

## AVALIAÇÃO FENOLÓGICA DAS DIFERENTES ESTRUTURAS DE FRUTIFICAÇÃO DAS MACIEIRAS ‘GALA’ E ‘FUJI’ NA REGIÃO DE CAÇADOR-SC<sup>1</sup>

POLIANA FRANCESCATTO<sup>2</sup>, JOSÉ LUIZ PETRI<sup>3</sup>, JOZSEF RACSKO<sup>4</sup>,  
MARCELO COUTO<sup>5</sup> APARECIDO LIMA DA SILVA<sup>6</sup>

**RESUMO** – A macieira apresenta duas fases que caracterizam seu ciclo anual: a de repouso hibernar e a de crescimento vegetativo e reprodutivo. A importância em se conhecer a influência das condições climáticas sobre os processos reprodutivos das plantas e em desenvolver tecnologias que minimizem os possíveis efeitos aumenta à medida que as projeções de aquecimento global se tornam preocupantes. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento dos principais eventos fenológicos da macieira, da brotação à colheita, nas diferentes estruturas de frutificação, sob as condições climáticas do Sul do Brasil. O estudo experimental foi conduzido na Estação Experimental da Epagri (26°50’S, 50°58’W, altitude 950 m), durante os ciclos de 2011/12 e 2013/2014. As cultivares estudadas foram Gala e Fuji, com nove anos de idade, ambas sobre o porta-enxerto M9. O desenvolvimento fenológico foi observado nas diferentes estruturas de frutificação da macieira: gema de esporão, gema terminal de brindila e gema axilar de brindilas. As mesmas foram comparadas através dos dias e da exigência térmica necessários para a transição dos estádios, sendo contabilizados a partir do tratamento de quebra de dormência. As diferenças encontradas no início da brotação e do florescimento, entre as estruturas, dependeram consideravelmente das condições climáticas do ano em questão. Sob condições de altas temperaturas após o tratamento de quebra de dormência, houve maior sincronia fenológica entre as estruturas, sendo que sob baixas temperaturas se observou maior variabilidade dos estádios entre as mesmas. A partir do tratamento de quebra de dormência, gemas de esporões necessitam de menor acúmulo térmico para brotar, principalmente esporões de ‘Gala’ e gemas terminais de brindilas necessitam de maior acúmulo térmico que gemas de esporões para dar início ao florescimento.

**Palavras-Chave:** *Malus domestica* Borkh., graus-dia, brotação, florescimento.

## PHENOLOGICAL EVALUATION OF DIFFERENT FRUITING HABITS OF ‘GALA’ AND ‘FUJI’ APPLES IN THE SOUTHERN BRAZIL

**ABSTRACT** – Apple shows two distinct phases that characterizes its annual cycle: dormancy and vegetative/reproductive growth. The importance of knowing the influence of climate conditions on tree reproductive processes and furthermore, developing technologies that minimize the future effects increases upon the global warming predictions becomes concerning. The goal of this study was to characterize the behavior of the main phenological events of apple, from bud break to harvest, on different fruiting habits under the subtropical climatic conditions of the South of Brazil. The experiments were carried out on nine year old ‘Gala’ and ‘Fuji’ apples in the Experimental Station of EPAGRI (Brazil - 26°50’S, 50°58’W, altitude 950m) during two different growing seasons, 2011/12 and 2013/14. Date and days after dormancy breaking treatment and heat requirements of the main phenological stages from bud break to harvest were evaluated. Evaluations were performed on each fruiting habit: spur buds, terminal and axillary buds on long shoots. Differences found on the onset of bud break and flowering among fruiting habits greatly depended on climate conditions of the particular year. High temperatures conditions after the dormancy breaking treatment induced to a phenological synchrony among fruiting habits, and vice versa. From dormancy breaking treatment, spur buds, especially ‘Gala’ buds, required less heat accumulation to bud break. Terminal buds of long shoots required higher amount of heat than spur buds to start flowering.

**Index terms:** *Malus domestica* Borkh., degree-days, bud break, flowering.

(Trabalho 222-14). Recebido em: 31-07-2014. Aceito para publicação em : 01-04-2015.

<sup>2</sup>Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais, CCA/UFSC, Florianópolis-SC, Brasil. E-mail: polianafran@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Eng. Agr., Ms. Pesq. da Estação Experimental de Caçador – EPAGRI, Caçador-SC, Brasil. E-mail: petri@epagri.sc.gov.br

<sup>4</sup>Eng. Agr., Dr., Product Development Manager - Valent BioSciences Corp., Libertyville-IL, Estados Unidos. Email: jozsef.racsko@valentbiosciences.com

<sup>5</sup>Eng. Agr., Dr. Pesq. da Estação Experimental de Caçador – EPAGRI, Caçador-SC, Brasil. E-mail: marcelocouto@epagri.sc.gov.br

<sup>6</sup>Eng. Agr., Dr. Professor da UFSC/CCA, Florianópolis-SC, Brasil. Email: alsilva@cca.ufsc.br

## INTRODUÇÃO

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) apresenta duas fases que caracterizam seu ciclo anual: a de repouso hibernar (dormência) e a de crescimento vegetativo reprodutivo. A temperatura é o principal fator relacionado com a dormência, sendo que temperaturas baixas são particularmente importantes. A evolução dos estádios fenológicos da macieira, durante a fase vegetativa, início da brotação, plena floração, desenvolvimento e maturação dos frutos, além de produtividade e qualidade da produção, podem ser observados visualmente e são influenciados pelas condições climáticas (PETRI et al., 2012).

Os fatores inerentes à planta, como cultivar e porta-enxerto, também influenciam sobre a dinâmica destas evoluções (OLIVEIRA et al., 2011). O tipo de estrutura de frutificação, correlacionado com sua área foliar, influencia na formação de frutos e são importantes parâmetros na evolução fenológica (MADAIL et al., 2012; PETRI et al., 2012). A macieira pode ser cultivada em regiões de inverno ameno, onde seu requerimento em frio não é satisfeito, porém apresenta uma série de anomalias em sua fenologia, referentes à brotação, floração, crescimento e desenvolvimento do fruto e da planta CHAGAS et al., 2012; PETRI; LEITE, 2004).

No início da primavera, as gemas passam por uma série de sucessivos estádios fenológicos, sendo sua caracterização importante sob o ponto de vista prático para a realização de determinadas práticas culturais, como, por exemplo, o raleio, a poda e a condução, e os tratamentos fitossanitários. Estas mudanças fenológicas têm sido intensamente estudadas e classificadas de acordo com seu desenvolvimento, desde a dormência até à frutificação (FUJISAWA; KOBAYASHI, 2010; GUÉDON; LEGAVE, 2008; OLIVEIRA et al., 2013).

A metodologia de correlações entre unidades de frio e data de floração permite prever com antecedência as datas de floração (LEGAVE et al., 2008) e, conseqüentemente, poderia estimar a data de maturação (AUSTIN; HALL, 2001). Essas estimativas de crescimento e desenvolvimento dos frutos são fundamentais em regiões com condições de inverno ameno, pois estão relacionadas não somente ao calibre dos frutos, mas também às alterações que as condições ambientais possam impor quanto aos aspectos visuais, principalmente, ao formato dos frutos (PETRI et al., 2012).

A importância em se conhecer a influência das condições climáticas sobre os processos reprodutivos e, assim, possibilitar o desenvolvimento

de tecnologias que minimizem os possíveis efeitos, aumenta à medida que as projeções de aquecimento global são cada vez mais alarmantes, pois, conforme já mencionado, este aumento da temperatura tem influência sobre as plantas, induzindo mudanças em diversos setores, como na época de floração (ROOT et al., 2003; CHMIELEWSKI et al., 2004; FUJISAWA; KOBAYASHI, 2010); no crescimento, maturação e, conseqüentemente, qualidade pós-colheita de frutos (WARRINGTON et al., 1999); na fotossíntese e na eficiência produtiva da planta pelo aumento elevado de CO<sub>2</sub> (HAN et al., 2012), entre outros.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento fenológico das diferentes estruturas de frutificação da macieira, cultivares Gala e Fuji, quando cultivadas sob as condições climáticas do Sul do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo experimental foi conduzido na Estação Experimental da EPAGRI, em Caçador-SC, Brasil (latitude 26°50'S, longitude 50°58'W e altitude de 950 m), durante os ciclos de 2011/2012 e 2013/2014. O clima dessa região caracteriza-se como temperado constantemente úmido, com verão ameno, conforme a classificação de Köppen, do tipo "Cfb". O solo do pomar em estudo é classificado como Nitossolo Bruno distrófico (EMBRAPA, 2006). A média da precipitação pluvial anual é de 1.670mm, e a umidade relativa do ar média é de 78% (CIRAM/EPAGRI). O acúmulo médio de frio durante o período de outono e inverno, segundo modelo Carolina do Norte Modificado (EBERT et al., 1986), é de 1.058 unidades de frio.

As cultivares estudadas foram Gala e Fuji, intercaladas entre filas, com nove anos de idade, enxertadas sobre o porta-enxerto M9. O pomar utilizado apresenta densidade de plantio de 2.500 plantas ha<sup>-1</sup>, com espaçamento de 4 m entre linhas e 1m entre plantas, sendo as plantas conduzidas no sistema em líder central, tutoradas com sistema tipo espaldeira. A condução e as práticas de manejo do pomar foram as mesmas nos diferentes anos, e conforme as recomendações técnicas da PIM (Produção Integrada de Maçã), como recomendações de adubação, produtos fitossanitários (de uso permitido) e demais práticas de manejo.

Para auxiliar na superação da dormência e na uniformização da brotação e do florescimento, foi realizado o tratamento de quebra de dormência (QD) nos dois anos de estudos, em 2 de setembro de 2011 e 6 de setembro de 2013. O produto aplicado foi a

mistura de cianamida hidrogenada (Dormex®) e óleo mineral (0,7% + 3,5%, respectivamente).

O desenvolvimento fenológico foi avaliado em intervalos de três dias, a partir do estágio de gemas com ponta verde (C) até frutos com 10 mm de diâmetro (J). A partir dos dados fenológicos, foi possível avaliar, para as diferentes estruturas de frutificação, o início da brotação (50% das gemas reprodutivas com 1.3 cm de ponta verde - C3); início do florescimento (10% das flores abertas - 10% das gemas em F); pleno florescimento (70% das flores abertas - 70% das gemas em F2); final do florescimento (90% das gemas em G ou 100% em F2) e frutos com 10 mm de diâmetro (50% do estágio J). Os dias decorridos durante as diferentes fases fenológicas foram contados a partir da data de aplicação dos produtos para a quebra de dormência (dias após quebra de dormência - DAQD) para cada ano. A data da colheita foi generalizada, independentemente da estrutura. Todas as variáveis estudadas foram avaliadas separadamente sobre cada diferente estrutura de frutificação (brindilas - 25-35 cm e esporões): 1) gema de esporão; 2) gema terminal de brindila; 3) gema axilar de brindila.

Os dados climáticos descritos no texto foram obtidos da estação meteorológica da Epagri/CIRAM (Caçador-SC). Com os dados de temperaturas máxima e mínima do ar do dia, calculou-se o Acúmulo Térmico, expresso em GDD (growing degree-days), a partir da data do tratamento de quebra de dormência realizada em cada ano. A temperatura mínima basal utilizada foi de 4,5°C. Para mensurar a quantidade de frio acumulado, foi considerado o número de unidades de frio calculadas através do Modelo Carolina do Norte Modificado. Para o cálculo de ambos os índices bioclimáticos, foi utilizado o sistema agrometeorológico SISAGRO II (PEREIRA et al., 2004).

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três tratamentos (gemas axilares, esporões e terminais de brindilas) e dez blocos. Cada bloco foi constituído por uma planta, sendo que, dentro de cada planta, foram separadas dez gemas de cada estrutura. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando verificada significância, procedeu-se à comparação de médias, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, sendo consideradas as estruturas estudadas, e os anos como fatoriais. As cultivares foram estudadas separadamente, não sendo consideradas causas de variação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração as datas do ano, no ciclo de 2013/2014, a brotação de todas as estruturas da macieira 'Gala' foi antecipada, em média, 3 dias; e da 'Fuji', em 4 dias, em relação a 2011/2012, mesmo havendo diferença de 4 dias na data do tratamento de QD entre os dois ciclos (2/9 em 2011 e 6/9 em 2013) (Figura 1). No ciclo de 2011/2012, o início da brotação foi uniforme para todas as estruturas, em ambas as cultivares. Já em 2013/2014, o comportamento da brotação foi diferenciado entre os tipos de estruturas de frutificação; os esporões foram as primeiras estruturas a atingir 50% do estágio C3, seguido das axilares, e estas, das terminais. A diferença de comportamento de brotação na cv. Fuji foi mais pronunciada que na 'Gala', sendo de 3 dias entre cada estrutura (esporão, axilar e terminal). A 'Gala' apresentou dois e um dia de diferença entre as estruturas de frutificação, sucessivamente (Tabela 1).

No ciclo de 2011/2012, após a quebra de dormência, foram necessários em torno de 24 e 25 dias para as gemas de 'Gala' e 'Fuji', respectivamente, iniciarem a brotação, sendo que, em 2013, esse período reduziu-se para 17 dias em ambas as cultivares (Tabela 1 e Figura 1). Ao verificar-se a soma térmica acumulada a partir do tratamento de quebra de dormência até ao início da brotação, notou-se que, em 2011, a exigência térmica das cultivares Gala e Fuji foi em torno de 37 e 49 GDD a mais que em 2013, respectivamente (Tabela 2, Figura 2). Se o tratamento de quebra de dormência, em 2013, fosse realizado em 2 de setembro (mesma data do tratamento aplicado em 2011), o acúmulo térmico teria sido em torno de 246 e 248 GDD, para 'Gala' e 'Fuji', muito similar aos 239 e 253 GDD acumulados em 2011. Portanto, apesar de haver diferença estatística entre os anos, faz-se necessário estabelecer faixas de limites térmicos, ou intervalos, na previsão da brotação, de acordo com o acúmulo térmico. Tal condição foi observada também por Cardoso (2011), o qual, durante sete anos, avaliou o comportamento fenológico de 'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' em seis diferentes locais e observou na 'Gala' um acúmulo médio de 212±35 GDD (T<sup>base</sup> de 4,5), desde o tratamento de quebra de dormência ao estágio de ponta verde; e para a 'Fuji', um valor de 234±40 GDD. Os resultados encontrados neste trabalho situam-se dentro do limite de variação observado por este autor.

Observou-se que os esporões de 'Gala' necessitaram de menor acúmulo térmico em ambos os anos para brotarem, diferindo estatisticamente de axilares e terminais de brindilas. As estruturas de

frutificação da cv. Fuji foram instáveis em relação ao ano. Em 2011, todas as estruturas iniciaram a brotação com o mesmo acúmulo de GDD, diferentemente de 2013, em que gemas de esporões brotaram com 177 GDD, axilares com 208 GDD e terminais com 227 GDD (Tabela 2).

O início do florescimento da cv. Gala, no ciclo de 2011/2012, ocorreu no dia 4 de outubro nas gemas axilares de brindilas e, nos esporões, e em 5/10 nas gemas terminais de brindilas, em média 32 dias após a quebra de dormência. No ciclo de 2013/2014, a sequência do início do florescimento foi similar a 2011/2012, porém significativo entre o grupo dos esporões e axilares (7/10) com as terminais (10/10) (Figura 1 e Tabela 1). De fato, o acúmulo térmico necessário, acumulado a partir do tratamento de QD, para gemas axilares de brindilas e esporões, foi menor que para gemas terminais de brindilas. E, apesar de a brotação em 2011 ter ocorrido alguns dias mais tardiamente que em 2013, foram necessários, em média, os mesmos 32 DAQD para as primeiras gemas entrarem no processo de florescimento, sendo que o acúmulo térmico, mesmo sendo estatisticamente significativo, devido às gemas terminais, foi semelhante em ambos os anos, de 348 e 354 GDD. Em relação à 'Fuji', em 2011, foram necessários 34 DAQD ( $\Sigma$ GDD de 365) para o início do florescimento, e em 2013 foram 31 DAQD ( $\Sigma$ GDD de 342), sendo que a sequência do florescimento entre as estruturas não apresentou interação entre os anos, na diferença média de dois dias entre os esporões e as terminais, e axilares de brindilas. Porém, o acúmulo térmico necessário do início ao florescimento foi maior em axilares, seguido das terminais e, então, dos esporões (Figuras 1 e 2, Tabelas 1 e 2). Mesmo quando a brotação é uniforme entre as estruturas, em relação à data e ao acúmulo térmico, a sequência e a exigência térmica para o florescimento desta cultivar diferem entre as mesmas.

Vários são os fatores que afetam na fenologia das plantas de macieira, entre eles citam-se o tipo de porta-enxerto, a condução e o arqueamento, as condições ambientais e o tipo de estrutura de frutificação (SOLTÉSZ, 2003). A sequência de florescimento entre as estruturas, observada pelo autor, segue na seguinte ordem crescente de abertura das flores: esporões mais velhos, esporões mais novos, terminal de brindilas e axilares de brindilas. O mesmo autor afirma que essa sequência é a mesma ocorrida durante a brotação, e que, as cultivares diferem na data de florescimento entre esporões e gemas axilares de brindilas; e quanto mais longa for a brindila, mais precoce será o florescimento de gemas axilares. Neste trabalho, as brindilas estudadas

foram padronizadas entre 25-35cm, não havendo restrição quanto ao tamanho. No entanto, observou-se que gemas de esporões e axilares de brindilas da macieira 'Gala' apresentaram similaridade no início do florescimento, enquanto para a cv. Fuji diferiram entre si. Os resultados obtidos deste trabalho não corroboram o autor (SOLTÉSZ, 2003), pois a resposta das diferentes estruturas ao início da brotação e do florescimento de ambas as cultivares foi influenciada pelo ano. É importante salientar que a controvérsia dos resultados obtidos entre este trabalho e o de Soltész (2003) é de extrema importância, uma vez que revela algumas das diferenças do comportamento fenológico da macieira quando cultivada em regiões consideradas limitantes para a cultura.

De acordo com as condições climáticas observadas nos dois anos de avaliações, a média da temperatura média do ar registrada a partir da quebra de dormência até a brotação, no ano de 2011 e 2013, foi de 14°C e 16°C, respectivamente. O mesmo ocorreu com as temperaturas mínimas, as quais foram mais baixas durante o mês de setembro de 2011. Durante o período compreendido entre o início da brotação e o início do florescimento, as temperaturas médias inverteram-se, sendo que, em 2011, a média (de ambas cultivares) foi em torno de 15,5°C e em 2013 foi de 13,7°C (Figura 1). Apesar de ter ocorrido maior acúmulo de chuvas no mês de setembro do ano de 2013 (340 mm em 2103 e 184 mm em 2011), os processos fenológicos de brotação e florescimento tenderam a ser mais influenciados pela temperatura do que pela precipitação. Portanto, o aumento de temperatura observado durante os dias que sucederam o tratamento de quebra de dormência, em 2013, acelerou a brotação, enquanto a ocorrência de temperaturas mais baixas durante a fase inicial do desenvolvimento das gemas, até ao início do florescimento neste mesmo ano, proporcionou o prolongamento do período e, conseqüentemente, atraso no florescimento (Figura 1).

Diante do exposto, é possível concluir que, nos anos em que a temperatura do ar se mantém elevada entre o período da brotação ao início do florescimento, não se observam diferenças marcantes, em dias, entre as estruturas de frutificação da cv. Gala, para os eventos que precedem a brotação, ou seja, há maior sincronia de brotação e florescimento entre todas as estruturas floríferas da planta. No entanto, as diferenças entre as estruturas serão mais acentuadas nos anos em que a temperatura do ar, durante este período, se mantenha baixa, talvez devido ao acúmulo térmico satisfatório para cada evento ser mais gradual, estimulando o desenvolvimento fenológico, primeiramente, nas

estruturas de menor exigência térmica, os esporões e axilares de brindilas.

Para a cv. Fuji, as fenofases observadas após a brotação seguiram o mesmo padrão entre as estruturas de frutificação, independentemente das condições climáticas do ano, ou seja, não houve influência do ano sobre a diferença das mesmas. Para esta cultivar, os esporões foram mais precoces que ambas as terminais e axilares de brindilas (Figura 1 e Tabela 1).

A prática de raleio da cultura da macieira tem como finalidade melhorar o tamanho e a qualidade dos frutos, além de evitar a alternância de produção pela retirada da carga excessiva de frutos antes da indução floral para o ano seguinte. O raleio pode ser realizado em diferentes épocas entre a plena floração, em frutos com 20 mm de diâmetro, sendo geralmente praticado quando os frutos atingem 10 mm de diâmetro. Foram necessários 48 DAQD, em 2011, e 47 DAQD, em 2013, para 'Gala' apresentar frutos com 10 mm de diâmetro. Em 2011/2012, as estruturas não diferiram entre si, porém no ciclo de 2013/2014, gemas terminais de brindilas precisaram de um acréscimo de dois dias comparado às demais (Tabela 1). A soma térmica deu-se de forma similar aos DAQD (Tabela 2). Em relação à cv. Fuji, mesmo havendo diferença entre os anos, terminais e axilares de brindilas foram dois dias superiores aos esporões e da mesma forma que a cv. Gala; a soma térmica das estruturas seguiu o mesmo padrão dos DAQD (Tabelas 1 e 2).

O período de florescimento (início ao fim), em média, foi similar nos anos de avaliação. Em geral, a macieira 'Gala' apresentou período de florescimento de seis dias; enquanto, para a 'Fuji', este período foi de aproximadamente sete dias. As estruturas da cv. Gala apresentaram o mesmo intervalo em dias entre si. Já para a cv. Fuji, o período entre o início do florescimento e a senescência das flores nas axilares foi o mais rápido, sendo menor que as terminais de brindilas. Levando em consideração o intervalo de florescimento do ano de todas as estruturas de frutificação, o período total de florescimento das duas cultivares foi dois dias mais longo em 2013. Para a 'Gala', foi em torno de sete dias em 2011/2012 e nove no ciclo de 2013/2014, e para a 'Fuji' foi oito dias em 2011/2012 e dez dias em 2013/2014 (Figura 1). O maior prolongamento deste período, em 2013/2014 deu-se devido à menor sincronia entre o início e o final do florescimento de cada estrutura, e esta variabilidade tornou-se mais expressiva devido às condições climáticas, sendo que a temperatura média do ar desse período foi menor, em média de 16,5°C (média das máx. de 23°C e média das mín. de

12°C), que em relação a 2011 (média de 18,3°C, com média das máx. de 26°C e média das mín. de 13°C). O período de florescimento mais concentrado torna-se vantajoso pela uniformidade de maturação, menor necessidade de mão de obra e maior eficiência de raleantes. No entanto, a probabilidade de que flores sejam polinizadas em períodos de florescimento mais longos torna-se maior, com maior garantia de frutificação, principalmente em condições climáticas adversas, como períodos chuvosos, nublados ou frios que prejudicam o trabalho das abelhas, ou então, a ocorrência de geadas tardias.

Considerando o período entre o final do florescimento e a colheita (FF-CO), ou seja, o crescimento do fruto a partir da fertilização do óvulo até ao momento da colheita, houve encurtamento de oito dias no ciclo de 2013/2014 em comparação com o ciclo de 2011/2012 para a cv. Gala. A cv. Fuji também teve este período reduzido, porém em seis dias (Tabela 4). O aceleração deste período pode estar associado às maiores temperaturas máximas, mínimas e médias do ar observadas em 2013/2014. A média das temperaturas médias diárias do ar observada neste período foi de 20,1°C em 2013/2014 contra os 18,8°C de 2011/2012, no ciclo da 'Gala', e 20,1°C em 2013/2014 contra 19,2°C de 2011/12 no ciclo da 'Fuji' (Figura 1). Com base em apenas dois anos estudados, observa-se que o aumento de 1°C na temperatura média diária, a partir da metade de outubro, levou, em média, decréscimo de uma semana no ciclo total de ambas as cultivares.

A duração do ciclo produtivo das cultivares Gala e Fuji, da brotação ao início da colheita, em ambos os anos, foi bastante parecida. A 'Gala' apresentou média de 135 dias no ciclo de 2011/2012 e 133 dias em 2013/2014; enquanto a 'Fuji' apresentou ciclo total de 178 e 177 dias, respectivamente (Tabela 4). Isto demonstra que, mesmo havendo variabilidade entre os períodos avaliados, separadamente, houve compensação dos mesmos, fazendo com que o período total de crescimento entre a brotação e a colheita se nivelasse. Entretanto, o estudo individual de cada período é de extrema importância, pois pode fornecer evidências diretas e informações específicas sobre quais eventos são mais sensíveis sob determinadas situações, como, por exemplo, variações e mudanças climáticas.

Houve redução média de oito dias no ciclo compreendido entre a quebra de dormência e a colheita no ciclo de 2013/2014, em ambas as cultivares (Tabela 4). No entanto, o somatório dos graus-dias durante todo este período foi muito similar entre os anos, principalmente na cv. Fuji (2.204 GDD e 2.247 GDD para 'Gala' e 2.957 GDD e 2.984 GDD

para ‘Fuji’), nos ciclos de 2011/2012 e 2013/2014, respectivamente (Figura 2).

De acordo com Elloumi et al. (2013) e Legave et al. (2013), algumas plantas frutíferas cultivadas em áreas consideravelmente mais quentes do que seu hábitat demonstram certo atraso no florescimento. Guo et al. (2013) associam o atraso ou a antecipação do florescimento ao impacto das mudanças climáticas sobre a dormência das plantas. Deve-se ressaltar que, em ambos os anos, invernos de 2011 e 2013, o somatório de frio acumulado durante o inverno foi elevado (1.070 UF e 1.137 UF, respectivamente), situando-se acima da média histórica, que é de 1.058 UF (1973-2013) para a região. Para estes dois anos de avaliações ficou claro que as temperaturas registradas após o tratamento da quebra de dormência parecem ser mais decisivas no estabelecimento do início da brotação e do florescimento que apenas o acúmulo de unidades de frio.

Anos com baixo acúmulo de frio podem resultar em desuniformidade de brotação e florescimento, causando variação no tamanho e na maturação dos frutos com conseqüente redução quantitativa e qualitativa dos mesmos (LANG et al., 1987; PETRI et al., 2006; LUEDELING et al., 2009). No entanto, o aquecimento durante o período de saída da dormência aumentaria a taxa de acúmulo térmico, a qual compensaria o efeito de atraso nos estádios fenológicos, em particular o florescimento,

causado pela redução de unidades de frio no inverno (RUIZ et al., 2007). Mesmo que, em ambos os anos o acúmulo de unidades de frio foi acima da média, o ano de 2013 acumulou 67 unidades a mais que o ano de 2011. Para a cv. Fuji, cultivar de maior exigência em frio que a cv. Gala, o requerimento térmico da maioria dos eventos fenológicos neste ano foi menor que em 2011, bem como na média dos anos para todas as estruturas. Embora essa diferença tenha sido pequena, essa tendência de resposta das plantas corrobora os resultados encontrados por Albuquerque et al. (2008), em que, em anos de baixo requerimento térmico dos estádios fenológicos, foi observado em anos de maior acúmulo de frio; pois, segundo Harrington et al. (2010), o maior acúmulo térmico requerido pelos estádios compensaria o baixo acúmulo de frio decorrido do inverno. Já para Guo et al. (2013), os impactos, causados devido às mudanças climáticas, parecem influenciar mais nas taxas de aumento do acúmulo térmico do que na variação de acúmulo de frio.

O índice bioclimático de soma térmica ou de graus-dia, acumulados a partir do tratamento químico de quebra de dormência, mostrou-se bastante apropriado para possíveis estudos de cálculo entre início e final de cada fenofase, e se haverá, ou não, considerável variação entre as estruturas frutíferas para os diferentes estádios fenológicos.

**TABELA 1** – Dias do início da brotação (IB), início do florescimento (IF), pleno florescimento (PF), final do florescimento (FF) e frutos com 10 mm, das diferentes estruturas de frutificação, das cultivares de macieira Gala e Fuji, após a quebra de dormência (DAQD).

Estrutura	IB**		IF**		PF**		FF**		F10**	
	11	13	11	13	11	13	11	13	11	13
‘Gala’										
Axilar	24 aA	17 bB	32 aA	31 bB	35 bA	34 bB	38 aA	37 bB	49 aA	46bB
Esporão	23 aA	15 cB	32 aA	31 bB	35 bA	34 bB	39 aA	38 bB	48 aA	46bB
Terminal	24 aA	18 aB	33 aA	34 aA	36 aA	36 aA	39 aB	40 aA	48 aA	48aA
Média	24	17	32	32	36	35	39	38	48	47
CV (%)	5,3		2,4		1,4		1,8		2,4	
‘Fuji’										
Axilar	25 aA	17 bB	33 a		37 a		39 a		46 a	
Esporão	25 aA	14 cB	31 b		34 b		37 b		44 b	
Terminal	25 aA	20 aB	33 a		37 a		40 a		46 a	
Média	25	17	34 A	31 B	37 A	34 B	40 A	37 B	47 A	45 B
CV (%)	7,6		2,7		2,8		3,4		2,4	

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. \*\* = significativo a 1% de probabilidade de erro.

**TABELA 2** – Acúmulo térmico ( $\Sigma$ GDD) a partir do tratamento da quebra de dormência ao início do florescimento (IF), pleno florescimento (PF), final do florescimento (FF), frutos com 10 mm de diâmetro (F10), das diferentes estruturas de frutificação, das cultivares de macieira Gala e Fuji.

Estrutura	IB**		IF**		PF**		FF**		F10**	
	11	13	11	13	11	13	11	13	11/12	13/14
‘Gala’										
Axilar	223 a		346 bA	346 bA	393 bA	383 bB	436 aA	427 bB	569 aA	552 bB
Esporão	211 b		343 bA	345 bA	394 bA	378 bB	442 aA	432 bB	557 aA	548 bA
Terminal	229 a		353 aB	370 aA	407 aA	412 aA	442 aB	465 aA	561 aA	574 aA
Média	239A	202B	348	354	398	391	440	441	562	558
CV (%)	4,5		2,5		1,9		2,3		2,9	
‘Fuji’										
Axilar	254 aA	208 bB	366 a		414 a		464 abA	436 bB	545 a	
Esporão	251 aA	176 cB	338 c		377 b		453 bA	396 aB	514 b	
Terminal	255 aA	227 aB	357 b		407 a		475 aA	451 bB	544 a	
Média	253	204	365A	342B	419 A	379 B	464	428	545 A	525 B
CV (%)	6,0		2,9		3,7		4,1		2,7	

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. \*\* = significativo a 1% de probabilidade de erro.

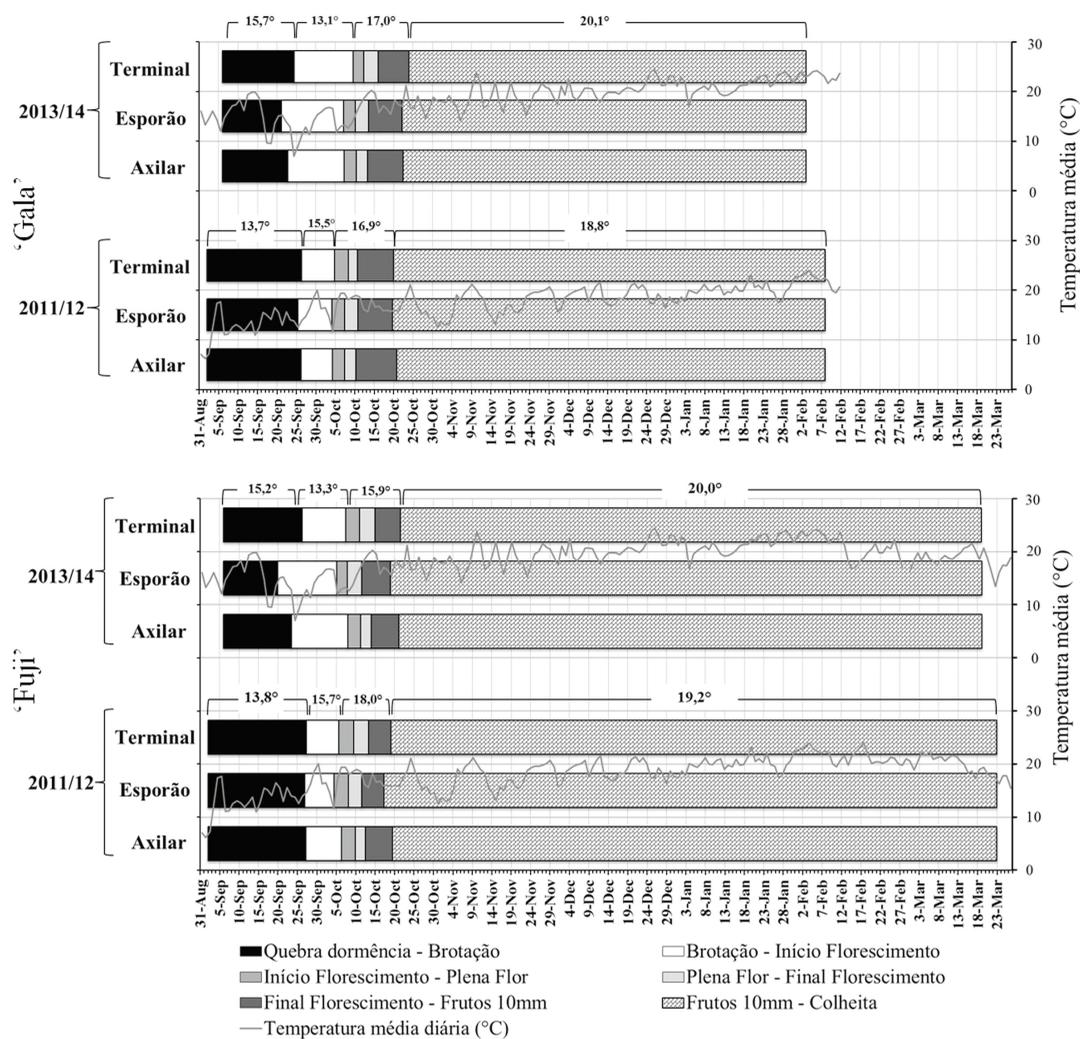
**TABELA 3** – Intervalo médio entre início e final do florescimento (IMF), nas diferentes estruturas de frutificação, das cultivares de macieira Gala e Fuji.

Estrutura	IMF (dias)			
	‘Gala’ <sup>ns</sup>		‘Fuji’	
	11/12	13/14	11/12	13/14
Axilar		6,0		6,1 b
Esporão		6,6		6,8 ab
Terminal		6,1		7,6 a
Média		6,2		6,8
CV (%)		15,9		19,5

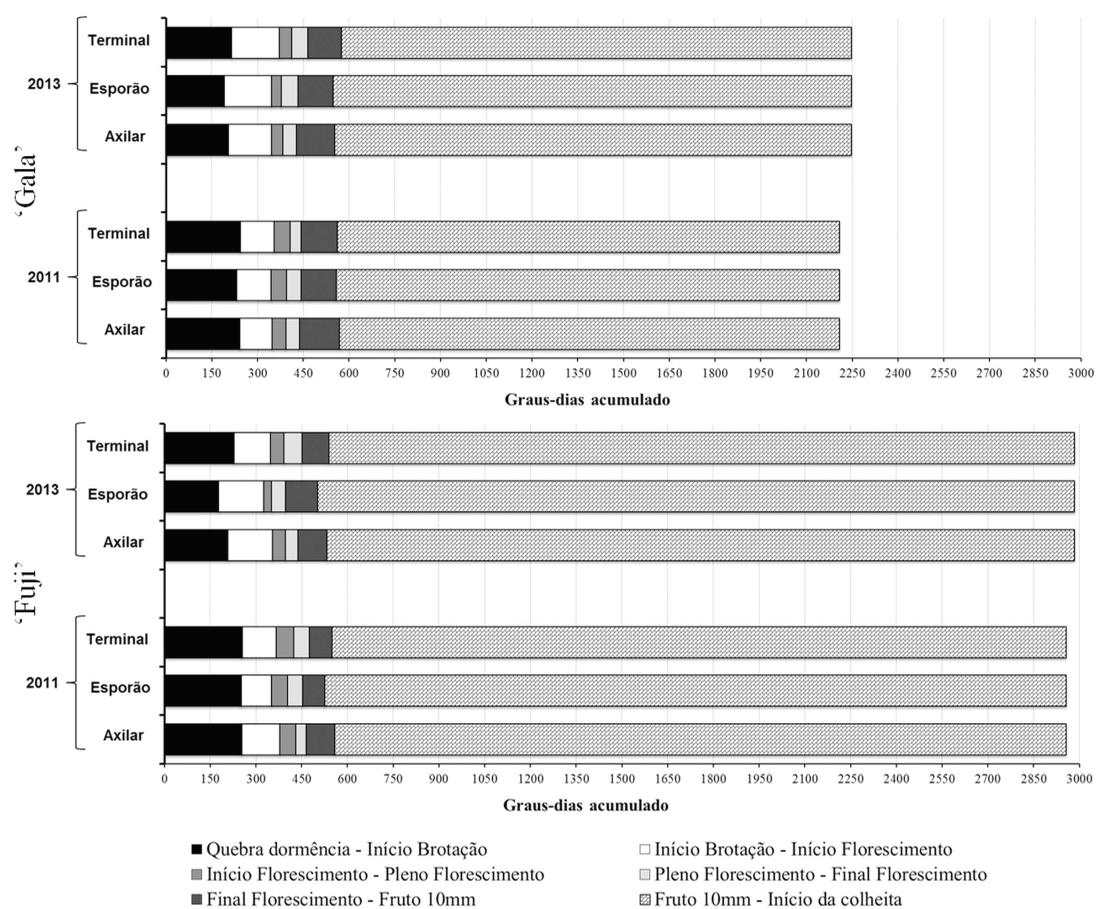
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. ns = não significativo.

**TABELA 4** – Intervalo médio entre o final do florescimento e a colheita (FF-CO) e início da brotação à colheita (IB-CO) e duração total do ciclo – da quebra de dormência à colheita (QD-CO), das cultivares de macieira Gala e Fuji.

Ciclo	$\Sigma$ Dias						
	FF-CO	‘Gala’			‘Fuji’		
		IB-CO	QD-CO		FF-CO	IB-CO	QD-CO
2011/12	120	135	159	163	178	203	
2013/14	112	133	150	157	177	195	
Média	116	134	155	160	178	199	



**FIGURA 1** – Data média e duração dos principais eventos fenológicos ocorridos da quebra de dormência até à colheita dos frutos de macieira cultivares Gala (acima) e Fuji (abaixo), nas diferentes estruturas de frutificação e temperatura média diária (°C), observada da quebra de dormência à colheita, durante os ciclos de 2011/2012 e 2013/2014.



**FIGURA 2** – Acúmulo térmico médio ( $\Sigma$ GDD) a partir do tratamento da quebra de dormência ao início do florescimento, pleno florescimento, final do florescimento, frutos com 10 mm de diâmetro e colheita, das diferentes estruturas de frutificação, das cultivares de macieira Gala e Fuji.

## CONCLUSÕES

1- As diferenças encontradas no início de brotação e de florescimento entre as estruturas dependeram das condições climáticas do ano em questão.

2- Sob condições de altas temperaturas, após o tratamento de quebra de dormência, houve maior sincronia fenológica entre as estruturas, e vice-versa.

3- A partir do tratamento de quebra de dormência, gemas de esporões necessitam de menor acúmulo térmico para brotar, principalmente esporões de 'Gala' e gemas terminais de brindilas necessitam de maior acúmulo térmico que gemas de esporões para dar início ao florescimento.

## REFERÊNCIAS

- ALBURQUERQUE, N.; GÁRCIA-MONTIEL, F.; CARRILLO, A.; BURGOS, L. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 64, n. 2, p. 162-170, 2008.
- AUSTIN, P. T.; HALL, A. J. Temperature Impacts on Development of Apple Fruits. In: WARRICK, R.A.; KENNY, G.J.; HARMAN, J.J. **The effects of climate change and variation in New Zealand - an assessment using the cli impacts system**. Hamilton: International Global Change Institute, The University of Waikato, 2001. p. 47-56.
- CARDOSO, L. S. **Modelagem aplicada à fenologia de macieiras "Royal Gala" e "Fuji Suprema" em função do clima, na região de Vacaria, RS**. 2011. 182 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia - Agrometeorologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CHAGAS, E.A.; CHAGAS, P.C.; PIO, R.; BETTIOL NETO, J.E.; SANCHES, J.; CARMO, S.A.; 405 CIA, P.; PASQUAL, M.; CARVALHO, A.S. Produção e atributos de qualidade de cultivares de 406 macieira nas condições subtropicais da região Leste paulista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.10, p. 1764-407 1769, 2012.
- CHMIELEWSKI, F.-M.; MÜLLER, A.; BRUNS, E. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 121, n. 1-2, p. 69-78, 2004.
- EBERT, A.; PETRI, J. L.; BENDER, R. J.; BRAGA, H. J. First experiences with chill units models in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 184, p. 9-96, 1986.
- ELLOUMI, O.; GHRAB, M.; KESSENTINI, H.; MIMOUN, M. B. Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. Mateur in dry and warm area climate. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 159, p. 80-87, 2013.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.
- FUJISAWA, M.; KOBAYASHI, K. Apple (*Malus pumila* var. domestica) phenology is advancing due to rising air temperature in northern Japan. **Global Change Biology**, Oxford, v. 16, n. 10, p. 2651-2660, 2010.
- GUÉDON, Y.; LEGAVE, J. M. Analyzing the time-course variation of apple and pear tree dates of flowering stages in the global warming context. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 219, n. 1-2, p. 189-199, 2008.
- GUO, L.; DAI, J.; RANJITKAR, S.; YU, H.; XU, J.; LUEDELING, E. Chilling and heat requirements for flowering in temperate fruit trees. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, p. 1-12, 2013. DOI: 10.1007/s00484-013-0714-3.
- HAN, J.-H.; CHO, J.; SON, I.-C.; KIM, S.; LEE, I.-B.; CHOI, I.; KIM, D. Effects of elevated carbon dioxide and temperature on photosynthesis and fruit characteristics of 'Niiitaka' pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, New York, v. 53, n. 5, p. 357-361, 2012. DOI: 10.1007/s13580-012-0047-x.
- HARRINGTON, C. A.; GOULD, P. J.; ST CLAIR, J. B. Modeling the effects of winter environment on dormancy release of Douglas-fir. **Forest Ecology and Management**, New York, v. 259, n. 4, p. 798-808, 2010.

- LANG, G. A.; EARLY, J. D.; MARTIN, G. C.; DARNELL, R. L. Endo-, para-, and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **HortScience**, St Joseph, v. 22, n. 3, p. 371-377, 1987.
- LEGAVE, J.; BLANKE, M.; CHRISTEN, D.; GIOVANNINI, D.; MATHIEU, V.; OGER, R. A comprehensive overview of the spatial and temporal variability of apple bud dormancy release and blooming phenology in Western Europe. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 57, n. 2, p. 317-331, 2013. DOI: 10.1007/s00484-012-0551-9.
- LEGAVE, J. M.; FARRERA, I.; ALMERAS, T.; CALLEJA, M. Selecting models of apple flowering time and understanding how global warming has had an impact on this trait. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 83, n. 1, p. 76-84, 2008.
- LUEDLING, E.; GEBAUER, J.; BUERKERT, A. Climate change effects on winter chill for tree crops with chilling requirements on the Arabian Peninsula. **Climatic Change**, Farmington, v. 96, n. 1-2, p. 219-237, 2009. DOI: 10.1007/s10584-009-9581-7.
- MADAIL, R. H.; HERTER, F. G.; LEITE, G. B. Influence of floral structure and flower bud quality on productivity and fruit shape in different apple cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 686-694, 2012.
- OLIVEIRA, I. V. M.; LOPES, P. R. C.; SILVA-MATOS, R. R. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Fenologia da macieira, cv. 'Condessa' no vale de São Francisco. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 36, n. 1, p. 23-30, 2013.
- OLIVEIRA, P. R. D. D.; LEITE, G. B.; NUNES, E. D. C.; FIORAVANÇO, J. C.; CZERMAINSKI, A. B. C.; GIRARDI, C. L.; NACHTIGALL, G. R.; BERNARDI, J.; SANTOS, R. S. S. D.; ALVES, S. A. M.; ARGENTA, L. C.; BASSO, C.; DENARDI, F.; PETRI, J. L.; COUTO, M.; BECKER, W. F.; PEREIRA, A. J.; NAVA, G.; BONETI, J. I. D. S.; KATSURAYAMA, J. M. Competição entre clones comerciais das cultivares de macieira Gala e Fuji. In: NACHTIGALL, G. R. **Inovações tecnológicas para o setor da maçã**: inovamaçã. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011. p.219-236.
- PEREIRA, E. S.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P. D. Sistema Agrometeorológico para Computador - Sisagro II. In: COBRAC, 11., 2004, Florianópolis. **Anais...**
- PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B.; COUTO, M.; FRANCESCOTTO, P. Apple phenology in subtropical climate conditions. In: ZHANG, X. **Phenology and climate change**. I 2012. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/articles/show/title/apple-phenology-in-subtropical-climate-conditions>>. Acesso em: 10 set. 2013. DOI: 10.5772/34301.
- PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 662, p. 53-60, 2004.
- PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; POLA, A. C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 261-297.
- ROOT, T.; PRICE, J. T.; HALL, K. R.; SCHNEIDER, S. H.; ROSENZWEIG, C.; POUNDS, J. A. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. **Nature**, London, v. 421, n. 6918, p. 57-60, 2003.
- RUIZ, D.; CAMPOY, J. A.; EGEE, J. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. **Environmental & Experimental Botany**, Amsterdam, v. 61, n. 3, p., 2007.
- SOLTÉSZ, M. Apple [*Malus sylvestris* (L.) Mill.]. In: KOZMA, P.; NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M.; SZABO, Z. **Floral biology, pollination and fertilization in temperate zone fruit species and grape**. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2003. p. 237-316.
- WARRINGTON, I. J.; FULTON, T. A.; HALLIGAN, E. A.; DE SILVA, H. N. Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, n. 5, p. 468-477, 1999.