

Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.)¹

Thermal time of some developmental phases in potato (*Solanum tuberosum* L.)

Fabiana Luiza Matielo de Paula² Nereu Augusto Streck³ Arno Bernardo Heldwein⁴
Dilson Antônio Bisognin⁴ Adalberto Luiz de Paula² Jacso Dellai⁵

RESUMO

O método da soma térmica tem sido usado para representar o efeito da temperatura do ar sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, por ser um método simples e uma melhor medida de tempo biológico do que dias do calendário civil ou dias após a semeadura. O objetivo deste trabalho foi determinar a soma térmica por diferentes métodos de cálculo para as fases de emergência ao início da tuberação, do início da tuberação ao início da senescência e do início da senescência à colheita da batata cultivar Asterix, cultivada a campo. Experimentos foram conduzidos em Santa Maria, RS, com onze datas de plantio durante 2003 e 2004. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com 4 repetições. A soma térmica para as diferentes fases variou com a época de plantio, com o método de cálculo e com as temperaturas cardinais. Estes resultados indicam que a soma térmica deve ser usada com cautela como medida de tempo biológico em batata.

Palavras-chave: tempo térmico, temperaturas cardinais, desenvolvimento vegetal

ABSTRACT

Thermal time has been used to represent the effect of the air temperature on plants growth and development. Thermal time is a simple method and a better time descriptor than calendar days in plants. The objective of this study was to calculate the thermal time by different calculation methods for different developmental phases (emergency to tuber initiation, from tuber initiation to beginning of senescence and from beginning of senescence to harvest time) in field grown potato cultivar Asterix. Field experiments were carried out at Santa Maria RS, Brazil, with eleven planting dates during 2003 and 2004. The

experimental design was a complete randomized block design with four replications. Thermal time for different developmental phases varied according to planting date, calculation method, and cardinal temperatures. These results indicate that the thermal time should be used with caution to tell time in potato.

Key words: thermal sum, cardinal temperatures, plant development.

INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.), família Solanaceae, é originária da Cordilheira dos Andes e ocupa o quarto lugar em quantidade de produção mundial de alimentos, sendo superada apenas pelo trigo, arroz e milho (LOPES & BUSO, 1997). A produção da batata no Brasil concentra-se nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, sendo estes Estados responsáveis por aproximadamente 98% da produção nacional. A área cultivada com batata no Brasil é de aproximadamente 150 mil ha, e a produtividade média no ano de 2003 foi de 20,5 ton.ha⁻¹ (IBGE, 2003).

A soma térmica tem sido usada para representar o efeito da temperatura do ar sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas (GILMORE & ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960; JEFFERIES & MACKERRON, 1987). A soma

¹Paula, bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES). Streck, bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Dellai, bolsista de Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), CNPq.

²Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA), Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

³Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM - 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: nstreck1@smail.ufsm.br. Autor para correspondência.

⁴Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, RS, Brasil.

⁵Curso de Agronomia, UFSM, RS, Brasil.

térmica é um método simples e é uma melhor medida de tempo biológico em plantas do que dias do calendário civil ou dias após a semeadura/plantio (GILMORE & ROGERS, 1958). No entanto, o método da soma térmica tem recebido críticas, por exemplo, por assumir uma relação linear entre crescimento ou desenvolvimento vegetal e temperatura, o que não é realístico do ponto de vista biológico, já que a resposta de processos biológicos à temperatura é não linear (YIN et al., 1995; GRANIER & TARDIEU, 1998; BONHOMME, 2000). Outro aspecto geralmente observado é que as temperaturas cardinais utilizadas no cálculo da soma térmica são constantes durante o ciclo de desenvolvimento (BONHOMME, 2000). Tem sido demonstrado que as temperaturas cardinais não são constantes durante o ciclo de desenvolvimento vegetal (STRECK et al., 2003). Além destes aspectos biológicos, a forma de cálculo da soma térmica também tem sido alvo de discussões, pois ou não é descrita nos artigos ou não é a mesma entre diferentes autores ou ambos (McMASTER & WILHELM, 1997).

O ciclo de desenvolvimento da cultura da batata pode ser dividido em três fases (LOPES & BUSO, 1997; KOOMAN et al., 1996): da emergência ao início da tuberação (EM-IT) do início da tuberação ao início da senescência (IT-IS) e do início da senescência à colheita (IS-CO). A fase EM-IT, se caracteriza pelo estabelecimento do sistema radicular e aumento da área foliar e fotossíntese. Quanto mais longa a fase de EM-IT, maior o ciclo total da cultura, maior rendimento final de tubérculos (SOUZA, 2003). Na fase do IT-IS, os produtos da fotossíntese são usados para crescimento dos estolões, crescimento da folhagem, início da formação e crescimento dos tubérculos na extremidade dos estolões. Os açúcares produzidos pela fotossíntese são convertidos em amido e armazenados nos tubérculos. Nesta fase, portanto, qualquer estresse, como por exemplo doenças, pragas, deficiência de nutrientes, falta de água, danos por geada ou granizo afetam o rendimento final (SOUZA, 2003). O estágio IT é, assim, um estágio de desenvolvimento importante pois é o momento em que a partição de assimilados da planta se modifica e práticas de manejo como a adubação nitrogenada de cobertura e amontoa devem ser realizadas (LOPES & BUSO, 1997). Na fase IS-CO as reservas da parte aérea e os assimilados são direcionados para os tubérculos, e o teor de matéria seca destes atinge o máximo. As folhas e caules se tornam amareladas, com redução gradual da fotossíntese e do crescimento dos tubérculos, até o secamento completo da parte aérea. A periderme dos tubérculos torna-se firme, as gemas

ficam dormentes e o teor de açúcares é reduzido até a maturação final (SOUZA, 2003). Neste contexto, a soma térmica pode ser uma ferramenta para estimar estes estágios de desenvolvimento da batata e assim melhorar e aumentar o rendimento de tubérculos. O objetivo deste trabalho foi determinar a soma térmica por diferentes métodos de cálculo para as fases de emergência ao início da tuberação, início da tuberação ao início da senescência e início da senescência à colheita de batata cultivar Asterix cultivada a campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos de campo foram conduzidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29° 43'S, longitude: 53° 48'W e altitude: 95m). O clima da região, segundo a classificação Köppen, é Cfa Subtropical úmido sem estação seca definida com verões quentes (MORENO, 1961). O solo representativo do local é um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico e pertence à unidade de Mapeamento São Pedro (EMBRAPA, 1999).

Os tubérculos utilizados nos experimentos possuíam alta qualidade fitossanitária e fisiológica, produzidos a partir de minitubérculos livres de vírus no Programa de Genética e Melhoramento de Batata do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Foram realizadas onze datas de plantio: 28/02, 27/03, 12/08, 15/09, 15/10, 20/11 e 24/12 de 2003 e 28/01, 27/02, 26/03 e 26/04 de 2004. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 4 repetições. As parcelas tinham dimensões de 3,0 x 3,0m, constituídas por 4 linhas de plantas distanciadas 0,75m entre linhas 0,33m entre plantas, totalizando 40 plantas. A área útil do experimento foi as duas fileiras centrais. Três plantas aleatórias em cada uma das duas linhas centrais das parcelas foram etiquetadas logo após a emergência e utilizadas na determinação do número de folhas na haste principal, início da senescência e ponto de colheita.

O dia da emergência (EM) foi considerado quando 50% das plantas na parcela estavam visíveis acima do solo (SANDS et al., 1979). O início da tuberação (IT) foi determinado coletando-se 8 plantas (2 plantas de cada parcela) diariamente nas linhas da bordadura. O dia do IT foi considerado quando 50% das plantas amostradas apresentavam pelo menos um tubérculo com 1 cm de diâmetro (SANDS et al., 1979; MANRIQUE & HOGES, 1989; OLIVEIRA, 2000). Após a avaliação para IT, as plantas amostradas foram repostas para compor a bordadura.

A data do início da senescência (IS) foi considerada quando 50% das plantas etiquetadas na parcela estavam no estágio 81 da escala desenvolvimento de BÄTZ et al. (1980). O dia do ponto de colheita (CO) foi considerado quando 100% das plantas etiquetadas na parcela completaram o estágio 89 da escala de desenvolvimento de BÄTZ et al. (1980).

Os dados de temperatura mínima e máxima diária do ar durante o período experimental foram coletados na Estação Climatológica Principal pertencente ao 8° DISME/INMET localizada a aproximadamente 200 metros da área experimental.

A soma térmica diária (STd, °C.dia) foi calculada por três métodos (GILMORE & ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960):

Método 1: $STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1$ dia, se $T_{med} < T_b$ então $T_{med} = T_b$ (1)

Método 2: $STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1$ dia, se $T_{med} < T_b$ então $T_{med} = T_b$ e se $T_{med} > T_{tot}$, então $T_{med} = T_{opt}$ (2)

Método 3: $STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1$ dia quando $T_b < T_{med} \leq T_{tot}$ e

$STd = (T_{tot} - T_b) \cdot (T_{max} - T_{med}) / (T_{max} - T_{tot})$ quando $T_{tot} < T_{med} \leq T_{max}$ (3)

onde: T_b é a temperatura base, T_{tot} é a temperatura ótima e T_{max} é a temperatura máxima para o desenvolvimento da batata. Utilizou-se $T_b = 7^\circ\text{C}$, $T_{tot} = 21^\circ\text{C}$ e $T_{max} = 30^\circ\text{C}$ (SANDS et al. 1979; MANRIQUE & ROGES, 1989). A temperatura média (T_{med}) foi calculada pela média aritmética entre a temperatura mínima e a temperatura máxima diária do ar. A soma térmica acumulada (STa , °C dia) a partir da emergência foi calculada por $STa = \sum_1^n STd$, onde n é a duração em dias, da fase de desenvolvimento. A análise estatística utilizada constou do cálculo da média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das variáveis número de dias e soma térmica das fases de desenvolvimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A duração total do ciclo de desenvolvimento e das fases EM-IT, IT-IS e IS-CO variou entre as épocas de plantio, independente se o tempo foi contabilizado como dias do calendário civil ou soma térmica (Figura 1). Quando o tempo foi representado em soma térmica, a duração (°C.dia) do ciclo total e das fases diminuiu do método 1 para o método 3. O ciclo de desenvolvimento mais longo ocorreu na época 4 (setembro) quando o tempo foi medido em soma térmica pelo método 1 (2418,8 °C dia), 2 (2117,4 °C dia) e 3 (1649,9°C dia) e na época 3 (agosto) quando o tempo foi medido em dias após a

emergência (98 dias). O menor ciclo de desenvolvimento quando tempo foi medido em dias após a emergência foi na época 9 (fevereiro, 60 dias) enquanto que quando a soma térmica pelos métodos 1 e 2 foi usado, o menor ciclo ocorreu na época 11 (abril) com valores de 1052,5 e 1036,2 °C. dia, respectivamente. Quando a soma térmica foi calculada pelo método 3, o menor ciclo foi na época 9 (941,8°C. dia).

Para a fase EM-IT a época 3 (agosto) apresentou a fase mais curta, tanto em soma térmica pelos métodos 1, 2 e 3 (117,1; 115,7; 113,5°C dia, respectivamente) quanto em dias do calendário civil (12 dias). A fase mais longa EM-IT em soma térmica foi observada na época 7, pelo método 1 (608,9°C. dia) e método 2 (488,4°C.dia), e na época 6 pelo método 3 (319,4°C dia). Em dias do calendário civil a época 7 teve a mais longa fase EM-IT (35 dias). Para a fase IT-IS em soma térmica, a época 11 foi mais curta pelo método 1 (314,6°C. dia). A época 6 foi a mais curta tanto em soma térmica pelos métodos 2 (252,0°C.dia) 3 (110,4°C.dia), quanto em dias do calendário civil (17 dias).

A fase IT-IS mais longa em soma térmica foi na época 3 pelo método 3 (490,9°C.dia), e, na época 4, pelos métodos 1 e 2 (693,0; 594,8 °C.dia, respectivamente). Em dias do calendário civil, a época 3 apresentou a maior duração IT-IS (46 dias). Para a fase do IS-CO, a época 11 apresentou a fase mais curta tanto em soma térmica pelos métodos 1 (127,9°C.dia) 2 (119,8°C.dia), e 3 (107,3°C.dia) quanto em dias do calendário civil (11 dias). A fase mais longa em soma térmica foi observada na época 3 pelos métodos 1, 2 e 3 (618,7; 530,2; 392,7°C.dia, respectivamente) e em dias do calendário civil (39 dias).

No RS, a batata é cultivada em duas épocas de plantio. O "Plantio de safra" é recomendado em Julho e Agosto, e a "safrinha" é em Fevereiro e Março (BISOGNIN, 1996). O plantio da safra, que corresponde à época 3, neste trabalho, apresentou maior duração do ciclo de desenvolvimento (EM-CO=98 dias). Já o plantio da safrinha, que corresponde principalmente às épocas 1 e 9, apresentou a menor duração do ciclo total de desenvolvimento, EM-CO (70 e 60 dias, respectivamente)

As épocas de plantio 6 (novembro), 7 (dezembro) e 8 (janeiro) apresentaram a maior duração da fase da EM-IT. Nestas épocas, têm-se os maiores valores de fotoperíodo para o local estudado (próximo de 14 horas). A batata é uma planta de dia curto para início da tuberação (LEVY & KEDAR, 1985), ou seja, a data de início de tuberação é acelerado por dias curtos. O fotoperíodo nestas épocas de plantio

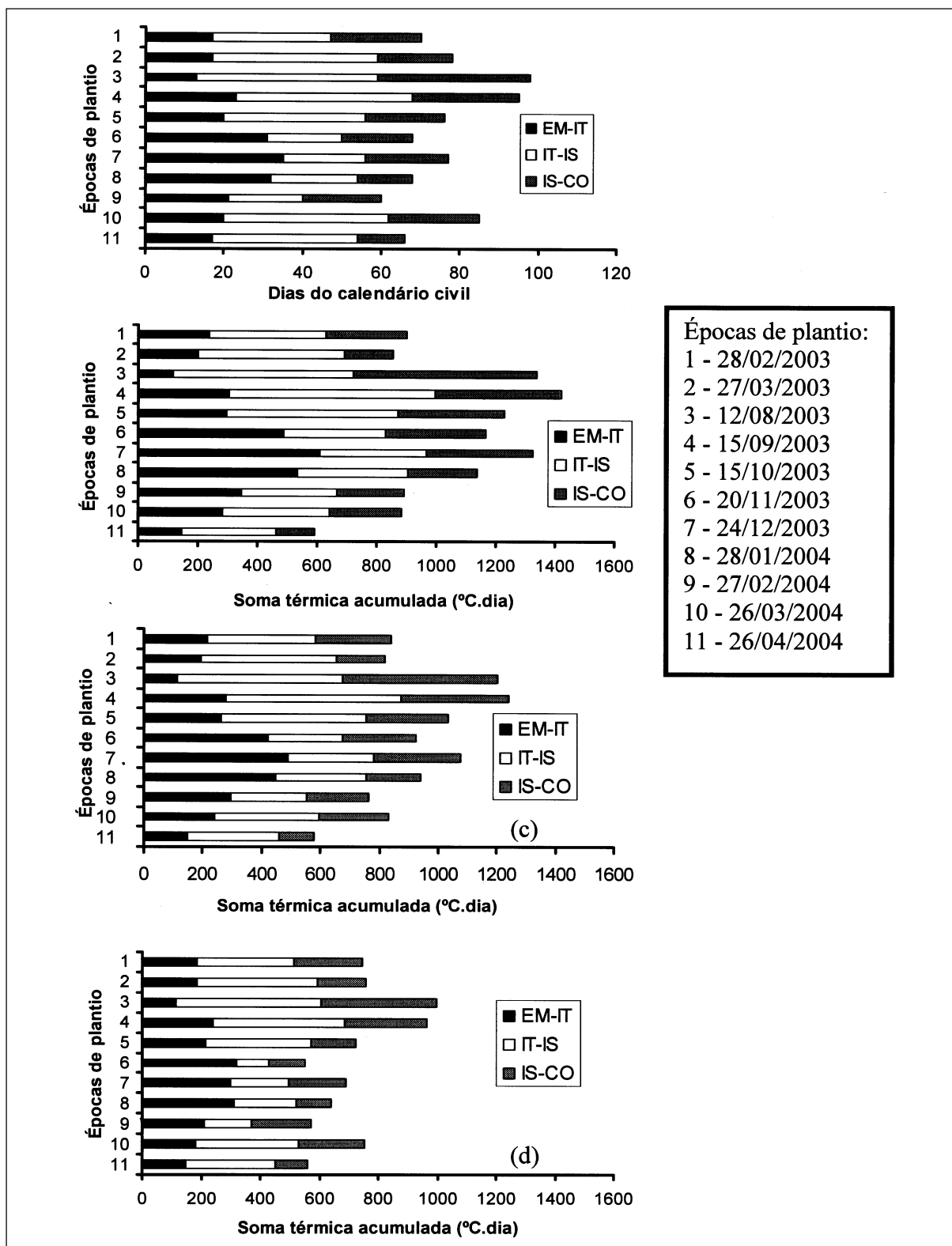


Figura 1 - Duração das fases de desenvolvimento emergência-início de tuberização (EM-IT), início de tuberização – início da senescência (IT-IS) e início da senescência – colheita (IS-CO) da batata cv. Asterix, em diferentes épocas de plantio, com tempo expresso em dias do calendário civil (a) e em soma térmica calculada pelo método 1(b), método 2 (c) e método 3 (d). Santa Maria, RS, Brasil, 2003-2004.

certamente foi a causa do atraso do início da tuberização em relação às épocas 1, 2, 3, 9, 10 e 11 onde o fotoperíodo foi menor, com valor médio de 12,1h. O aumento da duração da fase EM-IT se deu em função do aumento do número de folhas emitidas até o IT (Figura 2h).

Na literatura, encontra-se relato de que a fase vegetativa (EM-IT) é que controla o ciclo de desenvolvimento da batata, medido em dias do calendário civil (SOUZA, 2003), ou seja, quanto maior a fase vegetativa, maior o ciclo. Quanto maior o ciclo de desenvolvimento também espera-se que o rendimento de tubérculos aumente, uma vez que o aumento do ciclo de desenvolvimento, especialmente durante a emissão de folhas, aumente a duração da área folhar verde e, conseqüentemente da fotossíntese, o que garante uma maior produção de fotoassimilados para enchimento dos tubérculos.

Neste trabalho, ocorreu uma relação inversa entre duração da fase vegetativa EM-IT e duração total do ciclo, já que nas épocas em que a duração do ciclo total foi maior (épocas 3 e 4), a duração da fase EM-IT foi das menores, enquanto que, nas épocas 6, 7, e 8 a duração da fase EM-IT foi maior e o ciclo foi dos mais curtos (Figura 1a, 2e). O ciclo total foi controlado pela duração da fase IT-IS e IS-CO (Figura 2f e 2g). O rendimento de tubérculos, no entanto, apresentou uma relação forte ($R^2=0,66$) com duração do ciclo, em dias (Figura 2a), com maiores rendimentos em plantios de final de inverno e, início da primavera, que corresponde ao período recomendado do "plantio da safra". A relação positiva entre rendimento e duração do ciclo total é controlada pela duração das fases após o IT, ou seja, quanto maior a fase IT-IS e IS-CO, maior o rendimento de tubérculos (Figura 2c e 2d), em função da fraca e negativa relação do rendimento de tubérculos com a duração da fase EM-IT (Figura 2b). Parece ser lógico que o rendimento de tubérculos da batata tenha relação de dependência com a fase IT-IS, que é a fase de enchimento de tubérculos, e não com a fase de EM-IT. Nem tão lógica parece ser a relação entre rendimento de tubérculos e a duração da fase IS-CO obtida neste trabalho, uma vez que o tamanho dos tubérculos no IS já é praticamente o seu tamanho final. A relação positiva entre rendimento de tubérculos e duração da fase IS-CO é grande devido a um ponto isolado na extrema direita da Figura 2d. Este ponto corresponde à época 3, plantio em 12/08/2003, época recomendada para a região (BISOGNIN, 1996).

Os resultados deste estudo reforçam a importância de realizar plantios nas épocas recomendadas (safra e safrinha no RS). Os plantios realizados fora das épocas recomendadas, podem

causar redução no número e peso médio de tubérculos por planta, afetando o rendimento final, devido ao encurtamento das fases IT-IS e IS-CO em função das altas temperaturas. Além disso, altas temperaturas aumentam o número de tubérculos com distúrbios fisiológicos, os quais tem dificuldade de aceitação no comércio (MENEZES et al., 1999). Comparando-se os rendimentos de tubérculos na safra e safrinha, os rendimentos tendem a ser maiores na safra (época 3 teve rendimento de 2,989kg/m²) do que na safrinha (épocas 1 e 9 tiveram rendimentos de 0,787 e 0,392 kg/m², respectivamente) devido à maior duração da fase EM-CO na safra.

O coeficiente de variação (CV) pode ser usado como estatística para medir a variabilidade da duração (dias ou °C.dia) das fases de desenvolvimento de culturas cultivadas em diferentes épocas (JEFFERIES & MACKERRON, 1987). Considerando o ciclo total (EM-CO), o CV foi maior quando o tempo foi expresso em soma térmica (°C.dia) do que quando tempo foi expresso em dias do calendário civil (Tabela 1). Apenas na fase IT-IS, a soma térmica calculada pelos métodos 1 e 2 e na fase EM-IT pelo método 3 teve um menor CV do que dias do calendário civil.

A expectativa de que a soma térmica, por ser um melhor descritor de tempo em plantas do que dias do calendário civil, diminuísse o CV comparado com dias do calendário civil (GILMORE & ROGERS, 1958; JEFFERIES & MACKERRON, 1987) foi frustrada neste estudo. Uma possível hipótese para esta frustração pode ser a de que as temperaturas cardinais foram constantes ao longo de todo o ciclo da batata, já que tem sido demonstrado que estas temperaturas variam ao longo do ciclo de desenvolvimento vegetal (STRECK et al., 2003). Para testar esta hipótese, procedeu-se o cálculo da soma térmica utilizando temperaturas cardinais diferentes para cada fase. Na fase vegetativa a T_{min} foi definida como 4°C (HARTZ & MOORE, 1978) e T_{opt} e T_{max} foram definidos como 15 e 28°C, respectivamente (INGRAM & McCLOUD, 1984). Na fase de tuberização as temperaturas cardinais T_{min} , T_{opt} e T_{max} , foram definidas como 7, 21 e 30°C, respectivamente (SANDS et al., 1979 ; MANRIQUE & HODGES, 1989). Não foram encontrados na literatura valores para as temperaturas cardinais de desenvolvimento durante a senescência das plantas. Baseado em discussões com pessoas ligadas à produção de batata, assumiu-se que, na fase de senescência, as temperaturas cardinais são as mesmas da primeira fase (EM-IT), ou seja $T_b = 4°C$, $T_{opt} = 15°C$ e $T_{max} = 28°C$. Esta diminuição das temperaturas cardinais é realística pois em regiões temperadas o ciclo de desenvolvimento da batata

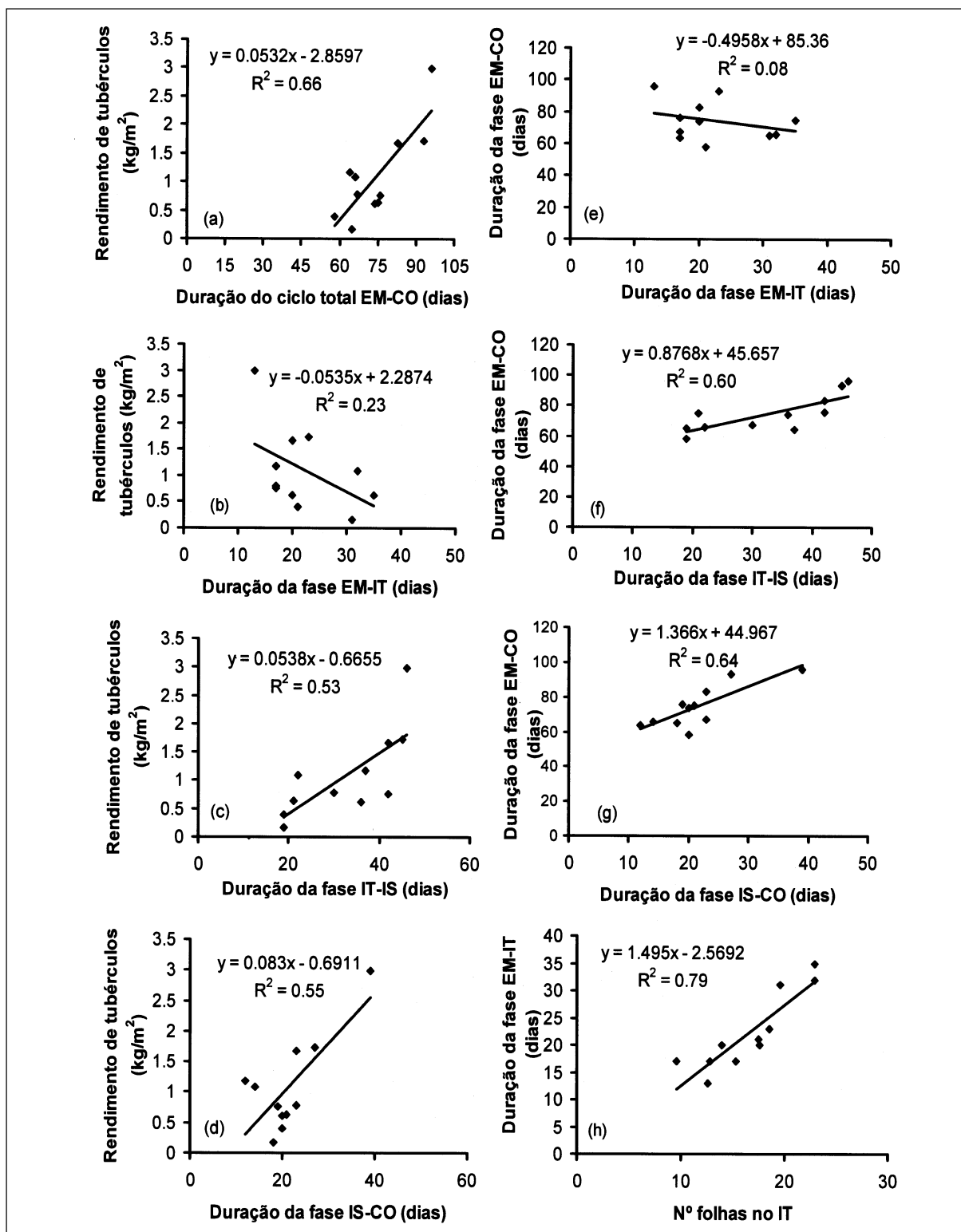


Figura 2 – Relação entre rendimento de tubérculos e duração das fases do ciclo de desenvolvimento [(a), (b), (c) e (d)], relação entre duração do ciclo total e duração das fases de desenvolvimento [(e), (f) e (g)] e relação entre duração da fase EM-IT e número de folhas no IT (h) da batata cv Asterix. EM = emergência, IT = início da tuberização, IS = início da senescência e CO = colheita. Santa Maria, RS, 2003-2004.

Tabela 1 - Duração média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%) fases emergência- início da tuberização (EM-IT), início da tuberização a senescência (IT-IS) e início da senescência – colheita (IS-CO) da batata cv. Asterix, em dias do calendário civil e °C.dia calculado pelos diferentes métodos com temperaturas cardinais constante e variando as temperaturas cardinais durante o ciclo de desenvolvimento. Santa Maria, RS, 2003/2004.

	EM-IT			IT-IS			IS-CO			Ciclo total (EM-CO)		
	Média	DP	CV	Média	DP	CV	Média	DP	CV	Média	DP	CV
Com temperaturas cardinais constantes durante o ciclo de desenvolvimento												
Dias	22,4	7,17	32,1	32,6	10,79	33,1	21,5	7,15	33,3	74,4	12,8	17,2
STa ₁	323,4	158,5	49,0	438,2	131,1	29,9	305,3	136,8	44,8	1825,0	410,7	22,5
STa ₂	282,6	121,9	43,1	386,2	121,2	31,4	263,9	110,7	42,0	1601,4	305,3	19,1
STa ₃	219,2	67,9	31,0	305,2	123,1	40,3	199,0	83,1	41,8	1247,9	230,8	18,5
Variando as temperaturas cardinais durante o ciclo de desenvolvimento												
STa ₁	390,9	179,1	45,8	439,0	130,3	29,7	335,4	98,3	29,3	1995,1	436,4	21,9
STa ₂	241,3	83,2	34,5	384,4	121,9	31,7	230,7	80,4	34,8	1482,1	264,8	17,9
STa ₃	114,8	22,7	19,8	303,9	124,9	41,1	117,0	56,3	48,2	958,8	281,3	29,5

Dias= Dias do calendário civil (dias)

STa₁= Soma térmica acumulada pelo método 1 (°C.dia)

STa₂= Soma térmica acumulada pelo método 2 (°C.dia)

STa₃= Soma térmica acumulada pelo método 3 (°C.dia)

ocorre similarmente às culturas de verão, ou seja, inicia na primavera, se estende pelo verão e a fase de senescência ocorre no início do outono, quando as temperaturas do ar iniciam a diminuir. Em espécies de verão como milho e a soja, as temperaturas cardinais de desenvolvimento são menores no final do ciclo em relação às fases iniciais e intermediárias (PENNING de VRIES et al., 1989). Ainda assim, o CV permaneceu menor para dias do calendário civil exceto apenas nas fases EM-IT, quando se utilizou o método 3, e na fase IT-IS, métodos 1 e 2 (Tabela 2), ou seja, não houve mudança na tendência do CV. Entre os métodos de cálculo da soma térmica, não houve uma tendência consistente no sentido de mudança no CV. Considerando-se o ciclo total de desenvolvimento e a fase IS-CO, o CV foi maior para os métodos 1 e 3 e para o método 2 e 3, respectivamente. Já na fase EM-IT o CV diminuiu do método 1 para o método 3 e na fase de IT-IS o CV aumentou do método 1 para o método 3.

As grandes variações da soma térmica entre as épocas de plantio e de ano para ano pode ser devido ao fotoperíodo, já que a batata é uma planta responsiva a fotoperíodo (LEVY & KEDAR, 1985; MANRIQUE & HOGES, 1989). Foi demonstrado que o fotoperíodo afeta a duração da fase EM-IT, mas não nas fases seguintes (KOOMAN et al., 1996). Procedeu-se então incluir o fotoperíodo no cálculo da soma térmica, através das unidades fototérmicas de Nuttonson (1955) citado por PASCALE & DAMARIO (2004). Ainda assim, o CV permaneceu maior utilizando tempo fototérmico do que dias do calendário civil, com

valores de CV na fase de EM-IT de 49,9; 39,4 e 22,9 variando-se as temperaturas cardinais durante o ciclo de desenvolvimento e valores de 53,0, 47,6 e 36,8 com temperaturas cardinais constante durante o ciclo para os métodos 1, 2 e 3, respectivamente.

A frustração com o método da soma térmica obtida neste trabalho reflete a complexidade de resposta do desenvolvimento da batata a fatores ambientais, incluindo temperatura. Por exemplo, a duração total do ciclo de desenvolvimento (EM-CO) não teve relação com a temperatura média do ar durante estas fases (Figura 3a). Isto ocorreu porque a duração da fase EM-IT esteve positivamente correlacionada com temperatura (Figura 3b), enquanto que a duração da fase IT-IS esteve negativamente correlacionada com a temperatura (Figura 3c), ou seja, efeitos opostos acabaram anulando o efeito da temperatura no ciclo total. Como a duração da fase IS-CO não tem relação com a temperatura (Figura 3d), o resultado é que a temperatura do ar não explica a duração do ciclo total de desenvolvimento da batata a campo. A solução seria uma nova concepção de cálculo da soma térmica que não usasse a linearidade ou uma nova concepção para representar tempo biológico.

Os resultados deste estudo indicam que graus dia (°C.dia) não são melhores do que dias do calendário civil como medida de tempo biológico para descrever o desenvolvimento da batata cultivar Asterix. Resultados similares foram encontrados por MAJOR et al. (1975), para a cultura da soja e por SENTELHAS & UNGARO (1998) na cultura do girassol. A implicação destes resultados é a limitação

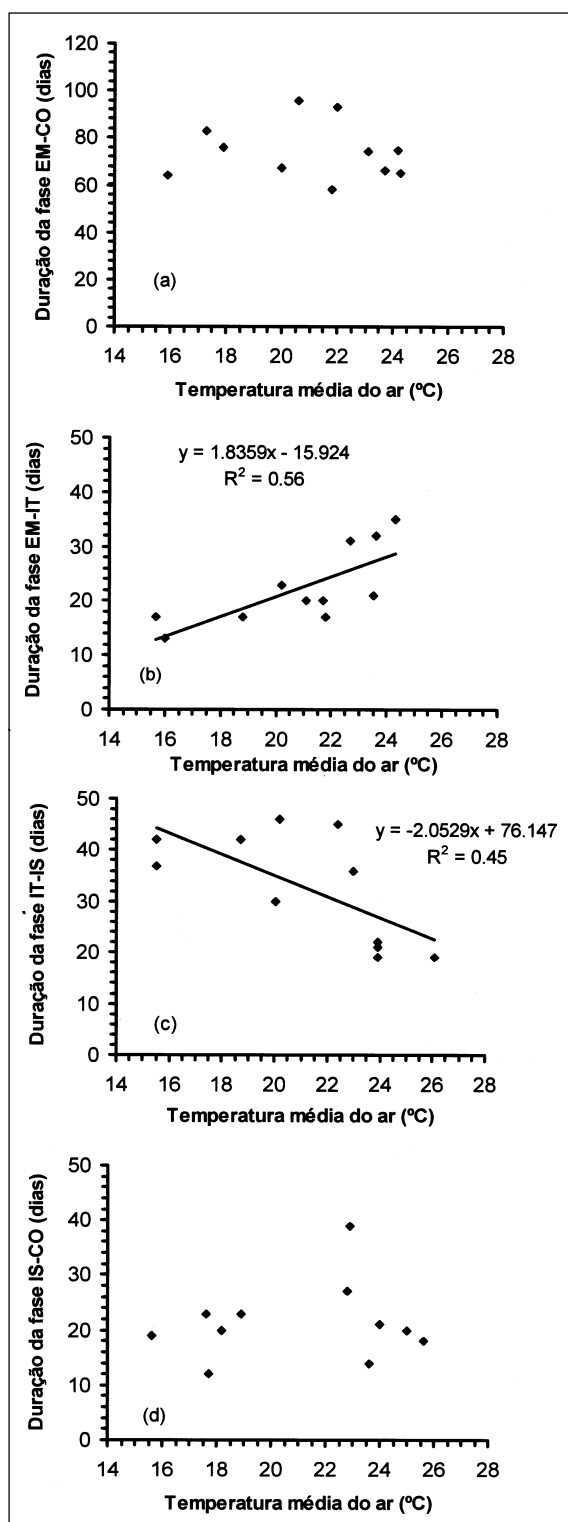


Figura 3 – Relação entre duração das diferentes fases do desenvolvimento da batata cv. Asterix e temperatura média do ar durante as fases. EM= emergência, IT= início da tuberação, IS= início da senescência e CO= colheita. Santa Maria, RS, 2003-2004.

do método da soma térmica para prever as datas dos estágios de desenvolvimento da batata, já que é necessário se saber a época de plantio, e não há garantia que na mesma época de plantio os graus dia serão os mesmos todos os anos e ainda a soma térmica depende do método de cálculo.

Como causas da limitação da soma térmica como medida de tempo vegetal é citada a pressuposição que a resposta de desenvolvimento da planta à temperatura é linear e sabe-se que a resposta de processos biológicos, inclusive desenvolvimento vegetal, à temperatura é não linear (BONHOMME, 2000; YIN et al. 1995; GRANIER & TARDIEU, 1998); a pressuposição de que a temperatura do ar é igual a temperatura da região de desenvolvimento da planta, ou seja, o ápice meristemático ou o dossel vegetativo (McMASTER & WILHELM, 1997) o que na prática nem sempre se verifica, dependendo da época do ano e do período do dia (GRANIER & TARDIEU, 1998) e as temperaturas cardinais utilizadas no cálculo geralmente são constante durante o ciclo de desenvolvimento (STRECK, 2002). As temperaturas cardinais de desenvolvimento modificam à medida que a planta avança no ciclo de desenvolvimento (STRECK et al. 2003). Outro aspecto que tem sido levantado na literatura é de que o método a ser utilizado para cálculo da soma térmica deve ser bem descrito no trabalho. Por exemplo, McMaster & Wilhelm, (1997) demonstraram que o modo como a temperatura base é incorporada no cálculo (antes ou depois de calcular a temperatura média diária) pode causar uma diferença na predição da data de ocorrência da maturação fisiológica em trigo de até 14 dias.

A soma térmica tem sido usada para representar tempo biológico em plantas há muito tempo e é um método muito difundido no meio acadêmico, e entre extensionistas e pesquisadores. A simplicidade do cálculo é a principal característica atrativa da soma térmica. No entanto, esta característica não é garantia de sucesso. A prova disso é que relatos de frustrações com o uso deste método tem sido uma realidade, a exemplo deste estudo. Repensar conceitos e técnicas de usos rotineiros pode ser um exercício interessante e revelante. Talvez o conceito de soma térmica esteja nesta modalidade. Uma alternativa ao método da soma térmica para representar tempo biológico em batata será objeto de um artigo posterior.

CONCLUSÃO

A soma térmica para as fases EM-IT, IT-IS e IS-CO de batata cultivar Asterix não é um valor constante e varia em função da época de plantio, o

que limita sua utilização para representar tempo biológico desta cultivar.

REFERÊNCIAS

- ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **American Society for Horticultural Science**, Boston, v.76, p. 682-692, 1960.
- BÄTZ, W. et al. **Entwicklungsstadien der kartoffel**. Berlin: Biologische Bundesanstalt für land-und forstwirtschaft, Merkblatt, 1980. N.27/5.
- BISOGNIN, D.A. **Recomendação técnica para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria : UFSM, 1996. 64p.
- BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.13, n.1, p.1-10, 2000.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : Embrapa Produções de informações, 1999. 412p.
- GILMORE, E.C.Jr.; ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.50, n.10, p.611-615, 1958.
- GRANIER, C.; TARDIEU, F. Is thermal time adequate for expressing the effects of temperature on sunflower leaf development? **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.21, p.695-703, 1998.
- HARTZ, T.K.; MOORE, F.D. Prediction of potato yield using temperature and insolation data. **American Potato Journal**, Orono, v.55, n.7, p.431-436, 1978.
- IBGE, DPE, DEAGRO – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, confronto das safras de 2003 e das estimativas para 2004**. Acesso em: 22 nov. 2004. On line. Disponível em: <<http://www.IBGE.com.br>>
- INGRAM, K.T.; McCLOUD, D.E. Simulation of potato growth and development. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, p. 21-27, 1984.
- JEFFERIES, R.A.; MACKERRON, D.K.L. Thermal time as a non-destructive method of estimating tuber initiation in potatoes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.108, p.249-252, 1987.
- KOOMAN, P.L. et al. Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.5, p.207-217, 1996.
- LEVY, D.; KEDAR, N. *Solanum tuberosum*. In: HALEVY, A.H. **CRC Handbook of flowering**. Boca Raton : CRC, 1985. V. IV, p.363-366.
- LOPES, C.A.; BUSO, J.A. Cultivo da batata (*Solanum tuberosum L.*). **Embrapa Hortaliças**. Brasília : Embrapa Hortaliças, 1997. 36p. (Instruções técnicas n.8).
- MAJOR, D.J. et al. Evaluation of eleven thermal unit methods for predicting soybean development. **Crop Science**, Madison, v.15, p.172-174, 1975.
- MANRIQUE, L.A.; HODGES, T. Estimation of tuber initiation in potatoes grown in tropical environments based on different methods of computing thermal time. **American Potato Journal**, Orono, v.66, p.425-436, 1989.
- McMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.87, p.291-300, 1997.
- MENEZES, C.B. et al. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum L.*) nas safras "das águas" e de inverno no Sul de Minas Gerais. **Ciência e tecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p.776-783, 1999.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Secretaria da Agricultura, 1961. 46p.
- OLIVEIRA, C.A.S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.939- 950, 2000.
- PASCALÉ, J.A.; DAMARIO, E.A. **Bioclimatologia agrícola y agroclimatologia**. Buenos Aires : FABUE, 2004. 550p.
- PENNING de VRIES, F.W.T. et al. **Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops**. Wageningen : Pudoc, 1989. 271p.
- SANDS, P.J. et al. A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum L.*). 1- Derivation from well-managed field crops. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.2, n.4, p.309-331, 1979.
- SENTELHAS, P.C.; UNGARO, M.R.G. Índices bioclimáticos para a cultura de girassol. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.1. p.1-10, 1998.
- SOUZA, Z.S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, S.A.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília : Embrapa, 2003. p.80-104.
- STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo L.*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.105-111, 2002.
- STRECK, N.A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.115, p.139-150, 2003.
- YIN, X., et al. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.7, p.1-16, 1995.