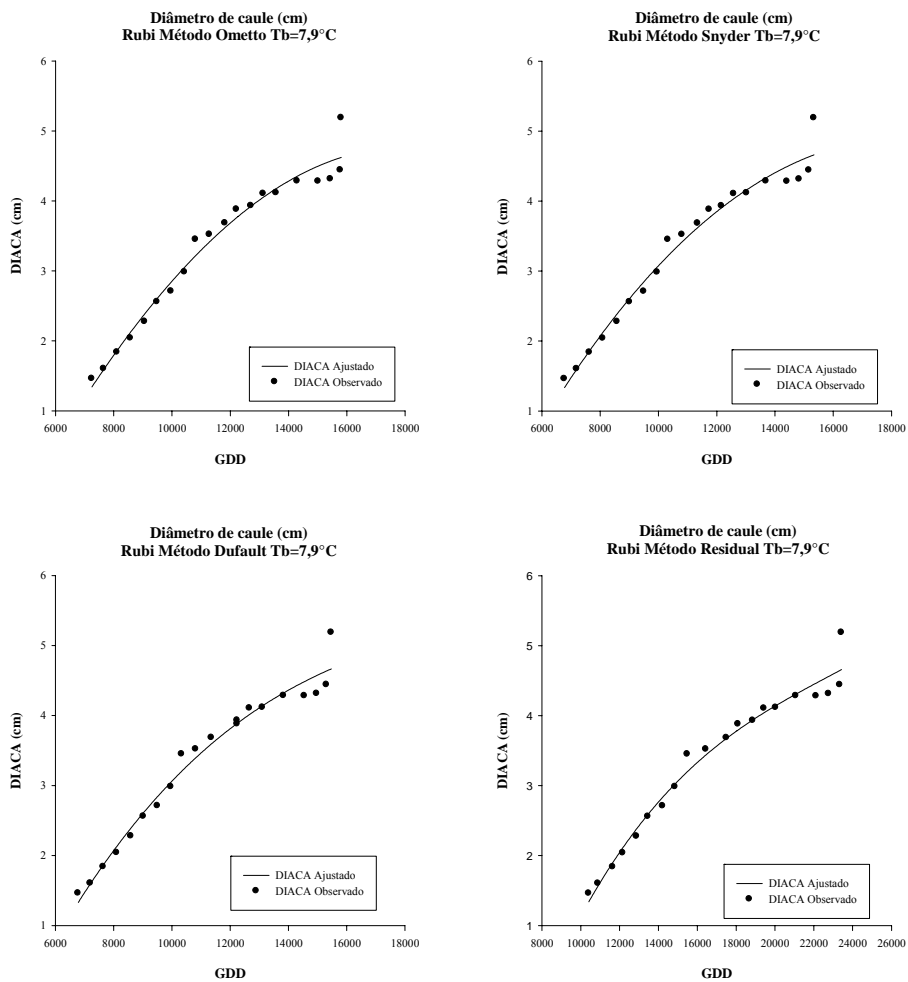


FIGURA 60 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (T_b) de $7,9^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

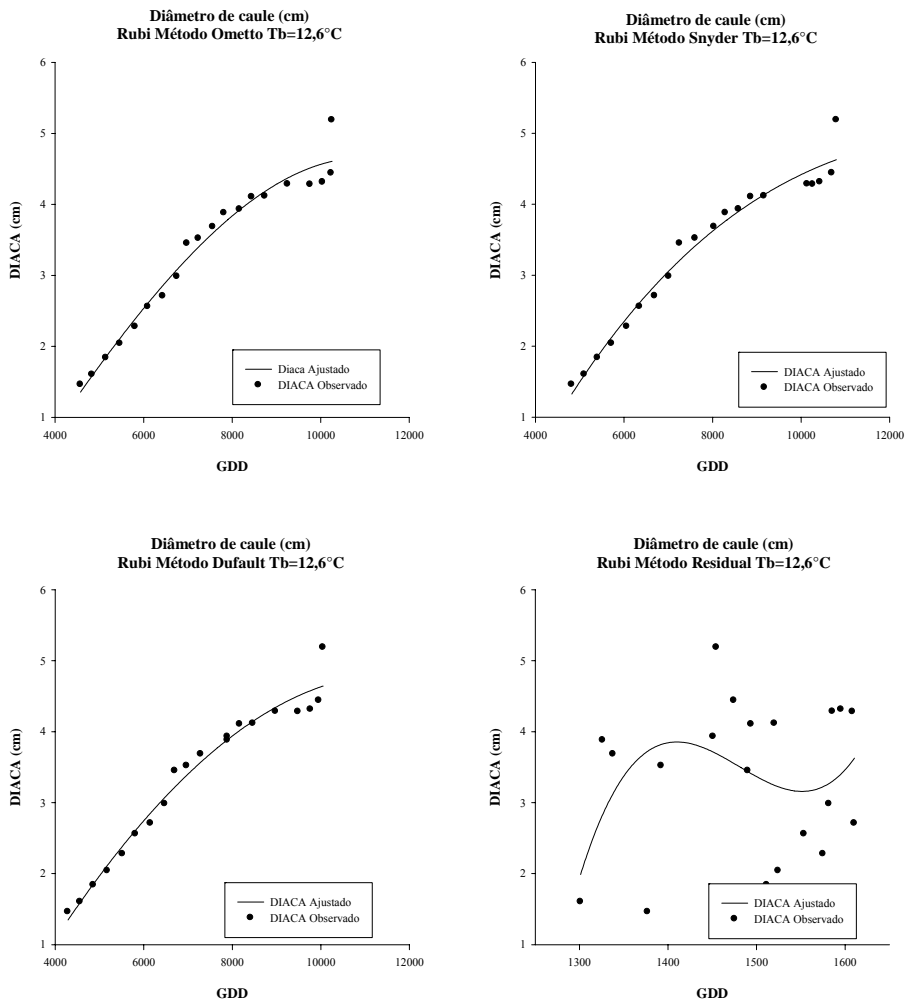


FIGURA 61 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (T_b) de $12,6^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

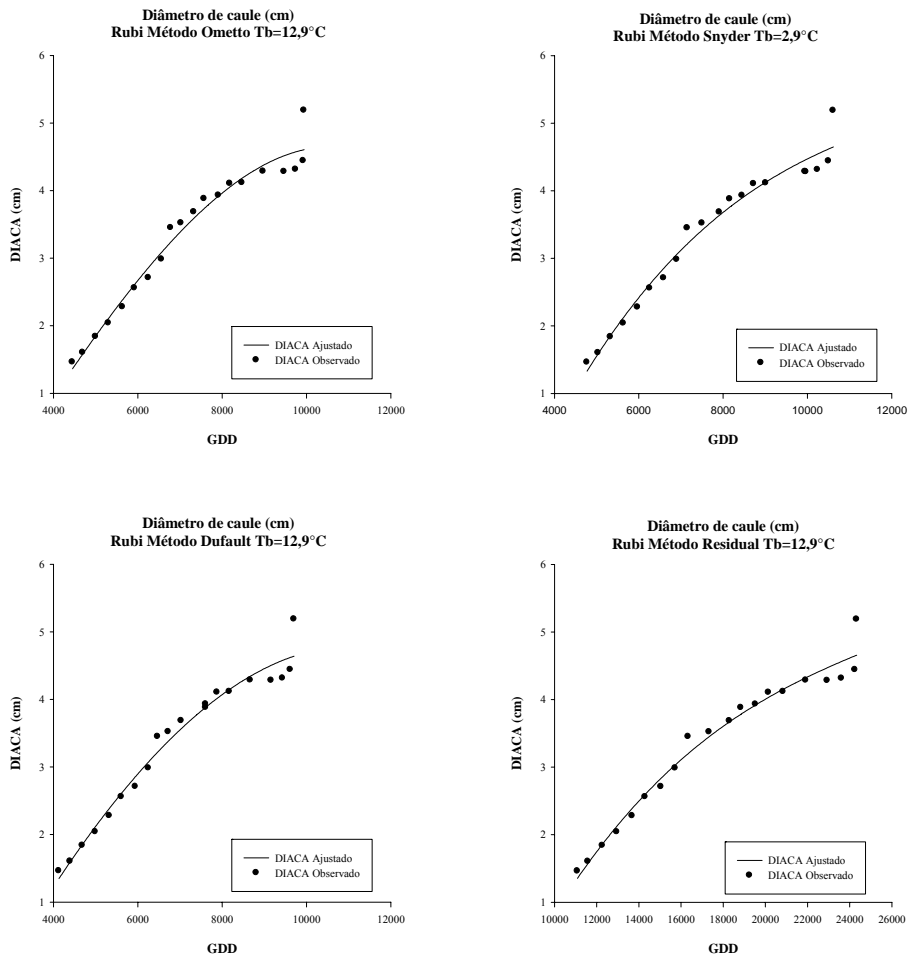


FIGURA 62 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (T_b) de $12,9^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG. 2009.

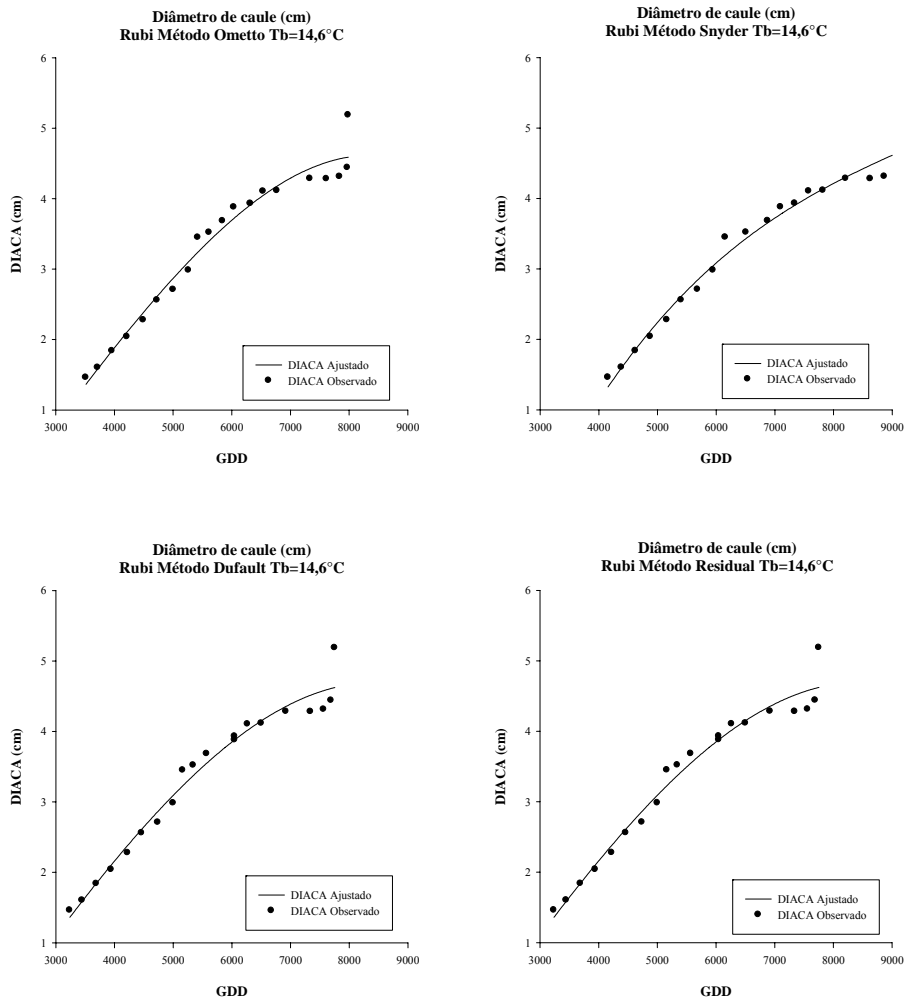


FIGURA 63 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Rubi, na temperatura base inferior (T_b) de $14,6^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

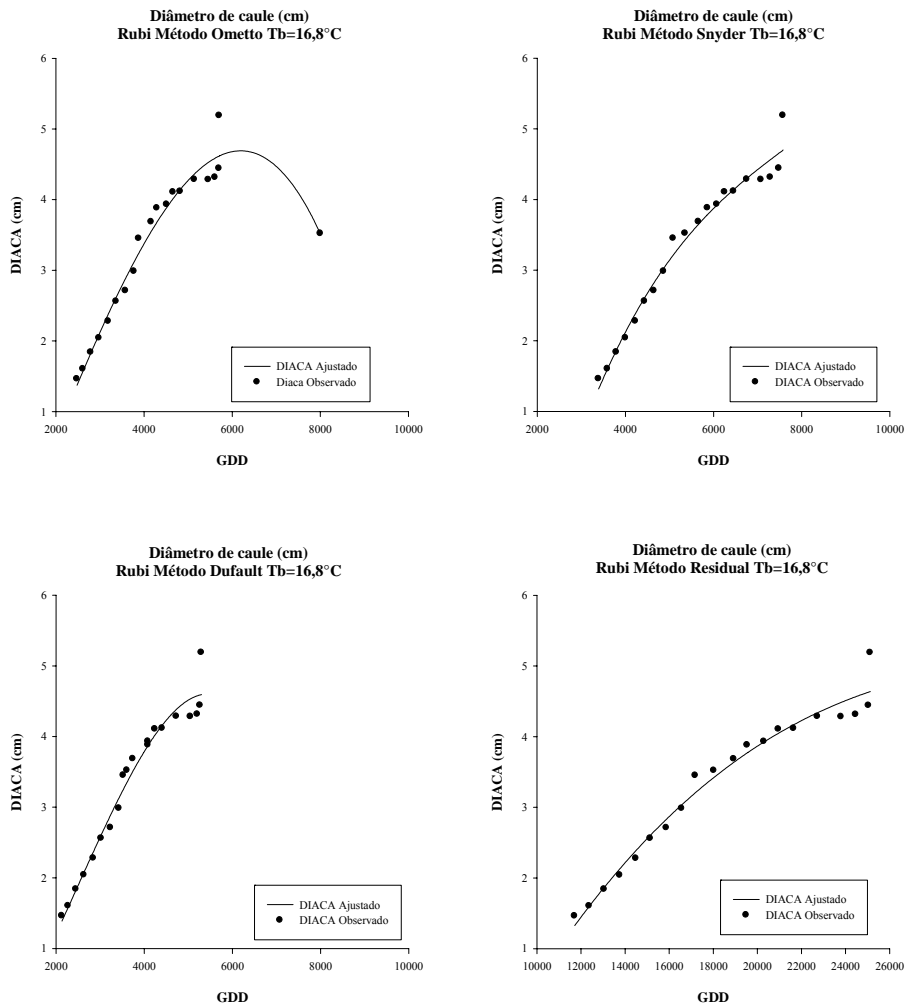


FIGURA 64 Curvas de diâmetro de caule (DIACA) para a cultivar Rubi, a temperatura base inferior (T_b) de $16,8^{\circ}\text{C}$, para todos os métodos de determinação de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Lavras, MG, 2009.

TABELA 19 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para o agrupamento das cultivares Acaia Cerrado e Rubi, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Ometto (1981), para todas as temperaturas base analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	145,9029	-31,5274	-2,1481	-100,0736
	a	-4,5x10 ⁻²	1,7x10 ⁻³	3x10 ⁻⁴	3x10 ⁻²
	b	6,0861x10 ⁻⁶	2,3269x10 ⁻⁶	3,9734x10 ⁻⁸	-1,8773x10 ⁻⁶
	c	-2,0391x10 ⁻¹⁰	-1,0456x10 ⁻¹⁰	-1,9815x10 ⁻¹²	4,2376x10 ⁻¹¹
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
12,6	y ₀	178,9551	-11,4366	1,3955	-77,8922
	a	-8,2x10 ⁻²	-3,3x10 ⁻³	-1x10 ⁻³	3,8x10 ⁻²
	b	1,6245x10 ⁻⁵	6,1438x10 ⁻⁶	3,0312x10 ⁻⁷	-3,3927x10 ⁻⁶
	c	-8,2667x10 ⁻¹⁰	-4,0525x10 ⁻¹⁰	-1,6745x10 ⁻¹¹	1,0885x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
12,9	y ₀	56,1251	-94,3030	0,6600	-52,0248
	a	-2,8x10 ⁻²	3,4x10 ⁻²	-7x10 ⁻⁴	2,7x10 ⁻²
	b	9,0404x10 ⁻⁶	1,0274x10 ⁻⁶	2,6965x10 ⁻⁷	-1,8817x10 ⁻⁶
	c	-5,1760x10 ⁻¹⁰	-1,8523x10 ⁻¹⁰	-1,5744x10 ⁻¹¹	3,8716x10 ⁻¹¹
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
14,6	y ₀	179,3874	17,9350	-0,1795	-69,7907
	a	-1,1x10 ⁻¹	-1,2x10 ⁻²	-4x10 ⁻⁴	4,5x10 ⁻²
	b	2,6754x10 ⁻⁵	1,2800x10 ⁻⁵	3,1899x10 ⁻⁷	-5,1053x10 ⁻⁶
	c	-1,7540x10 ⁻⁹	-1,0132x10 ⁻⁹	-2,4594x10 ⁻¹¹	2,09353x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
16,8	y ₀	-60,6904	-140,1268	-2,2535	-31,3822
	a	4,9x10 ⁻²	1,1x10 ⁻¹	1,3x10 ⁻³	3,4x10 ⁻²
	b	1,6677x10 ⁻⁶	-8,2832x10 ⁻⁶	1,5004x10 ⁻⁷	-2,4049x10 ⁻⁶
	c	-5,9799x10 ⁻¹⁰	-2,3848x10 ⁻¹¹	-2,7076x10 ⁻¹¹	-4,8143x10 ⁻¹¹
	r ²	0,71**	0,95**	0,97**	0,92**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 20 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para o agrupamento das cultivares Acaia Cerrado e Rubi, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Snyder, para todas as temperaturas base analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	132,5172	-27,9408	-2,0294	-86,0340
	a	-4,1x10 ⁻²	3x10 ⁻³	4x10 ⁻⁴	2,8x10 ⁻²
	b	6,0029x10 ⁻⁶	2,2670x10 ⁻⁶	3,5886x10 ⁻⁸	-1,8103x10 ⁻⁶
	c	-2,1056x10 ⁻¹⁰	-1,0757x10 ⁻¹⁰	-1,9410x10 ⁻¹²	4,2250x10 ⁻¹¹
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
12,6	y ₀	122,0070	-45,8671	-2,9656	-107,1340
	a	-5,5x10 ⁻²	1,1x10 ⁻²	9x10 ⁻⁴	4,9x10 ⁻²
	b	1,1701x10 ⁻⁵	3,8077x10 ⁻⁶	2,9410x10 ⁻⁸	-4,7360x10 ⁻⁶
	c	-5,8849x10 ⁻¹⁰	-2,7855x10 ⁻¹⁰	-3,8791x10 ⁻¹²	1,6631x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
12,9	y ₀	116,0899	-57,6597	-3,3376	-109,1070
	a	-5,3x10 ⁻²	1,6x10 ⁻²	1x10 ⁻³	5x10 ⁻²
	b	1,1790x10 ⁻⁵	3,3318x10 ⁻⁶	1,1175x10 ⁻⁸	-4,9576x10 ⁻⁶
	c	-6,0497x10 ⁻¹⁰	-2,6660x10 ⁻¹⁰	-3,2327x10 ⁻¹²	1,7713x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
14,6	y ₀	83,0558	-80,6776	-4,2593	-107,6356
	a	-4,5x10 ⁻²	2,8x10 ⁻²	1,6x10 ⁻³	5,7x10 ⁻²
	b	1,3273x10 ⁻⁵	2,8843x10 ⁻⁶	-5,0699x10 ⁻⁸	-6,3606x10 ⁻⁶
	c	-8,0869x10 ⁻¹⁰	-3,3523x10 ⁻¹⁰	-1,7178x10 ⁻¹²	2,5758x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
16,8	y ₀	77,0560	-85,6529	-4,2624	-109,6641
	a	-5,1x10 ⁻²	3,9x10 ⁻²	2x10 ⁻³	7,1x10 ⁻²
	b	1,8618x10 ⁻⁵	3,2552x10 ⁻⁶	-8,9821x10 ⁻⁸	-9,8292x10 ⁻⁶
	c	-1,3859x10 ⁻⁹	-5,3208x10 ⁻¹⁰	-1,8824x10 ⁻¹²	4,9304x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 21 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para o agrupamento das cultivares Acaia Cerrado e Rubi, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica. Procedimento realizado de acordo com o método de determinação de graus-dia de desenvolvimento descrito por Dufault, para todas as temperaturas base analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	99,7269	-50,8815	-2,9678	-90,9214
	a	-3,1x10 ⁻³	1,1x10 ⁻²	6x10 ⁻⁴	2,3x10 ⁻²
	b	4,9581x10 ⁻⁶	1,5189x10 ⁻⁶	7,2727x10 ⁻⁹	-1,9554x10 ⁻⁶
	c	-1,7699x10 ⁻¹⁰	-8,3288x10 ⁻¹¹	-1,0468x10 ⁻¹²	4,6669x10 ⁻¹¹
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
12,6	y ₀	124,1783	-16,5545	-1,5879	-71,3100
	a	-5,7x10 ⁻²	3x10 ⁻³	4x10 ⁻⁴	3,9x10 ⁻²
	b	1,3038x10 ⁻⁵	5,2547x10 ⁻⁶	9,0627x10 ⁻⁸	-3,6639x10 ⁻⁶
	c	-7,0385x10 ⁻¹⁰	-3,7518x10 ⁻¹⁰	-7,0807x10 ⁻¹²	1,2878x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
12,9	y ₀	126,3059	-13,4915	-1,4632	-69,5077
	a	-6x10 ⁻²	2x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	3,9x10 ⁻²
	b	1,4104x10 ⁻⁵	5,7945x10 ⁻⁶	1,0440x10 ⁻⁷	-3,8330x10 ⁻⁶
	c	-7,8748x10 ⁻¹⁰	-4,2382x10 ⁻¹⁰	-8,1984x10 ⁻¹²	1,3874x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
14,6	y ₀	140,0945	6,5960	20,1539	-57,5273
	a	-8,2x10 ⁻²	-7x10 ⁻³	1,2x10 ⁻²	4,3x10 ⁻²
	b	2,3332x10 ⁻⁵	1,0713x10 ⁻⁵	2,3022x10 ⁻⁶	-4,9895x10 ⁻⁶
	c	-1,6170x10 ⁻⁹	-9,2272x10 ⁻¹⁰	-1,4009x10 ⁻¹⁰	2,1524x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,75**	0,92**
16,8	y ₀	162,7072	39,8748	0,7548	-37,2789
	a	-1,4x10 ⁻¹	-3,5x10 ⁻²	-1x10 ⁻³	4,7x10 ⁻²
	b	5,4477x10 ⁻⁵	2,8887x10 ⁻⁵	7,9516x10 ⁻⁷	-6,9109x10 ⁻⁶
	c	-5,4625x10 ⁻⁹	-3,3845x10 ⁻⁹	-8,8614x10 ⁻¹¹	3,6311x10 ⁻¹⁰
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%.

TABELA 22 Parâmetros da equação de regressão polinomial de 3º grau, para o agrupamento das cultivares Acaia Cerrado e Rubi, para as variáveis de desenvolvimento do cafeeiro arábica. Procedimento realizado de acordo com o método Residual de determinação de graus-dia de desenvolvimento, para todas as temperaturas base inferior analisadas. Lavras, MG, 2009.

Tb (°C) ¹	Parâm. ²	AP (cm) ³	DIACO (cm) ⁴	DIACA (cm) ⁵	CRP (cm) ⁶
7,9	y ₀	31,3327	-1115,0435	-5,3443	-115,5783
	a	-7,3x10 ⁻³	2x10 ⁻²	9x10 ⁻⁴	2,4x10 ⁻²
	b	1,3883x10 ⁻⁶	-6,1951x10 ⁻⁸	-2,3227x10 ⁻⁸	-1,1293x10 ⁻⁶
	c	-3,6097x10 ⁻¹¹	-1,0091x10 ⁻¹¹	2,0054x10 ⁻¹³	1,8723x10 ⁻⁶
	r ²	0,72**	0,97**	0,97**	0,92**
12,6	y ₀	-47031,7757	-41500,3157	-1641,2944	-12268,7108
	a	96,1181	84,7230	3,3511	25,0835
	b	-6,5x10 ⁻²	-5,7x10 ⁻²	-2,3x10 ⁻³	-1,7x10 ⁻²
	c	1,4687x10 ⁻⁵	1,2918x10 ⁻⁵	5,1174x10 ⁻⁷	3,8324x10 ⁻⁶
	r ²	0,09 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,15 ^{NS}
12,9	y ₀	79,4577	-87,7680	-4,3880	-114,0009
	a	-1,7x10 ⁻²	1,2x10 ⁻²	6x10 ⁻⁴	2,3x10 ⁻²
	b	1,8475x10 ⁻⁶	3,3239x10 ⁻⁷	-8,3898x10 ⁻⁹	-9,7491x10 ⁻⁷
	c	-4,2624x10 ⁻¹¹	-1,6510x10 ⁻¹¹	-7,2556x10 ⁻¹⁴	1,5155x10 ⁻¹¹
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**
14,6	y ₀	-17680,4986	6,5960	-0,6390	-5538,9200
	a	76,1360	-7,4x10 ⁻³	7,6185x10 ⁻⁵	24,1727
	b	-1,1x10 ⁻¹	1,0713x10 ⁻⁵	2,3893x10 ⁻⁷	-3,5x10 ⁻²
	c	5,0444x10 ⁻⁵	-9,2272x10 ⁻¹⁰	-2,0462x10 ⁻¹¹	1,6349x10 ⁻⁵
	r ²	0,16 ^{NS}	0,96**	0,97**	0,16 ^{NS}
16,8	y ₀	120,5923	39,8748	-3,4751	-118,6525
	a	-2,4x10 ⁻¹	-3,5x10 ⁻²	4x10 ⁻⁴	2,2x10 ⁻²
	b	2,1995x10 ⁻⁶	2,8887x10 ⁻⁵	4,6927x10 ⁻⁹	-8,8887x10 ⁻⁷
	c	-4,7098x10 ⁻¹¹	-3,3845x10 ⁻⁹	-3,0100x10 ⁻¹³	1,3022x10 ⁻¹¹
	r ²	0,72**	0,96**	0,97**	0,92**

¹Tb – Temperatura base inferior, em graus Celsius; ²Parâmetros da curva de regressão polinomial de 3º grau; ³Altura da planta; ⁴Diâmetro de copa; ⁵Diâmetro de caule; ⁶Crescimento de ramo plagiotrópico; **Significativo a 1%; NS – não significativo.

Conforme citado anteriormente, acredita-se que a não significância observada para o método Residual de determinação de GDD, nas Tb de 12,6°C e de 14,6°C, na análise agrupada das cultivares de cafeeiro Acaiá Cerrado e Rubi, para as variáveis diâmetro de copa e diâmetro de caule, esteja relacionada ao fato de que esse método apresentou valores bastante elevados de GDD, o que pode ter influenciado negativamente o ajuste da curva de regressão.

Além disso, apesar da significância observada para a variável altura de planta, para os métodos de determinação de GDD descritos por Ometto, Snyder e Dufault para as cinco Tb analisadas, bem como para o método Residual nas Tb de 7,9°C, 12,9°C e 16,8°C, com coeficientes de determinação obtidos de 0,72, as curvas de regressão não apresentaram bom ajuste.

Os resultados obtidos no presente estudo para a variável altura de planta coincidem com os relatados por Lima (2006) e por Ribeiro (2006), avaliando essa mesma característica de crescimento vegetativo de cafeeiros arábica. Nesse sentido, verifica-se que, para a variável altura de planta, a utilização de GDD na estimativa do crescimento vegetativo de cafeeiros das cultivares Acaiá Cerrado e Rubi não é uma alternativa viável, o que indica a limitação dessa variável bioclimatológica, o que também foi relatado por esses autores.

Da mesma forma como observado na análise dos dados de crescimento vegetativo das duas cultivares de cafeeiro estudadas em separado, ao avaliar os dados agrupados, verifica-se que o comportamento das curvas de regressão ajustadas foi semelhante (Figuras 65 a 76). Para a variável altura de planta, por exemplo, verifica-se, por meio das Figuras 68, 69 e 70, que as plantas das duas cultivares apresentam alturas bastante distintas, o que pode explicar o menor coeficiente de determinação obtido para essa característica, em todos os métodos de determinação de GDD utilizados. Para as demais características de crescimento vegetativo avaliadas, o ajuste das curvas de regressão obtidas mostrou-se satisfatório.

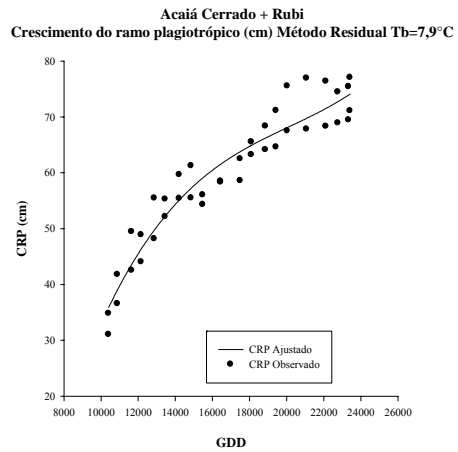
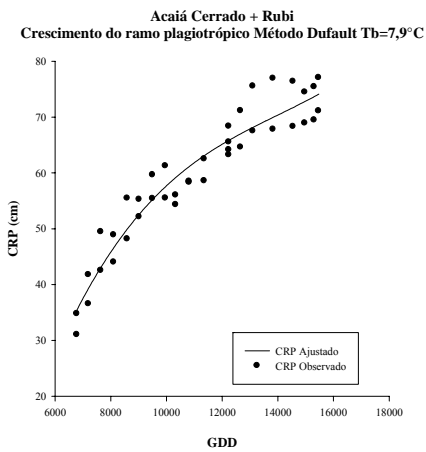
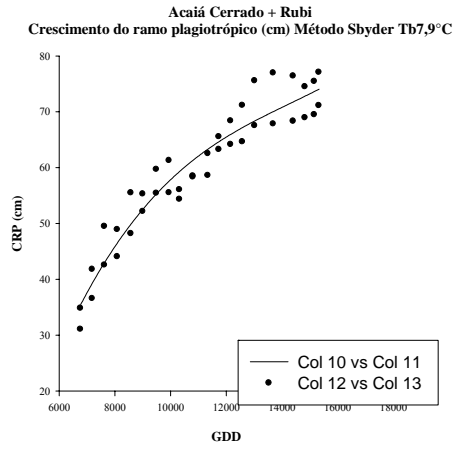
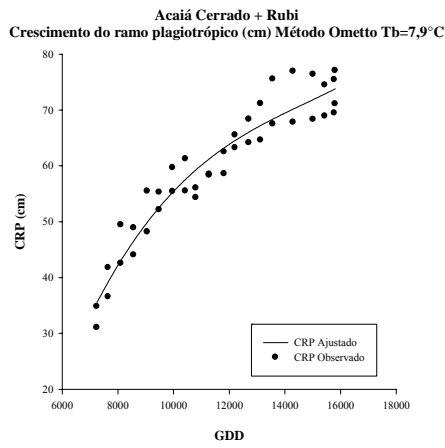


FIGURA 65 Curvas do crescimento do ramo plagiotrópico (CRP) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para Tb de 7,9°C. Lavras, MG, 2009.

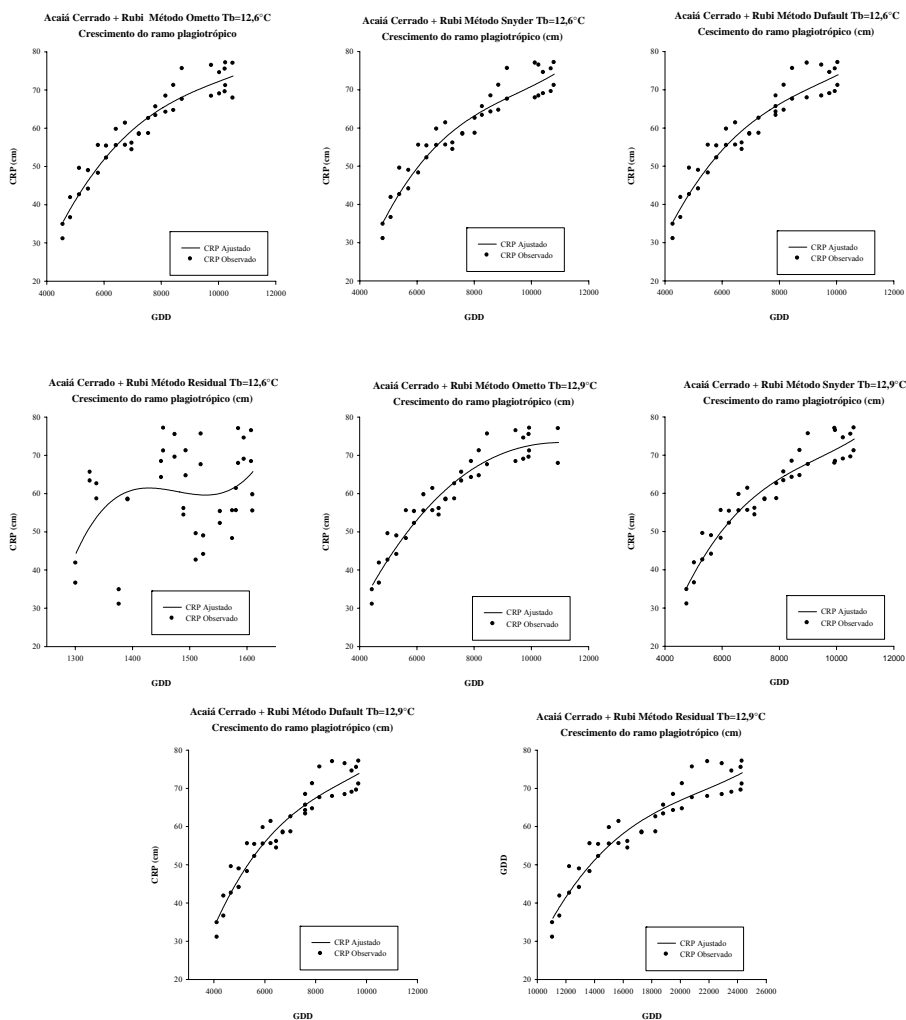


FIGURA 66 Curvas do crescimento do ramo plagiotrópico (CRP) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para T_b de $12,6^\circ\text{C}$ e $12,9^\circ\text{C}$. Lavras, MG, 2009.

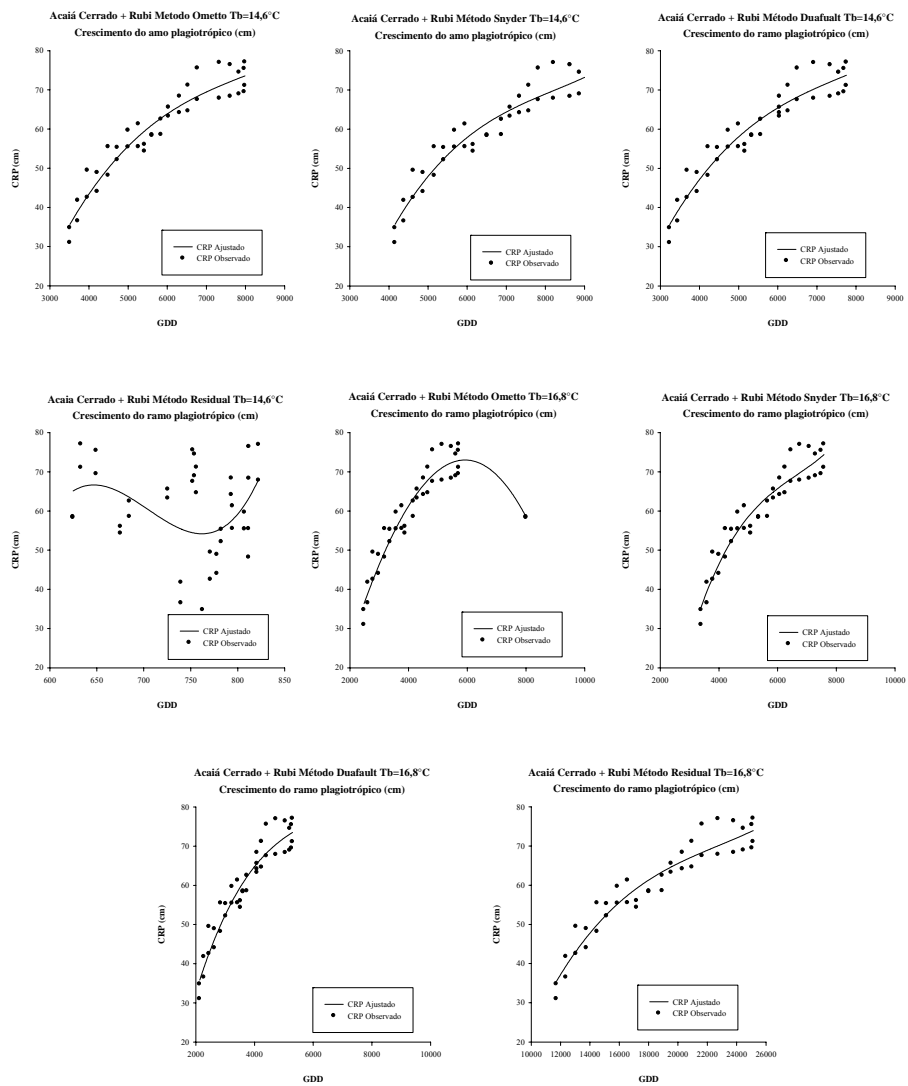


FIGURA 67 Curvas do crescimento do ramo plagiotrópico (CRP) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para T_b de $14,6^{\circ}\text{C}$ e $16,8^{\circ}\text{C}$. Lavras, MG, 2009.

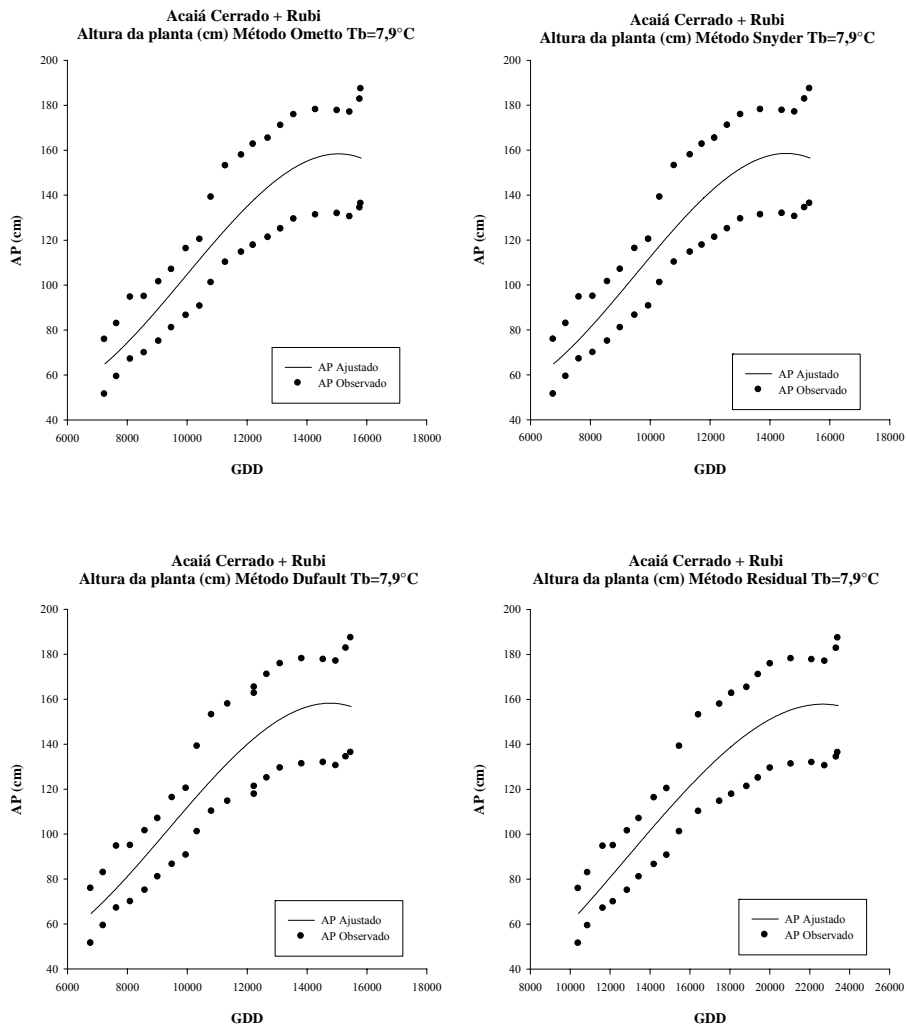


FIGURA 68 Curvas de altura da planta (AP) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para T_b de $7,9^{\circ}C$. Lavras, MG, 2009.

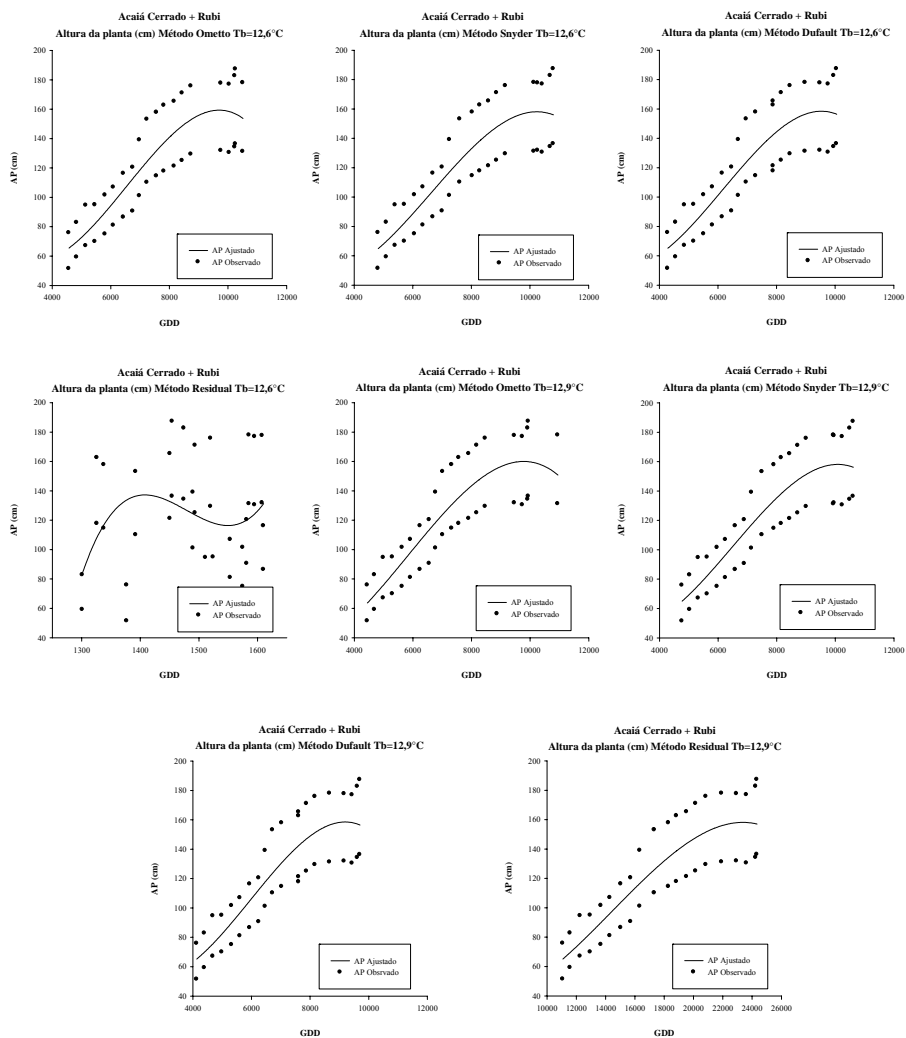


FIGURA 69 Curvas de altura da planta (AP) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para T_b de $12,6^{\circ}\text{C}$ e $12,9^{\circ}\text{C}$. Lavras, MG, 2009.

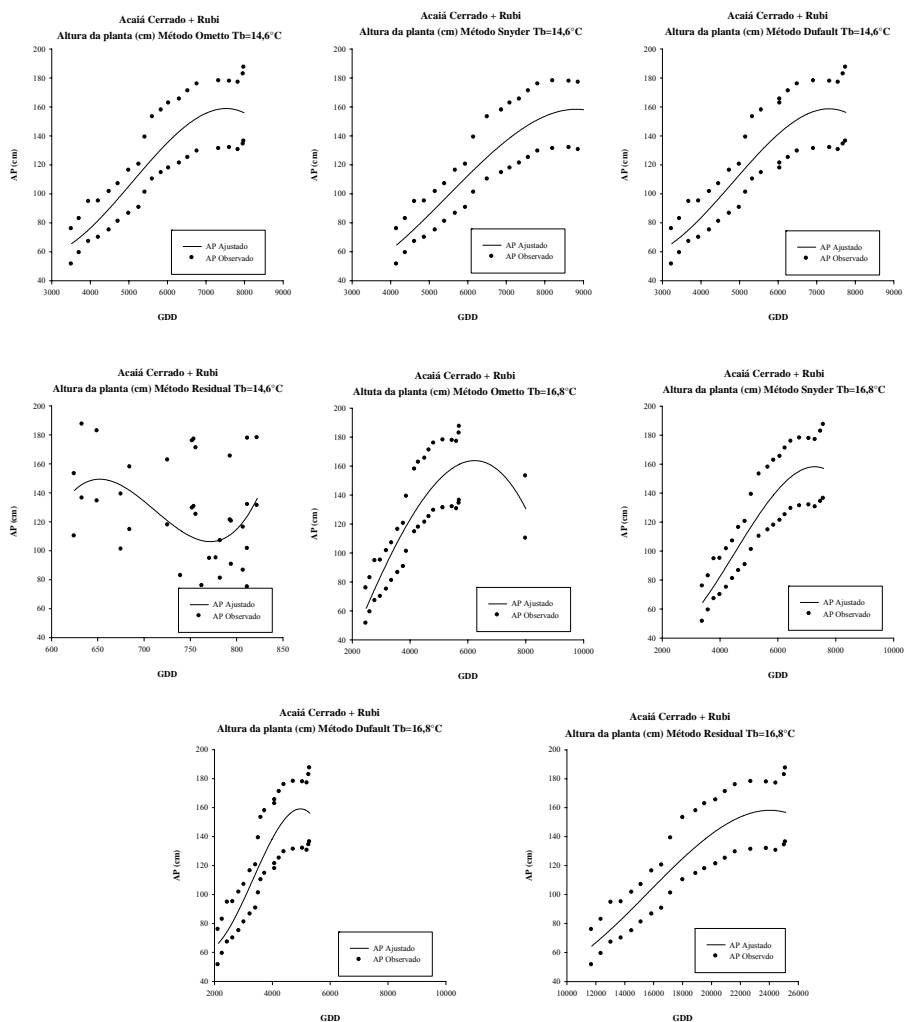


FIGURA 70 Curvas de altura da planta (AP) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para Tb de 14,6°C e 16,8°C. Lavras, MG, 2009.

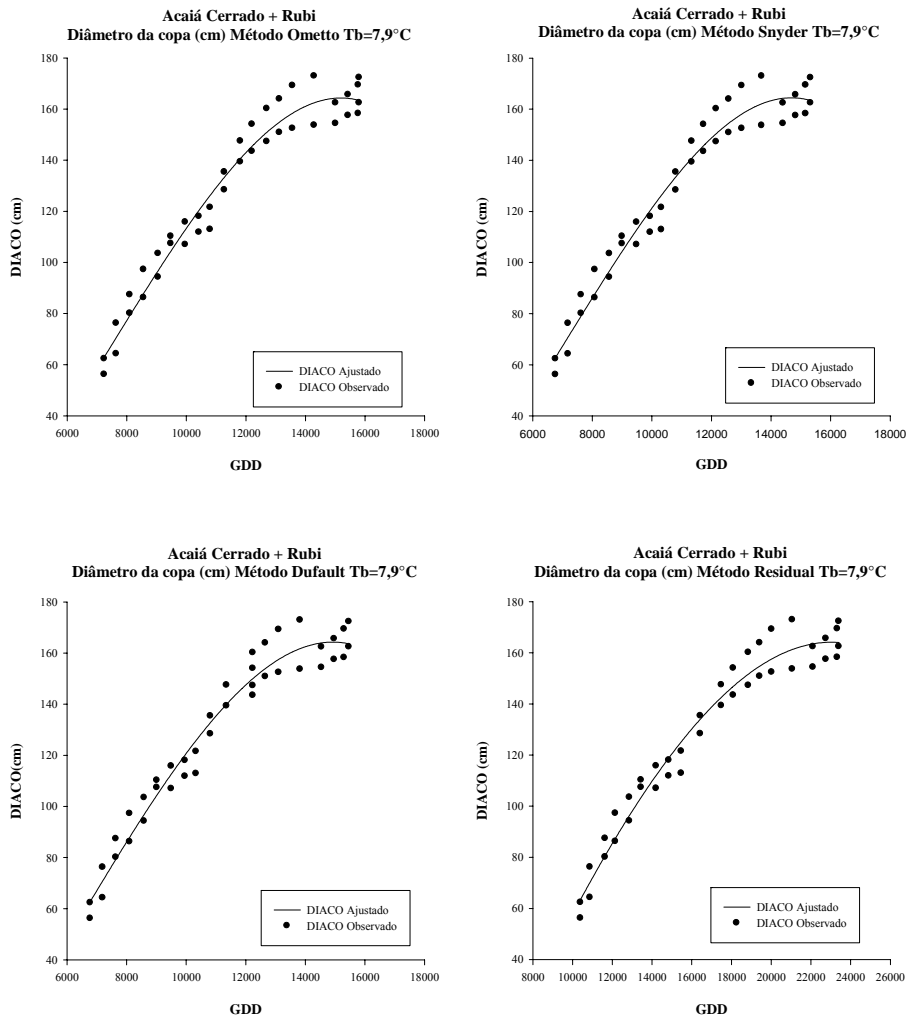


FIGURA 71 Curvas do diâmetro da copa (DIACO) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para T_b de $7,9^{\circ}\text{C}$. Lavras, MG, 2009.

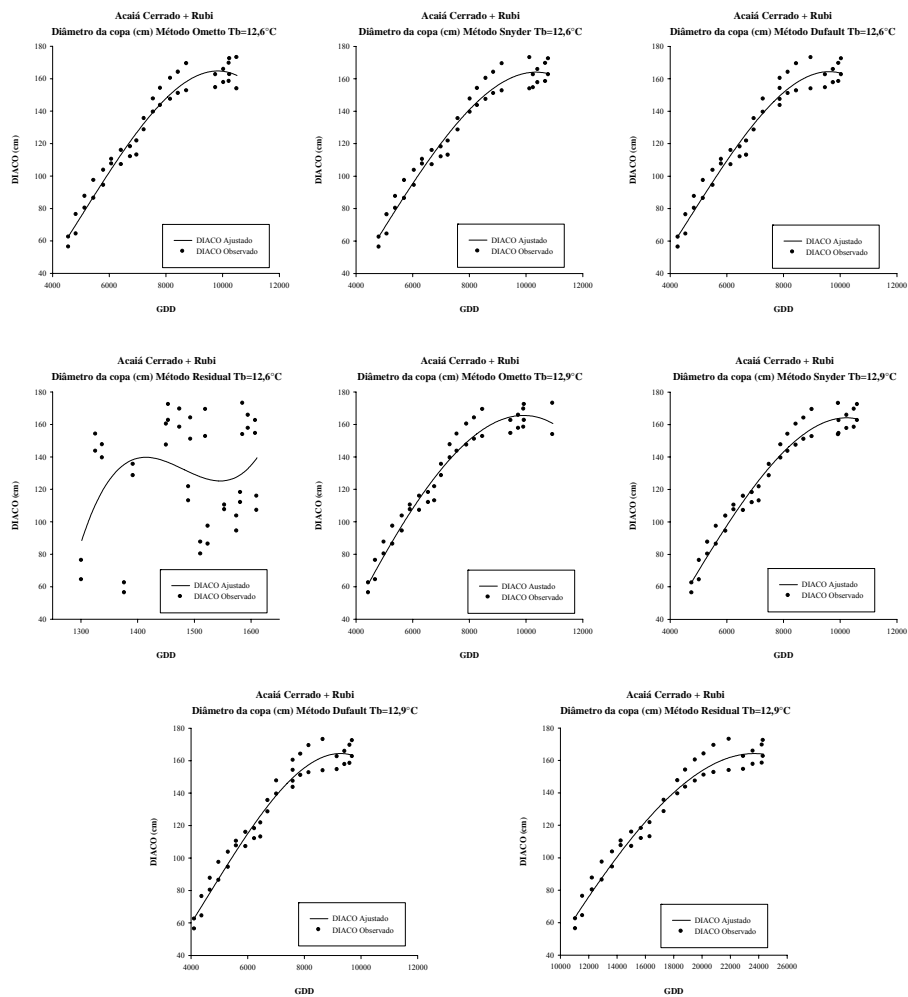


FIGURA 72 Curvas de diâmetro da copa (DIACO) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para Tb de 12,6°C e 12,9°C. Lavras, MG, 2009.

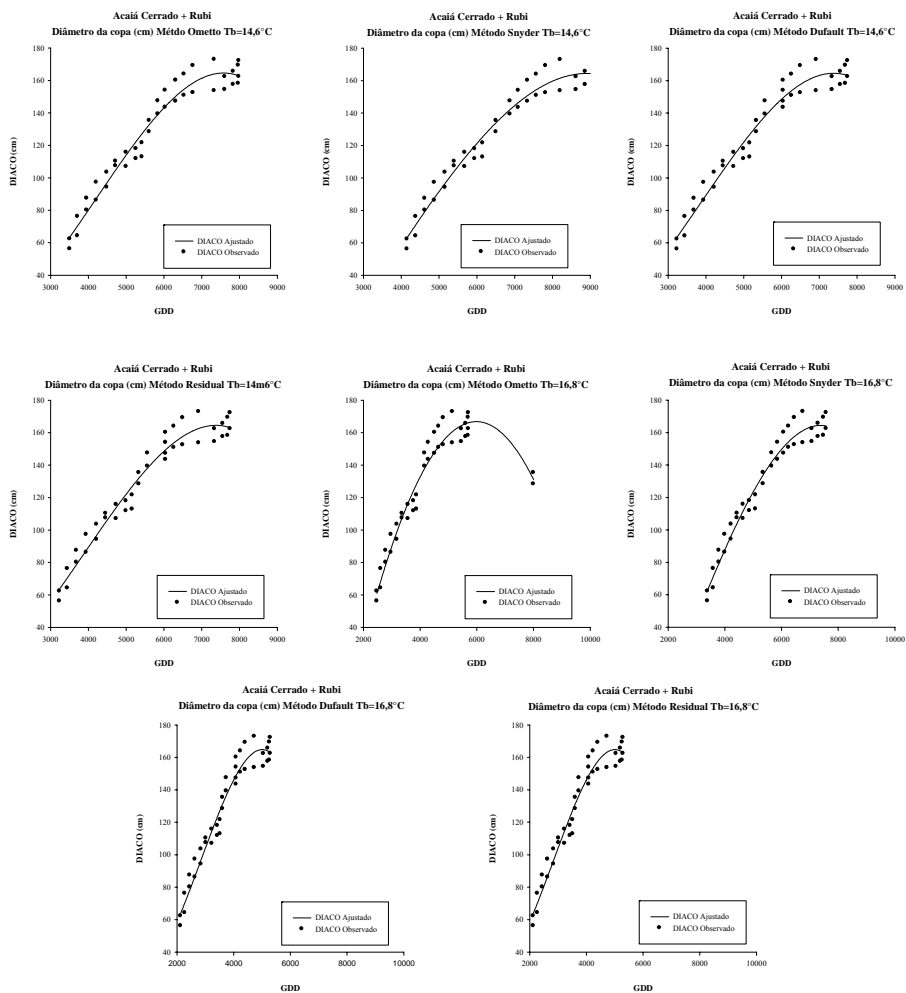


FIGURA 73 Curvas do diâmetro da copa (DIACO) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para Tb de 14,6°C e 16,8°C. Lavras, MG, 2009.

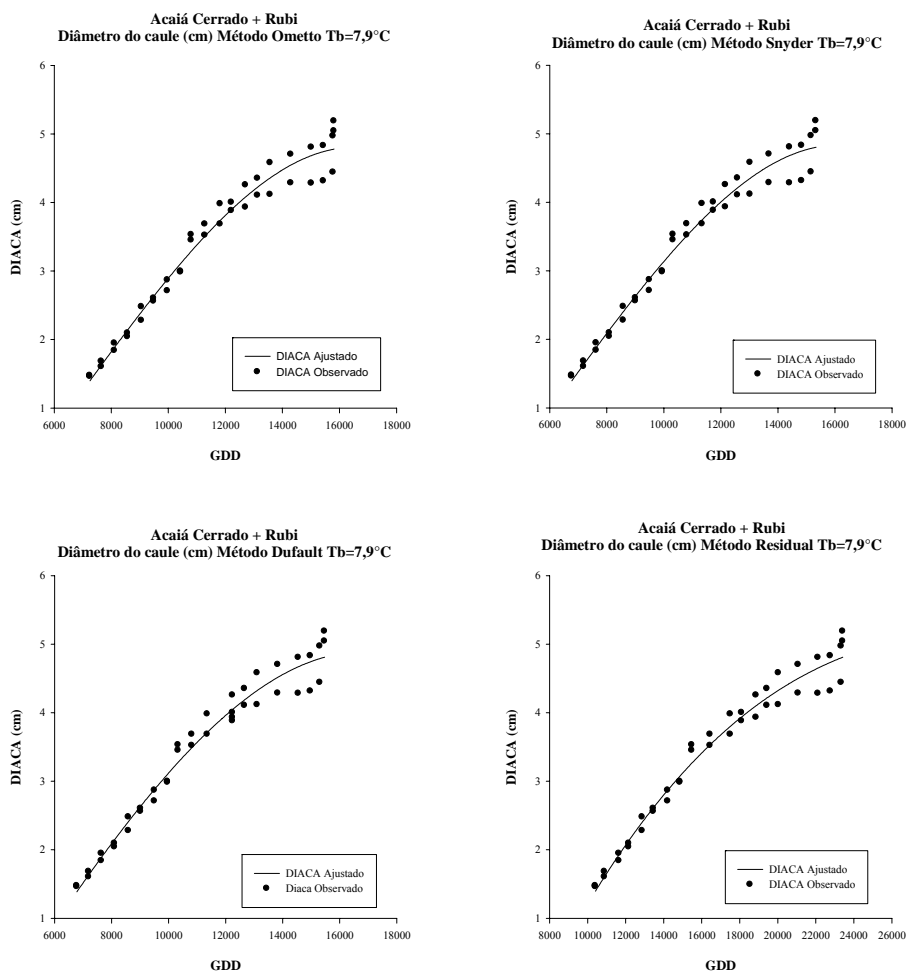


FIGURA 74 Curvas do diâmetro do caule (DIACA) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para T_b de $7,9^{\circ}\text{C}$. Lavras, MG, 2009.

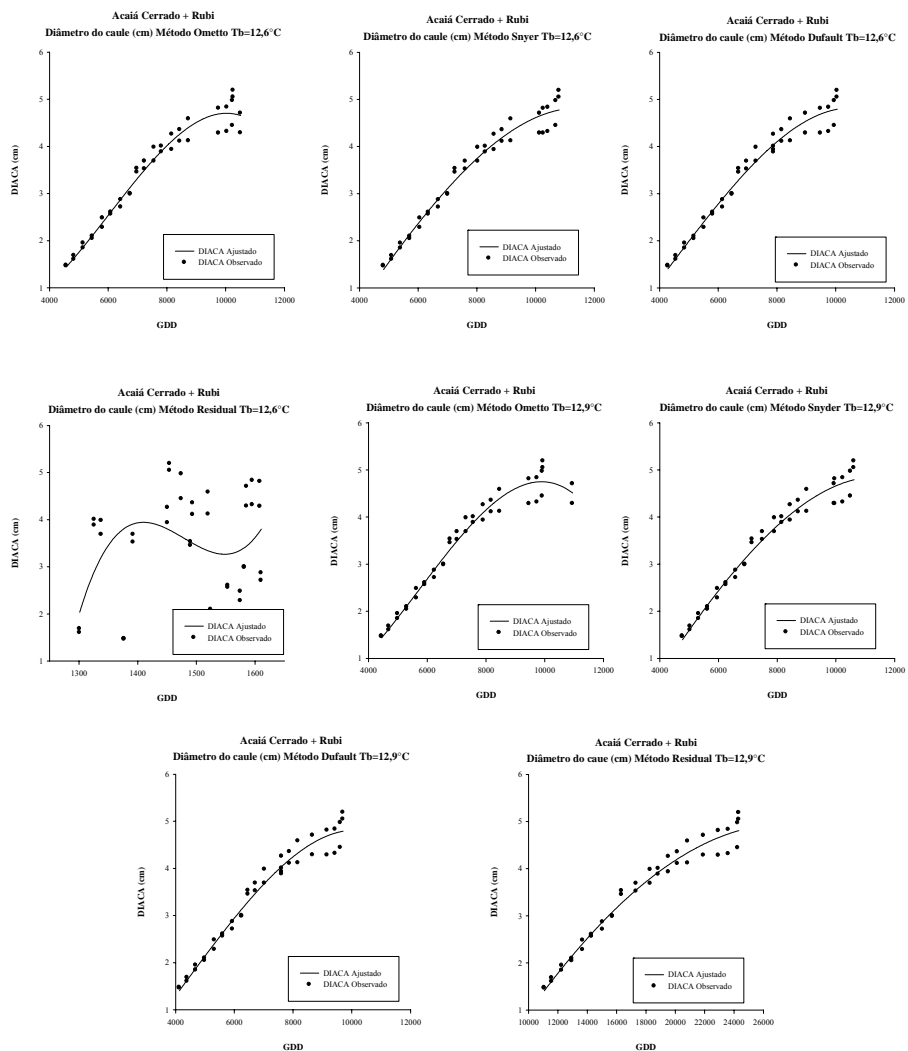


FIGURA 75 Curvas do diâmetro do caule (DIACA) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para Tb de 12,6°C e 12,9°C. Lavras, MG, 2009.

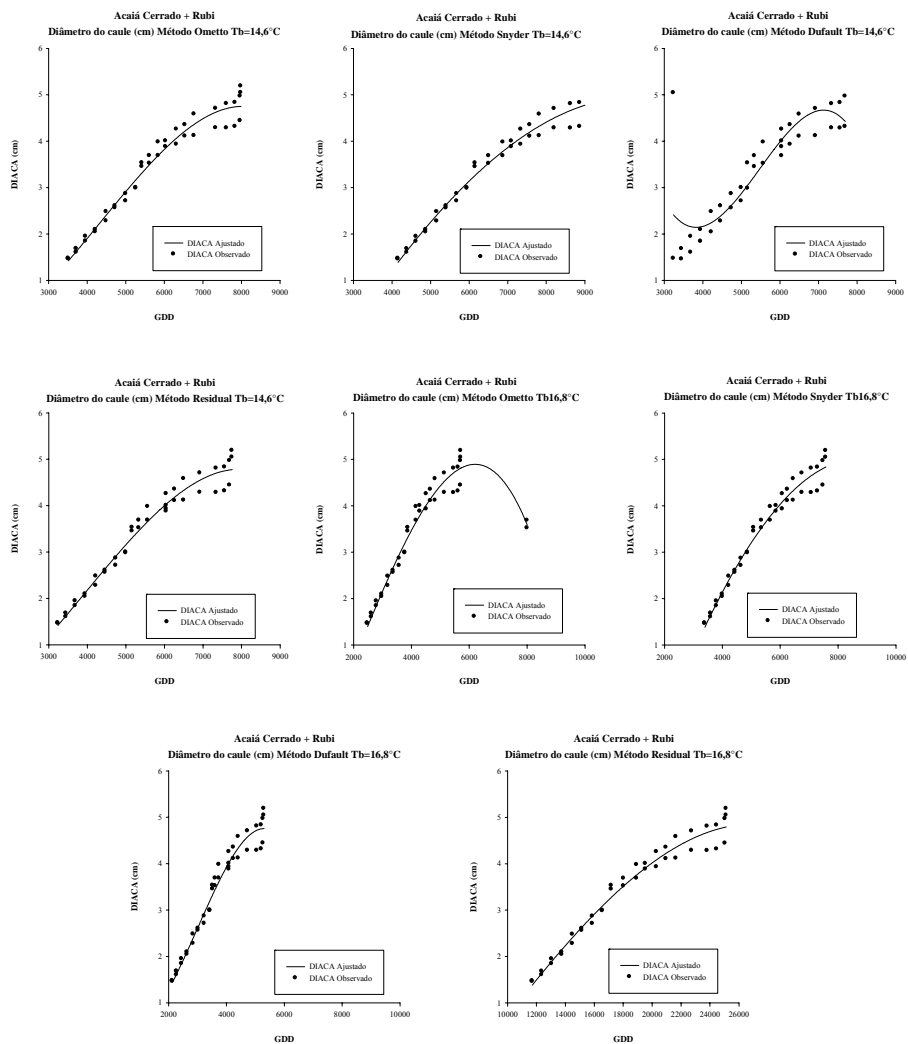


FIGURA 76 Curvas do diâmetro do caule (DIACA) para os dados agrupados para as duas cultivares nos métodos de determinação de GDD descrito por Ometto, Snyder, Dufault e Residual, para T_b de $14,6^{\circ}\text{C}$ e $16,8^{\circ}\text{C}$. Lavras, MG, 2009.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram chegar às seguintes conclusões para o cafeeiro arábica:

1. a temperatura base superior para as cultivares Acaiá Cerrado e Rubi é de 33,7°C;
2. a temperatura base inferior que apresenta os melhores ajustes para as variáveis analisadas, Kc e crescimento vegetativo é de 12,9°C, para as cultivares Acaiá Cerrado e Rubi;
3. o Kc apresenta bom ajuste com o GDD, e os valores máximo, mínimo e médio de Kc foram de 1,3; 0,4 e 1,0, respectivamente;
4. a característica altura da planta não possui bom ajuste com a variável bioclimatológica GDD;
5. as características de diâmetro de caule, diâmetro de copa e crescimento do ramo plagiotrópico possuem bom ajuste com a variável GDD.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL. São Paulo: FNP, 2009.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 301p. (Fao Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDERSON, W. K.; SMITH, R. C. G.; MCWILLIAM, J. R. A systems approach to the adaptation of sunflower to new environments: phenology and development. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 1, n. 1, p.141-152, 1978.

ANTUNES, R. C. B.; MANTOVANI, E. C.; COSTA, L. C.; RENA, A. B.; ALVARENGA, A. de P. Determinação da evapotranspiração da cultura do cafeeiro em formação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA/MINASPLAN, 2000. v. 2, p. 810.

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, p.430-445, 1959.

ARRUDA, F. B.; GRANDE, M. A. Fator de resposta da produção do cafeeiro ao déficit hídrico em Campinas. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 139-145, jan./mar. 2003.

ARRUDA, F. B.; IAFFE, A.; SAKAI, E.; CALHEIROS, R. O. Resultados anuais de coeficiente de cultura do cafeeiro em um ensaio em Pindorama/SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p.790-793.

ARRUDA, F. B.; MASCARENHAS, H. A. A.; VIEIRA, S.R. **Efeito térmico na produção de soja.** Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1977. 11p. (Boletim Técnico, 40).

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola.** 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BATISTELA SOBRINHO, I.; MIGUEL, A. E.; MATIELLO, J. B. Efeito da irrigação suplementar na estação seca do desenvolvimento e produção do café arábica na região de Alta Floresta, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12, 1985, Caxambu. **Resumos...** Caxambu:IBC, 1985. p. 191-193.

BECERRA, J. C. **Manual de observações fenológicas**. Santiago: Departamento de Meteorologia Agrícola, 1993. 62p.

BERLATO, M. A.; SUTILI, V. R. Ecologia do milho (II): determinação das temperaturas bases dos sub-períodos emergência-pendoamento e emergência-espigamento de três cultivares de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, 1976. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1976. p. 523-527.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.

BOLONHEZI, D. **Épocas de semeadura do algodoeiro: características agrônômicas, tecnológicas da fibra, determinação da temperatura base e graus-dia**. 2000. 182p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 1992. 84p.

BROWN, D. M. **Fall workdays in Ontário**. Guelph: Ontario Agricultural College Facsheet, 1970. 6p.

BRUNINI, O. Probabilidade de cultivo do milho “safrinha” no estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 4., 1997, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 37-55.

BRUNINI, O. Zoneamento agroclimático, materiais e métodos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 13, 1980, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1980. p. 162-187.

BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B. Temperatura-base para alface “Withe Boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 214-219, jan. 1976.

BRUNINI, O.; PINTO, H. S.; ZULLO, J. Sistema de aconselhamento agrometeorológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1998. p. 15-37.

BURIOL, G. A.; MANARA, N. T. F.; MANARA, W. Temperatura base dos subperíodos emergência-floração e floração-maturação de quatro linhagens de lentilha (*Lens culinaris* Medre). **Revista do Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, n. 8, v.2, p.175-184, 1978.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, micro aspersión, exudación**. 3. ed. Madrid: Ediciones, 1996. 511p.

CAMARGO, A. P. de. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 53-90.

CAMARGO, A. P. de. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 13-26, 1985.

CAMARGO, A. P. de. Prescrição de regas para cafezal em áreas de seca prolongada de inverno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1989, Maringá. **Anais...** Maringá: IBC, 1989. p. 65-70.

CARVAJAL, J. F. **Cafeto: cultivo y fertilización**. Berna: Instituto Internacional de La Potassa, 1984. 254p.

CHANG, J. H. **Climate and agriculture-na ecological survey**. Chiacago: Aldine, 1968. 304p.

CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. **Coffee botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Helm, 1985. 457p.

COELHO, M. R. **Coefficiente de cultura (Kc) e desenvolvimento inicial de duas variedades de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) associados a graus-dia**. 2004. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DAMARIO, E. A.; PASCALE, A. J.; BURIOL, G. A. Disponibilidades de calor para cultivos no estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 129-163, 1976.

DELTA-T DEVICES. Profile Probe PR1-UM-01-2: users guide. Cambridge, 2001. 35p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO irrigação e drenagem, 33).

DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q. J.; BOTREL, T. A. LIBARDI, P. L. Programa para confecção da água no solo utilizando modelo Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 92-102, 1990.

DUFAULT, R. J. Determining heat unit requirements for broccoli in coastal South Carolina. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 2, p. 169-174, Mar. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Oeste. **Informações técnicas**. Dourados: Embrapa, 1997. 22p. (Circular Técnica, 5).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EVANGELISTA, A. W. P.; CARVALHO, L. G. de; SEDIYAMA, G. C. Zoneamento climático associado ao potencial produtivo da cultura do café no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 445-452, set./dez. 2002.

FARIA, M. A. de.; REZENDE, F. C. **Irrigação na cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 110p.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; LESSE, R.; YAMANDA, A.; SILVA V. A. Deficiência hídrica e uso de granulados em lavoura cafeeira irrigada por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, n. 3, v. 4, p. 376-381, set./dez. 2000.

FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. Lavras: UFLA, 2005. 664p.

FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. de. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo de cafeeiros em fase de formação. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 269-278, jan./mar. 2009.

FRANÇA NETO, A. C.; MONTOVANI, E. C.; RENA, A. B. Determinação da evapotranspiração de dois cultivares de café arábica na fase de maturação dos frutos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DO CAFÉ DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Vitória: Embrapa café, 2001. p. 44.

GENUCHTEN, M.T.A. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept./Oct. 1980.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo do cafeeiro irrigado no cerrado com estresse hídrico controlado. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 65/66, p. 42-45, jan./jun. 2005.

GILMORE, E.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, n. 10, p. 611-615, Oct. 1958.

GOYNE, P. J.; WOODRUFF, D. R.; CHURCHETT, J. D. Prediction of flowering in sunflowers. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 17, n. 86, p. 475-481, June 1977.

GUTIÉRIZ, M.V.; MEINZER, F.C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 3, p. 652-657, May 1994.

IAFFE, A.; PINTO, H.; ARRUDA, F. B.; QUAGLIA, L.; SAKAI, E.; PIRES, R. C.M.; ASSAD, E. Estimativa de temperatura base e graus-dia com correção pelo fotoperíodo do florescimento à colheita de café em Campinas, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Vitória: Embrapa Café, 2001. p. 47-48.

JURY, W. A.; GARDNER, W. R.; GARDNER, W. H. **Soil physics**. New York: John Wiley, 1991. 328p.

KARASAWA, S; FARIA, M. A. de; GUIMARÃES, R. J. Resposta do cafeeiro cv Topázio MG-1190 submetido a diferentes épocas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 28-34, jan./mar. 2002.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.

KRUG, C.A. **World coffee survey**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1959. 292p.

LE PELLEY, R. H. **Pests of coffee**. London: Longman, 1968. 590p.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. 497p.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 497p.

LIMA, E. P. **Graus-dia, temperatura base e coeficientes de cultura para cafeeiros arábica em fase de implantação**. 2006. 116p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIMA, E. P.; SILVA, E. L. da. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 266-273, jul./set. 2008.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: globo, 1991. 320p.

MATIELLO, J. B.; DANTAS, F. A. S. Desenvolvimento do cafeeiro e do seu sistema radicular, com e sem irrigação, em Brejão (PE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 14., 1987, Campinas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1987. p. 11-12.

MATIELLO, J. B.; MIGUEL, A. E.; VIEIRA, E.; ARANHA, E. Novas observações sobre os efeitos hídricos no pegamento da florada de cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 21, 1995, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: IBC, 1995. 60p.

MENDONÇA, F. C.; RASSINI, J. B. **Temperatura-base inferior e estacionalidade de produção de gramíneas forrageiras tropicais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006 9p. (Circular Técnica, 45).

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resource Research**, Washington, v. 12, n. 3, p. 513-522, Mar. 1976.

NAZARENO, R. B. **Crescimento inicial da parte aérea do cafeeiro rubi influenciado por NPK e regime hídrico**. 2002. 64p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Agroambiente) – Universidade de Brasília, Brasília.

NOGUEIRA, A. M. **Características fenológicas e de produtividade de linhagens das cultivares Catuaí vermelho e amarelo de *Coffea arabica* L. plantadas individualmente ou em combinação**. 2003. 50p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NUNES, F. L.; CAMAORGO, M. B. P. de; FAZUOLI, L. C.; PEZZOPANE, J. R. M. Estimativa da duração do subperíodo floração-maturação dos frutos das cultivares de café mundo novo e catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBMET, 2008. CD-ROM.

OLIVEIRA, L. F. C. de; OLIVEIRA, R. Z.; BORGES, L. B.; WEHR, T. R.; BONOMO, R. Coeficiente de cultura e relações hídricas do cafeeiro, cultivar Catuaí, sob dois sistemas de manejo da irrigação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 154-162, set. 2007.

OLIVEIRA, P. M. **Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2003. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, P. M.; SILVA, A. M. da; NETO, P. C. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 273-282, set./dez. 2003.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação os frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p.169-181, jan./mar. 2009.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M. B. P. de; FAZUOLI, L. C. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p.1781-1786, nov./dez. 2008.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B. P. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro Arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 499-505, jul./set. 2003.

PRADO, R. M.; NASCIMENTO, V. M. **Manejo da adubação do cafeeiro no Brasil**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 2003. 273p.

RAIJ, B. V.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; ZAMBOLIM, L.; THOMAZIELLO, R. A. Modelos de cafeicultura sustentável. In: ZAMBOLIM, L. **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 31-76.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no Sistema Solo-Planta-Atmosfera**. 4. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 448p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478p.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. **Ecofisiologia do cafeeiro**. Piracicaba: Potafos, 1987. 249p.

RIBEIRO, M. S. **Coefficientes de cultura (Kc) e crescimento vegetativo de 'Acaia Cerrado' (Coffea arabica L.) associados a graus-dia (2º ano)**. 2006. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBEIRO, M. S.; SILVA, E. L. da; MOURA, D. C. M. de; DANTAS, A. A. A. Coeficientes de cultura (Kc) e crescimento vegetativo de Acaia Cerrado associados a graus-dia de desenvolvimento. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 220-232, abr./jun. 2009.

ROBERTSON, G.W. A biometeorological time scale for a cereal crop involving day and night temperatures and photoperiod. **International Journal of Biometeorological**, Oegstgeest, v. 12, n. 3, p. 191-223, 1968.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. A prática. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: Embrapa Café, 2000a.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. O universo cafeeiro com necessidade de irrigação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: Embrapa Café, 2000b.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore Agrícola e Comércio, 1996. 146p.

SAMMIS, T.W.; MAPEL, C.L.; LUGG, D.G.; LANSFORD, R.R.; McGUICKIN, J.T. Evapotranspiration crop coefficients predicted using growing-degree-days. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 28, n. 3, p.773-780, 1985.

SATO, F. A.; SILVA, A. M. da; COELHO, G.; SILVA, A. C. da; CARVALHO, L. G. de. Coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no período de outono-inverno na região de Lavras-MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 383-391, maio/ago. 2007.

SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Relação clima-água-plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 46-116.

SILVA, E. L. da.; PEREIRA, G. M.; CARVALHO, J. de A.; VILELA, L. A. A.; FARIA, M. A. de. **Manejo de irrigação nas principais culturas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 89p.

SILVA, R. A. **Coeficientes de cultura (Kc) e crescimento vegetativo do cafeeiro ‘Rubi’ (*Coffea arabica* L.) associados a graus dia de desenvolvimento (2º ano de implantação)**. 2006. 61p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, R. A. **Flutuação populacional de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em cafeeiros, sua capacidade predatória sobre *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) e seletividade de produtos a esse predador**. 2004. 110p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVEIRA, J. S. M.; CARVALHO, C. H. S. Efeito da época de irrigação sobre o crescimento do ramo plagiotrópico e da longevidade foliar do café conillon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1996. p. 99-100.

SNYDER, R. L. Hand calculating degree days. **Agriculture and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 35, n. 1/4, p.353-358, Oct. 1985.

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; RENA, A. B.; SOARES, A. A.
Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 27, n. 1, p.11-125, jan/mar. 2005.

SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, L. O. C. de; BONONO, R.
Estudo comparativo do desenvolvimento do café Catuai IAC 144 em condições de irrigação e em condições de sequeiro. Viçosa, MG: UFV/DEA, 2001. 118p. (Boletim Técnico, 4).

SOUZA, P. R. Alguns aspectos de influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p. 9-22, 1990.

SOUZA, A. P. de; SILVA, A. C. da; LEONEL, S.; ESCOBEDO, J. F.
Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 314-322, jun. 2009.

SOIL MOISTURE EQUIPMENT CORP. **Manual de operação do permeâmetro de Guelph**. Califórnia, 1987. 28p.

THOMAZIELLO, R. A.; OLIVEIRA, E. G. de; TOLEDO FILHO, J. A. de; COSTA, T. E. da. **Cultura do café**. Campinas: CATI, 1999. 77p. (Boletim Técnico, 193).

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: INMET, 2000. 532 p.

VIANELLO, L. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 449p.

VILLA NOVA, N. A.; TONATO, F.; PEDREIRA, C. G. S.; CARNEIRO, B.
Método alternativo para a determinação da temperatura base de espécies forrageiras. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, 2004. v. 1. CD-ROM.

WARNOCK, S. J.; ISSAACS, R. L. A linear heat unit system for tomatoes in Califórnia. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 94, n. 6, p. 677-688, nov. 1969.

WARRINGTON, I. J.; KANEMASU, E. T. Corn growth response to temperature and photoperiodo: (I) Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n. 6, p. 749-754, Sept. 1983.

WUTKE, E. B.; BRUNINI, O.; BARBANO, M. T.; CASTRO, J. L. de; GALLO, P. B.; KANTHACK, A.D.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.VN.A.; BORTOLETTO, N.; PAULO, E. M.; SAKAI, M.; SAES, L. A.; AMBROSANO, E. J.; CARBONELL, S. A. M.; SILVEIRA, L. C. P. Estimativa da temperature base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-61, maio 2000.

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree-days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 61-74, Apr. 1995.

ZAMBOLIM, L. **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 452p.