

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SUL DE MINAS GERAIS – CÂMPUS MACHADO**

Edison Carlos Ribeiro Machado

**Crescimento e desenvolvimento do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*)
com base em unidades térmicas**

MACHADO

2013

Edison Carlos Ribeiro Machado

Crescimento e desenvolvimento do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) com base em unidades térmicas

Monografia apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Saul Jorge Pinto de Carvalho

MACHADO

2013

A minha família e ao meu falecido pai que sempre estiveram do meu lado nos momentos de dificuldade e me deram força para conseguir essa vitória.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Saul Jorge Pinto de Carvalho que sempre esteve presente no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais integrantes e colegas do GAPE Matologia do IFSULDEMINAS – câmpus Machado.

Ao IFSULDEMINAS pela estrutura oferecida e pela concessão de bolsa.

RESUMO

O capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) além de ser altamente competitivo com culturas anuais, promove prejuízos econômicos sobre a qualidade do produto colhido. As plantas daninhas são um importante fator biótico presente nas áreas agrícolas, incluindo as lavouras de café. O manejo de plantas daninhas é considerado prática imperativa, contudo há carência de informações básicas sobre a biologia, crescimento e desenvolvimento de diversas espécies, de modo que o sistema de manejo fica prejudicado. Neste sentido, propões-se este projeto com o objetivo de: i. calcular a temperatura basal (T_b) do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*); ii. avaliar o seu desenvolvimento inicial, modelando-o ao acúmulo de unidades térmicas; iii. quantificar a necessidade da espécie em acumular unidades térmicas para alcançar o estágio fenológico de florescimento. Foi desenvolvido um experimento em duas etapas, nas quais foi possível avaliar o desenvolvimento fenológico inicial do capim-carrapicho em fotoperíodo crescente e decrescente (etapas 1 e 2), com base em unidades térmicas, até ponto de florescimento, quando foi quantificada a massa seca. Foram considerados seis tratamentos em cada etapa, relativos às datas de semeadura da espécie. O melhor ajuste para desenvolvimento do capim-carrapicho foi obtido com $T_b = 12^\circ\text{C}$, com equação $y = 0,0993x$, em que y diz respeito ao estágio da escala fenológica e x aos graus dia acumulados. Em média, obteve-se florescimento da espécie com 518 graus dia. Conclui-se que a fenologia do capim-carrapicho pode ser prevista por meio de modelos matemáticos que utilizem unidades térmicas acumuladas, adotando-se temperatura basal de 12°C , contudo ressalta-se que outras variáveis ambientais também interferem no desenvolvimento da espécie, com potencial destaque para o fotoperíodo.

Palavras-chave: fenologia, graus dia, crescimento, manejo, modelagem.

ABSTRACT

Southern sandbur (*Cenchrus echinatus*), besides being a very competitive weed, promotes economic losses on the quality of harvested product. Weeds are an important biotic factor present in agricultural fields, including coffee plantations. Weed management is considered an imperative practice, however there are lacks of basic information regarding to biology, growth and development of several species, so the management system may be compromised. Thus, this project will be developed with the objective of: i. calculating base temperature (T_b) of southern sandbur (*Cenchrus echinatus*); ii. evaluating the initial growth, modeling this to accumulated thermal units; iii. quantifying species demand to accumulate thermal units for reaching flowering phenological stage. One experiment will be developed in two phases, in which it will be possible to evaluate *C. echinatus* initial phenological stage in conditions of crescent and decreasing photoperiod (phases 1 and 2), based in thermal units, up to the flowering point, when dry mass will be quantified. Six treatments will be considered in each phase, related to species seeding dates. Southern sandbur development was best fit with $T_b = 12^\circ\text{C}$, with $y = 0,0993x$ model, where y is the phenological scale stage and x is the GDD. In average, flowering was reached with 518 GDD. Southern sandbur phenology may be predicted using mathematical models based on accumulated thermal units, adopting $T_b = 12^\circ\text{C}$, however other environmental variables may also interfere on species development, with potential importance to photoperiod.

Keywords: phenology, thermal units, growth, management, modeling.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1. O Capim-carrapicho (<i>Cenchrus echinatus</i> L.).....	9
2.2. Análises de Crescimento de Plantas.....	11
2.3. Fenologia.....	13
2.4. Unidades Térmicas (Graus-dia).....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÃO.....	29
6. REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são um dos principais componentes bióticos do agro-ecossistema com capacidade de interferir negativamente nas culturas. Os efeitos negativos causados pelas plantas daninhas se manifestam sobre a quantidade e a qualidade da produção agrícola, consequência da competição pelos recursos de crescimento oferecidos pelo ambiente, da alelopatia ou por serem agentes que hospedam pragas e doenças, permitindo a multiplicação destas. Alguns trabalhos estimam que as perdas ocasionadas pela interferência de plantas daninhas, no Brasil, estejam em torno de 20 – 30%.

Dentre as espécies de plantas daninhas presentes na agricultura, as do gênero *Cenchrus*, são algumas das mais importantes. Existem sete espécies deste gênero no Brasil, sendo cinco nativas e duas introduzidas.

Estas espécies têm características espinescentes, em que *Cenchrus echinatus* L. tem maior ocorrência, sendo comumente encontrada infestando lavouras anuais e perenes, onde é conhecida pelos nomes populares de capim-carrapicho, capim-timbete ou somente timbete (LORENZI, 2000). Estudos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas fornecem informações sobre os diferentes estádios fenológicos e padrões de crescimento vegetal. Estes resultados permitem a análise do comportamento das plantas perante os fatores ecológicos, bem como sua ação sobre o ambiente, principalmente quanto a sua interferência sobre outras plantas, o que pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas de manejo integrado de plantas daninhas (LUCCHESI, 1984; BIANCO et al., 1995).

As mudanças ou eventos que podem ocorrer ao longo do desenvolvimento de uma planta, podem ser definidos por escalas numéricas. Essas escalas, na maioria das vezes, são estipuladas em função do tempo. Entretanto trata-se de uma variável muito sujeita a interferências ambientais que, indiretamente, também se expressam na fenologia. Assim, a temperatura torna-se o elemento climático mais importante para prever eventos fisiológicos, desde que não haja deficiência hídrica (COSTA, 1994; GADIOLI et al., 2000).

O método dos graus-dia baseia-se na premissa de que uma planta necessita de certa quantidade de energia, representada pela soma de graus térmicos necessários para completar determinada fase fenológica ou mesmo o ciclo total. Admite, além disso, uma relação linear entre acréscimo de temperatura e o desenvolvimento vegetal (GADIOLI et al., 2000). Assim sendo, torna-se possível o uso de modelos matemáticos e rotinas de simulação que utilizem o conceito de graus dia acumulados (MEDEIROS et al., 2000). Este conceito não é diferente para as plantas daninhas, contudo são poucos os estudos que avaliaram o desenvolvimento

destas espécies com base em graus-dia acumulados. A predição de diferentes aspectos fenológicos de culturas, plantas daninhas e outras pragas com equações térmicas simples tende a ser uma excelente ferramenta para fornecer soluções práticas para problemas culturais (GHERSA e HOLT, 1995).

Desta forma, esta monografia foi desenvolvida com o objetivo de calcular a temperatura basal (T_b) do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), bem como ajustar o crescimento e o desenvolvimento inicial da espécie às unidades térmicas acumuladas (graus dia).

2. Referencial Teórico

2.1. O Capim-Carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.)

Origem, classificação botânica

Dentre as diversas espécies de plantas daninhas encontradas no Brasil, destaca-se o gênero *Cenchrus*. Este gênero está classificado na família Poaceae, fazendo parte de um grupo com evolução filogenética paralela, relativa à ocorrência de invólucros de cerdas sobre as espiguetas. É constituído por 23 espécies, que ocorrem em regiões tropicais e subtropicais do mundo (KISSMANN, 1997).

A espécie *C. echinatus* L. é conhecida popularmente, na região do Sul de Minas Gerais, por capim-carrapicho e tem aspecto de gramínea (Poaceae), em sua fase vegetativa, e evolui para uma planta com haste longa cujos frutos são cariopses cobertos por espinhos. Essa planta é da mesma família de algumas das espécies mais conhecidas, como: milho (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza sativa*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), por isso são semelhantes em algumas das suas características (USDA, 2013).

São poucos os trabalhos nacionais que caracterizaram este gênero, contudo há evidências da ocorrência de sete espécies no país, sendo cinco na forma nativa e duas introduzidas (FILGUEIRAS, 1984).

Crescimento e Desenvolvimento

O capim-carrapicho é uma planta anual, herbácea, ereta ou eventualmente semi-prostrada, com os nós providos de pigmentação antociânica, de 20-60 cm de altura (LORENZI, 2000), podendo ser totalmente glabras ou hirsutas. Esta daninha tem como característica temperatura média para crescimento de 25°C, o escuro acelera sua germinação, mas não altera o número final de sementes germinadas (FELIPPE, SILVA e RIBEIRO, 1977). A profundidade máxima de germinação é de 9,0 cm em solo argiloso e de 10,0 cm em solo barrento. Em condições de campo, observaram frequente germinação de duas ou mais cariopses por fascículo (DEUBER, FORSTER e SIGNORE, 1977). Também foi verificado que, em uma amostra de 500 fascículos coletados do solo, todos possuíam pelo menos uma

cariopse e que todas as plantas já completamente secas poderiam somente fascículos estéreis (PACHECO, 1981).

Segundo Kissmann (1997), o capim-timbete tem colmos cilíndricos, com porções inferiores frequentemente achatadas, ramificados desde a base e a partir de nós inferiores. Folhas com bainhas lisas ou com alguns pêlos marginais na porção superior. Lígulas de até 1,5 mm, com margens pilosas. Realiza fotossíntese pelo ciclo C4. Inflorescências constituídas por racemos espiciformes, com involúculos espinhosos que encerram as espiguetas. Cada involúculo pode conter de 1 a 6 cariopses, das quais apenas a maior e mais vigorosa germina. Possui alta capacidade de infestação devido ao seu tipo de infrutescência que facilmente adere-se ao pelo de animais e diversos tipos de superfície, sendo bastante disseminado (ARANHA et al., 1988).

Segundo Kissmann (1997) podem ser observados rizomas muito curtos e raízes fibrosas. Alastra-se, também, por enraizamento dos colmos, nos nós em contato com o solo; com enraizamentos progressivos, em condições favoráveis, as plantas chegam a ser semi-perenes. Pode ser considerada como espécie anual de verão, sendo que em regiões mais secas o crescimento é limitado e o ciclo mais curto. Em regiões com boa umidade o ciclo se alonga, com florescimento e frutificação durante longos períodos (ciclos de até 210 dias).

As plântulas possuem coleóptilo lanceolado, agudo, glabro com pigmentação violácea. Folhas com bainha comprimida, carenada, estriada, glabra ou pilosa no ápice e nas margens, com pigmentação violácea. Lígula membranácea com uma 'cortina' de curtos pêlos alvotranslúcidos. Lâmina linear, aguda, estriada, glabra, de coloração verde intensa, canaliculada na face dorsal. Arrancando-se as plântulas com cuidado, encontram-se, geralmente, os involúculos espinhosos (bardanas) em suas bases, o que facilita a identificação (KISSMANN, 1997).

Importância / Problemática

O capim-carrapicho é uma planta herbácea, considerada como muito abundante e altamente nociva, tendo sido classificada entre as seis gramíneas de ciclo anual mais prejudiciais no Brasil (BLANCO, 1975). Pode ser encontrada em 18 culturas em 35 países (HOLM, PLUCONETT e PANCHO, 1977). No Brasil, é citada por muitos autores como infestante nas culturas de algodão, mamona, amendoim, citros, feijão, mandioca, soja, cana-

de-açúcar, menta, cebola e tomate, como também nas pastagens (ARÉVALO e CAMARGO, 1980; HOLM, PLUCONETT e PANCHO, 1977).

É uma das Poaceas de maior importância como infestante no Brasil. Além de ser altamente competitiva com culturas anuais, promove prejuízos econômicos sobre a qualidade do produto colhido, principalmente na cultura do algodão, onde suas frutificações se prendem aos capulhos desvalorizando o produto (SALGADO et al., 2002; LORENZI, 2000; KISSMANN, 1997). Devido ao alto teor de sílica das espiguetas, há comprometimento das máquinas beneficiadoras, desgastando os dentes das serras e prejudicando a resistência das fibras (SALGADO et al., 2002). Em áreas densamente infestadas, a colheita é dificultada devido aos ferimentos causados aos braços e mãos dos trabalhadores (LORENZI, 2000; KISSMANN, 1997).

O capim-carrapicho tem habilidade para dispersão durante todos os meses do ano (PACHECO e DE MARINIS, 1974) com capacidade reprodutiva aparente muito maior na época quente e úmida, sendo, portanto, uma espécie de dispersão predominantemente estival (PACHECO e DE MARINIS, 1976).

As espécies desse gênero também podem servir como boas forrageiras quando jovens, porém a partir da frutificação tornam-se impróprias para a alimentação animal. Neste sentido, também podem comprometer lotes de feno (PITELLI e PITELLI, 2004). Na medicina Zulu (África), é muito utilizada uma espécie do mesmo gênero (*C. ciliaris*), para o tratamento de distúrbios menstruais e infecções, principalmente urinária (LIGHT et al., 2002).

2.2. Análises de Crescimento de Plantas

A análise quantitativa do crescimento é a parte da fisiologia vegetal em que se utilizam modelos e fórmulas matemáticas para a avaliação de índices de crescimento, muitos deles relacionados à atividade fotossintética (REIS e MILLER, 1979). Neste sentido, a área foliar e a massa de matéria seca são variáveis básicas nos estudos de crescimento vegetal, que devem ser obtidas em intervalos regulares de tempo (RADFORD, 1967; BENINCASA, 2004). Sobre esse mesmo assunto, Benincasa (2004) também comenta que o uso de análises de crescimento ainda é um dos meios mais simples e precisos para inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos para o crescimento vegetal, tornando possível o conhecimento da

cinética de produção de biomassa das plantas, sua distribuição e eficiência ao longo da ontogenia.

Neste sentido, a distribuição proporcional da matéria seca nas diferentes partes constituintes das plantas se deve ao processo fisiológico da translocação de fotoassimilados ao longo do ciclo de desenvolvimento das espécies (AGUILERA et al., 2004). A análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise, de produção primária, caracterizando-se, portanto, como o elo entre o simples registro de rendimento das culturas e a análise deste por meios fisiológicos. Por meio dessa análise podem-se conhecer adaptações ecológicas das plantas a novos ambientes, a competição intraespecífica, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos (RODRIGUES, PITELLI e BELLINGIERI, 1995). Estudos de crescimento de plantas têm sido frequentemente utilizados para o conhecimento da ecologia de diferentes espécies e para análise comparativa entre espécies daninhas e culturas (DUNAN e ZIMDAHL, 1991; CHRISTOFFOLETI, WEDTRA, MOORE, 1997; CHRISTOFFOLETI, 2001).

Sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas, pode-se dizer que esses fornecem informações sobre os diferentes estádios fenológicos e padrões de crescimento vegetal. Estes resultados permitem a análise do comportamento das plantas perante os fatores ecológicos, bem como sua ação sobre o ambiente, principalmente quanto a sua interferência sobre outras plantas, o que pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas de manejo integrado de plantas daninhas (LUCCHESI, 1984; BIANCO et al., 1995). Nesse sentido, estudos sobre o comportamento e crescimento de plantas daninhas fornecem informações sobre padrões de crescimento vegetal (BIANCO et al., 1995). A Weed Science Society of America (WSSA) ressaltou que o conhecimento sólido sobre a biologia das plantas daninhas é a base para seu efetivo manejo, por meio de sistemas de manejo integrado (OLIVER, 1997). Radosevich; Holt; Ghera, (1997) afirmam que a produção de matéria seca e o acúmulo da área foliar são reconhecidos como processos básicos no crescimento vegetal.

A habilidade de predição de estádios fenológicos, como florescimento, desenvolvimento e dispersão de sementes de plantas daninhas, pode auxiliar no desenvolvimento das práticas de manejo (AGUILERA et al., 2004). Ainda, as características de crescimento de determinada espécie, como o crescimento da área foliar, oferecem um indicador de sua habilidade competitiva (CARVALHO et al., 2005). As taxas de crescimento podem refletir a habilidade e a hierarquia competitiva das espécies na comunidade vegetal

(ROUSH e RADOSEVICH, 1985), a magnitude da taxa de crescimento relativo (TCR) e o tipo de ambiente de origem das plantas daninhas (GRIME e HUNT, 1975).

É importante o estudo do comportamento biológico/ecológico das espécies daninhas, a fim de traçar estratégias de manejo para elas. Vários fatores influenciam a probabilidade de infestação de uma área, como adaptabilidade ecológica e prolificidade de indivíduos, longevidade e dormência das sementes e de outros propágulos, frequência na utilização de herbicidas de único mecanismo de ação e sua persistência, eficácia do herbicida e métodos adicionais empregados no controle das espécies daninhas (GRESSEL e SEGEL, 1990).

2.3. Fenologia

A fenologia pode ser definida como o estudo da ocorrência de eventos vegetativos e reprodutivos das plantas no decorrer do ano, bem como das relações com fatores ambientais e bióticos (LIETH e SCHULZ, 1976). Entre os fatores ambientais, os climáticos possuem geralmente relações próximas com os eventos fenológicos, permitindo estabelecer padrões preliminares para uma população revelando aspectos importantes sobre a dinâmica dos ecossistemas (MORELLATO e LEITÃO FILHO, 1992; MARQUES, ROPER e SALVALAGGIO, 2004).

Em estudos de Marques et al. (2004) e Marques e Oliveira (2004), realizados no sul do Brasil, demonstraram maior correlação entre os eventos fenológicos e os fatores de temperatura e comprimento do dia do que com a precipitação, devido à maior amplitude anual daquelas variáveis em regiões subtropicais. Segundo Borchert (1999), a sazonalidade das chuvas com um período seco prolongado é o determinante climático primário da fenologia foliar. A forte sazonalidade do Cerrado, com verões chuvosos e invernos secos, vem sendo alvo de investigações sobre o padrão da fenodinâmica exibido por espécies vegetais individuais e para grupos de espécies congênicas de porte arbóreo-arbustivo (MADEIRA e FERNADEZ, 1999).

Oliveira (1998), estudando a biologia reprodutiva do cerrado, concluiu que os padrões fenológicos de plantas lenhosas parecem ser independentes das restrições sazonais, pelo menos no caso dos processos reprodutivos. Felfili et al. (1999) encontraram correlação positiva entre a precipitação e todos os eventos fenológicos estudados em *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov., uma espécie arbórea de cerrado. A fenologia das ervas graminóides

das savanas tropicais é analisada como uma adaptação à sazonalidade desses ecossistemas (SARMIENTO, 1984). Para as plantas do estrato herbáceo-subarbustivo, que possuem sistemas subterrâneos superficiais e, portanto, sofrem restrições hídricas, a seca afeta sua fenologia (MANTOVANI e MARTINS, 1988; BATALHA et al., 1997; BATALHA e MANTOVANI, 2000). Esses estudos mostraram que há acentuada diminuição na floração na estação seca, especialmente nos meses de junho a agosto, e concentração de espécies florescendo na estação chuvosa, com pico ocorrendo nos meses de janeiro a abril.

Estudos fenológicos são muito importantes para a compreensão da dinâmica das comunidades vegetais, contribuindo para o entendimento da regeneração e reprodução das espécies, da organização temporal dos recursos dentro das comunidades, das interações e da coevolução entre plantas e animais (TALORA e MORELLATO, 2000). Um dos maiores desafios dos estudos dessa natureza nos trópicos é a grande diversidade e heterogeneidade ambiental encontradas nessas regiões (RAMIREZ, 2002). A competição entre a demanda de recursos para investimentos em estruturas vegetativas e reprodutivas pode influenciar o ciclo de vida das espécies de uma comunidade vegetal (SARMIENTO e MONASTERIO, 1983). O entendimento das formas de vida das espécies do estrato herbáceo-subarbustivo do cerrado e suas manifestações fenológicas estão condicionados à produção de conhecimento sobre a distribuição espacial e temporal das espécies e suas relações com os fatores ambientais. Faltam dados quantitativos sobre a representatividade das espécies ao longo do ano em função das formas de vida da comunidade e das suas manifestações fenológicas.

Embora cada classe de hábito apresente, sob as mesmas condições climáticas, padrões fenológicos semelhantes (CROAT, 1975; RAMIREZ, 2002), as estratégias de crescimento e reprodução não parecem ter o mesmo sucesso no mosaico de condições ambientais que o Cerrado apresenta (OLIVEIRA, 1998). Variações ambientais que impliquem em mudanças na composição florística e estrutura das comunidades devem ser consideradas como importantes forças seletivas que promovem a diversidade de estratégias fenológicas (SARMIENTO, 1983; OLIVEIRA, 1998; RAMIREZ, 2002).

2.4. Unidades Térmicas (Graus-dia)

Em função dos eventos que podem ocorrer ao longo do desenvolvimento vegetal, tem-se a necessidade de adoção de escalas numéricas que estabeleçam níveis para este período. Tradicionalmente, tem-se utilizado dias como contagem de tempo do ciclo, contudo trata-se de uma variável muito sujeita a interferências ambientais que, indiretamente, também se expressam na fenologia.

O ciclo das culturas, usualmente expresso em unidade de tempo, pode ser contabilizado em unidades de calor que possibilitem o desenvolvimento (OMETTO, 1981). Assim, soma térmica por um período determinado, expressa em graus-dia, é o acúmulo da temperatura média diária subtraindo-se a temperatura-base, acima da qual a planta consegue desempenhar suas funções fisiológicas.

Uma maneira eficiente de estudar o desenvolvimento dos frutos em função da temperatura é relacioná-lo ao acúmulo de calor, expresso em graus-dia (GD), o qual tem sido usado para estimar a quantidade de calor exigida para o crescimento e a maturação dos frutos (VILLA NOVA et al., 1972). Graus-dia ou constantes térmicas têm sido utilizados para determinar, em diversas condições ambientais, o tempo necessário entre o florescimento e a maturação do fruto, ou qualquer fase fenológica, nas diversas espécies (VOLPE, SCHOFFEL, BARBOSA, 2002).

Diversos autores utilizaram a soma de graus-dia para relacionar o desenvolvimento das plantas com a temperatura ambiente (ALVES et al., 2000; WUTKE et al., 2000; PAULA et al., 2005). Segundo Coelho e Dale (1980), a temperatura afeta o desenvolvimento da planta em vários processos como: crescimento da raiz, absorção de água e nutrientes, respiração, metabolismo, fotossíntese, translocação de fotossintetizados, entre outros. O acúmulo térmico (graus-dia) é uma estimativa aproximada usada para definir a resposta do desenvolvimento da planta em relação à temperatura. O uso dessas unidades tem aumentado muito na programação de semeadura, de colheita e para antever a taxa de crescimento da planta (SINGH, GILLEY e SPLINTER, 1976).

Vários são os métodos para estimar a soma térmica. A diferença entre eles é devido não somente à seleção das temperaturas máxima e mínima, mas também quanto a equação estabelecida. A maioria dos métodos assume que o crescimento e o desenvolvimento da planta em relação à temperatura é linear. A validade e a superioridade de cada método tem

sido testada por vários autores, com dados de campo (GILMORE e ROGERS, 1958; CROSS e ZUBER, 1972; COELHO e DALE, 1980).

Há um intervalo ótimo de temperatura (ΔT), onde ocorre a taxa máxima de desenvolvimento (WARRINGTON e KANEMASU, 1983; ELLIS et al., 1992b) e uma temperatura (T_b) adequada, abaixo da qual o crescimento da planta decresce acentuadamente. Os primeiros autores que descreveram as unidades térmicas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura do milho foram Gilmore e Rogers (1958). A partir desta data foram desenvolvidos numerosos métodos com diferentes T_b e ΔT para computarem-se as unidades térmicas. Vários trabalhos mostraram que a utilização de graus-dia para prever a data de colheita é viável e com potencial para aplicação operacional (PERRY et al., 1993).

Plantas que correspondem aos graus-dia admitem uma relação linear entre acréscimo de temperatura e o desenvolvimento vegetal (GADIOLI et al., 2000). Nesse método cada espécie vegetal ou variedade possui uma temperatura base, que pode variar em função da idade ou da fase fenológica da planta. É comum adotar uma única temperatura base para todo o ciclo da planta por ser mais fácil a sua aplicação (PRETT, 1992). Assim sendo, torna-se possível o uso de modelos matemáticos e rotinas de simulação que utilizem o conceito de graus dia acumulados (MEDEIROS et al., 2000).

O conceito de tempo termal, em substituição ao da contagem cronológica, tem sido utilizado desde 1730 (WANG, 1960). Segundo este conceito, as plantas desenvolvem-se à medida que se acumulam unidades térmicas acima de uma temperatura base, ao passo que abaixo dessa temperatura o crescimento cessa. Através do acúmulo térmico, também conhecido como graus-dia, têm-se obtido ótimas correlações com a duração do ciclo da cultura, ou com os estádios do desenvolvimento fenológico de uma dada cultivar. Por este motivo, modelos matemáticos de crescimento do feijoeiro (GUTIERREZ et al., 1994; HOOGENBOOM et al., 1994), perda de água, de solo e de nutrientes (WILLIAMS et al., 1989; LAFLEN et al., 1991) e consumo de água, incorporam rotinas de simulação de crescimento da cultura, utilizando-se o conceito de graus-dia acumulados .

Em algumas culturas o consumo de água também tem sido estimado a partir de relações entre o coeficiente de cultura (K_c) ou coeficiente de cultura basal (K_{cb}) a graus-dia acumulados, como verificado para a alfafa, sorgo, algodão, milho e feijão (SAMMIS et al., 1985; STEGMAN, 1988; AMOS, STONE e BARK 1989; SEPASKHAH e ILAMPOUR, 1995; NIELSEN e HINKLE, 1996). Outros autores relacionaram o coeficiente de cultura do

feijoeiro a parâmetros de crescimento da planta, como o índice de área foliar, os quais são simulados em modelos matemáticos de crescimento por meio da quantificação do somatório de graus-dia (HOOGENBOOM et al., 1994). Estas abordagens são formas de se levar em consideração o efeito da temperatura, e outros fatores ambientais, no desempenho da cultura e na sua variação de ano para ano.

O método mais satisfatório para determinar as etapas de desenvolvimento da cultura leva em consideração as exigências calóricas ou térmicas, designadas como unidades calóricas ($^{\circ}\text{C}$), unidades térmicas de desenvolvimento (U.T.D.) ou graus-dia (GD) (FANCELLI e DOURADO-NETO, 1997).

Este conceito não é diferente para as plantas daninhas, contudo são poucos os estudos que avaliaram o desenvolvimento destas espécies com base em graus-dia acumulados. A predição de diferentes aspectos fenológicos de culturas, plantas daninhas e outras pragas com equações térmicas simples tende a ser uma excelente ferramenta para fornecer soluções práticas para problemas culturais (GHERSA e HOLT, 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi composto por duas etapas, em dois semestres consecutivos, desenvolvidos em viveiro experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Câmpus Machado – MG (21° 40' S; 45° 55' W; 850 m de altitude). A primeira fase do experimento foi realizada entre fevereiro e maio de 2012 (fotoperíodo decrescente). A segunda fase foi desenvolvida entre agosto e novembro do mesmo ano (fotoperíodo crescente). Em cada experimento, foram avaliados o crescimento e desenvolvimento inicial do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) em condição de verão/outono (primeiro) e inverno/primavera (segundo).

Os propágulos de *C. echinatus* foram coletados em áreas agrícolas e não-agrícolas do município de Machado – MG. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente até o início da instalação do trabalho. As temperaturas máximas e mínimas diárias referentes ao período de desenvolvimento do experimento foram obtidas junto à estação meteorológica instalada no câmpus Machado e disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 1).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com doze tratamentos (datas de semeadura) e cinco repetições. Durante cada semestre, foram realizadas seis semeaduras de *C. echinatus* concluindo-se o experimento no prazo de um ano. Na primeira fase (fotoperíodo decrescente), foram realizadas seis semeaduras, espaçadas entre si em uma semana, (2012): 16/02, 23/02, 01/03, 08/03, 15/03 e 22/03. Na segunda fase (fotoperíodo crescente), também puderam ser realizadas seis semeaduras, espaçadas entre si em uma semana, (2012): 03/08, 10/08, 17/08, 24/08, 31/08 e 07/09. As semeaduras foram realizadas distribuindo-se 80 propágulos diretamente nas parcelas experimentais. Após emergência, os vasos foram desbastados, mantendo-se densidade final de quatro plantas por parcela. As plantas foram desenvolvidas em vasos com capacidade para 4 L, preenchidos com substrato comercial (Carolina II[®]), acrescentando-se, por parcela, 30 g de NPK 04:14:08 (N, P₂O₅, K₂O) e 12 g de sulfato de amônio. Os vasos foram irrigados sempre que necessário, sem a deficiência hídrica.

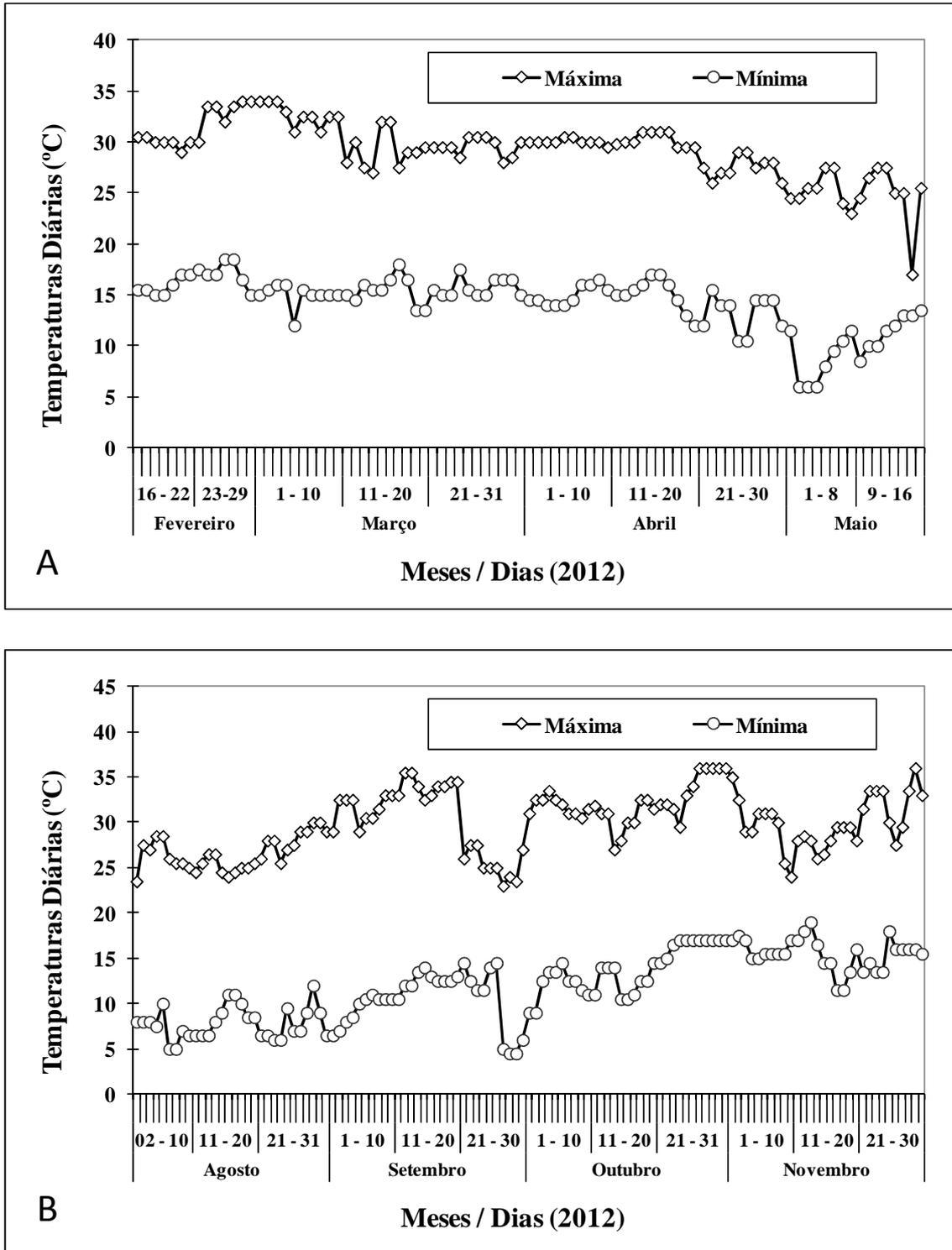


Figura 1. Temperaturas máximas e mínimas diárias para o período e local de desenvolvimento do experimento. A – Primeiro semestre de 2012; B – Segundo semestre de 2012. Machado, 2012.

No instante da emergência das plântulas de cada parcela, iniciou-se a avaliação fenológica das mesmas, em dias alternados, utilizando-se a escala proposta por Hess et al. (1997). Para cada parcela, considerou-se determinado estágio fenológico quando este foi reconhecido em três das quatro plantas presentes na parcela. As avaliações fenológicas foram realizadas até a data da colheita das parcelas. Para cada data de semeadura, de forma independente, realizou-se a colheita de todo o material vegetal presente nos vasos quando se detectou início do florescimento das plantas, estágio 60, considerando-se este estágio presente em ao menos três das cinco repetições.

No momento da colheita, para cada data de semeadura, todas as repetições foram lavadas em água corrente, para a retirada do substrato remanescente nas raízes e, em seguida, o material amostrado foi secado em estufa a 70°C por 72h. Após secagem, foi mensurada a massa seca total de cada parcela. Os dados de massa foram analisados por meio da aplicação do teste F na análise da variância, seguido de teste de Scott-Knott (1974), ambos com 5% de significância.

Para cálculo das unidades térmicas diárias, foi utilizada a equação de Gilmore Jr. & Rogers (1958):

$$GD = \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - T_b$$

Em que: T_{\max} é a temperatura máxima diária; T_{\min} é a temperatura mínima diária; e T_b diz respeito à temperatura basal do capim-carrapicho, temperatura abaixo da qual o crescimento é nulo.

Foram utilizadas cinco temperaturas (5, 8, 10, 12 e 15°C), além da ausência, para estimativa da temperatura basal ideal do capim-carrapicho. A variância dos dados, desvio padrão e amplitude foram utilizados como estimadores para definição de T_b . Após esta definição, os dados fenológicos do capim-carrapicho foram ajustados às unidades térmicas acumuladas por meio do modelo de regressão linear $y = ax$, em que y diz respeito ao desenvolvimento do capim-carrapicho segundo escala fenológica (Hess et al., 1997), x é referente às unidades térmicas acumuladas e a é parâmetro do modelo. Na prática, o parâmetro a desta equação pode ser entendido como o percentual de unidades calóricas ambientais efetivamente convertidas em unidades de fenologia vegetal, permitindo estimativa da velocidade de desenvolvimento das plantas em determinada época do ano ou data de semeadura.

4. Resultados e Discussão

Por ocasião do florescimento do capim-carrapicho, detectou-se diferença no acúmulo total e massa de matéria seca entre as datas de semeadura (Figura 2). Neste sentido, optou-se por apresentar os dados na forma gráfica, pois possibilita melhor visualização da parábola que foi formada. Notadamente, as plantas que foram semeadas em início de fevereiro e em setembro de 2012 acumularam mais massa seca que todas as demais, com valores superiores a 60 g parcela⁻¹. No primeiro semestre (fotoperíodo decrescente), à medida que as semeaduras foram atrasadas em relação à 16/02, menor foi a produção final de biomassa. De forma inversa, no segundo semestre de 2012, à medida que as semeaduras foram atrasadas em relação a 03/08, sistematicamente, maiores foram as produções de biomassa (Figura 2). Com estes dados, sugere-se significativa influência da temperatura e, potencialmente, do fotoperíodo para acúmulo final de biomassa por plantas de capim-carrapicho.

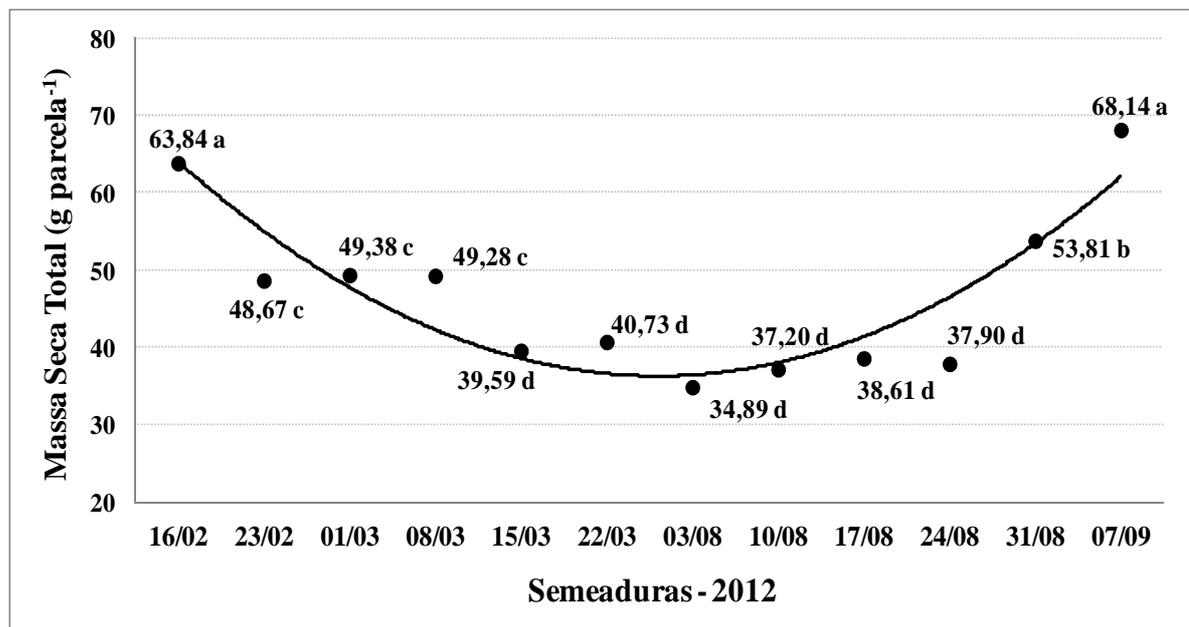


Figura 2. Massa seca total do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), após florescimento, quando desenvolvido em doze datas de semeadura. Machado – MG, 2012

Da mesma forma, o número de dias necessários para florescimento do capim-carrapicho também foi variável entre as datas de semeadura (Tabela 1). O florescimento mais precoce (46 dias após semeadura - DAS) ocorreu para semeaduras realizadas em 23/02 e 01/03. Por sua vez, o florescimento mais tardio, ocorrido aos 67 DAS, foi identificado para semeadura realizada no inverno (03/08), caracterizando amplitude máxima total de 21 dias. A análise simultânea da Figura 2 e Tabela 1 caracteriza preferência do capim-carrapicho pelo período de verão (dias mais longos para crescer e dias curtos para florescer), em que foi produzida biomassa em abundância, com florescimento precoce (48 DAS).

Tabela 1. Dias e unidades térmicas acumuladas entre a semeadura e o florescimento do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), em doze datas de semeadura, considerando-se cinco temperaturas basais (Tb) ou a ausência desta. Machado – MG, 2012

Fotoperíodo	Semeaduras	Nº Dias	Graus Dias Acumulados					
			Tb 0°C	Tb 5°C	Tb 8°C	Tb 10°C	Tb 12°C	Tb 15°C
Decrescente	16/02/2012	48	1134,8	889,8	742,8	644,8	546,8	399,8
	23/02/2012	46	1088,3	853,3	712,3	618,3	524,3	383,3
	01/03/2012	46	1074,7	839,7	698,7	604,7	510,7	369,7
	08/03/2012	49	1095,4	850,4	703,4	605,4	507,4	360,4
	15/03/2012	50	1105,2	850,2	697,2	595,2	493,2	340,2
	22/03/2012	55	1162,2	882,2	714,2	602,2	490,2	322,2
Crescente	03/08/2012	67	1289,8	954,8	753,8	619,8	485,8	284,8
	10/08/2012	64	1256,4	936,4	744,4	616,4	488,4	296,4
	17/08/2012	60	1203,4	903,4	723,4	603,4	483,4	303,4
	24/08/2012	60	1239,4	939,4	759,4	639,4	519,4	339,4
	31/08/2012	60	1287,9	987,9	807,9	687,9	567,9	387,9
	07/09/2012	60	1323,9	1023,9	843,9	723,9	603,9	423,9
Variância		54,1	8010,6	3558,6	2051,7	1532,3	1401,0	1931,7
Desvio Padrão		7,4	89,5	59,7	45,3	39,1	37,4	44,0
Amplitude		21	249,3	184,3	146,8	128,8	120,5	139,2

Pacheco e De Marinis (1984), estudando diferentes populações semeadas de *C. echinatus*, observaram intervalos de florescimento entre 60 e 150 DAS; valores estes divergentes aos encontrados neste trabalho. Para tanto, vale ressaltar que, dentre os fatores ecológicos, o efeito da temperatura é proeminente e pode influenciar o crescimento e a produtividade das diferentes espécies de plantas (MCLANCHLAN et al., 1993; GUO e AL-KHATIB, 2003); contudo, o efeito do fotoperíodo pode ser determinante para estimular ou retardar o florescimento das plantas.

Na Tabela 1, estão apresentados os graus dia acumulados até florescimento, calculados para todas as datas de semeadura, considerando-se diferentes temperaturas basais (Tb). Notadamente, entre as datas de semeadura, menor valor de variância, desvio padrão e amplitude foram obtidos quando se adotou Tb de 12°C. Adicionalmente, foi realizada regressão polinomial de segundo grau entre as medidas de dispersão dos dados e as diferentes Tbs (Tabela 2). De posse das equações, o ponto mínimo das parábolas foi obtido igualando-se a primeira derivada da equação a zero e, na média, confirmou Tb ideal para o capim-carrapicho em 12°C.

Na literatura, usualmente são considerados valores de Tb = 0°C para plantas daninhas e culturas de clima temperado, tais como cevada (*Hordeum vulgare*) e trigo (*Triticum aestivum*) (CAO e MOSS, 1989; KIRKBY, 1995; SHIRTLIFFE, ENTZ e VAN ACKER, 2000; BALL, FROST, GITELMAN, 2004). Já no caso do girassol (*Helianthus annuus*), Granier e Tardieu (1998) encontraram temperaturas basais da ordem de 4,8 °C. Para o caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus*), espécie com ciclo fotossintético do tipo C4, Gramig e Stoltenberg (2007) registraram Tb = 8,5. Temperaturas basais da ordem de 10°C têm sido registradas para o feijoeiro (KISH e OGLE, 1980; MEDEIROS et al., 2000), para a cultura do milho (GADIOLI et al., 2000) e para a forrageira *Panicum virgatum* (SANDERSON e WOLF, 1995). Por último, Villa Nova et al. (1999) utilizaram Tb = 15°C para o capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum*), e Vasconcelos et al. (2012) obtiveram Tb = 15°C para o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), notadamente plantas da família Poaceae de clima tropical. Assim sendo, considerando-se o porte e rusticidade do capim-carrapicho, ciclo fotossintético do tipo C4 e classificação como planta daninha anual de verão, julga-se como adequada a atribuição de Tb = 12°C.

Tabela 2. Ajuste da variância, desvio padrão e amplitude em função das diferentes temperaturas basais utilizadas para cálculo das unidades térmicas, coeficiente de determinação e ponto mínimo da parábola. Machado – MG, 2012

Parâmetro	Regressão Polinomial	R ²	Ponto Mínimo ¹
Variância	$y = 48,51x^2 - 1133x + 8010,6$	> 0,9999	11,6768
Desvio Padrão	$y = 0,3525x^2 - 8,4979 + 90,529$	0,9909	12,0538
Amplitude	$y = 0,7757x^2 - 19,651x + 253,08$	0,9780	12,6666
		Média	12,1324

¹Ponto mínimo obtido igualando-se a primeira derivada da equação a zero.

A habilidade de predição de estádios fenológicos, tais como florescimento, desenvolvimento e dispersão de sementes de plantas daninhas pode auxiliar no desenvolvimento das práticas de manejo (GHERSA e HOLT, 1995). Ainda, as características de crescimento de determinada espécie oferecem um indicador de sua habilidade competitiva (HOLT e ORKUTT, 1991). Para tanto, ajustou-se o desenvolvimento fenológico total do capim-carrapicho (HESS et al., 1997) às unidades térmicas acumuladas, considerando-se o somatório de sementeiras, com $T_b = 12^\circ\text{C}$ (Figura 3).

Foi obtida a equação $y = 0,0993x$, com coeficiente de determinação superior a 90% e, em média, obteve-se florescimento da espécie com 518 graus dia. Com base nestes dados, pode-se concluir que, a cada 100 graus dia acumulados, tem-se avanço fenológico médio de 10 unidades da escala BBCH (HESS et al., 1997).

Também utilizando o modelo linear, calculou-se o parâmetro a , de forma independente, para cada data de sementeira (Figura 4).

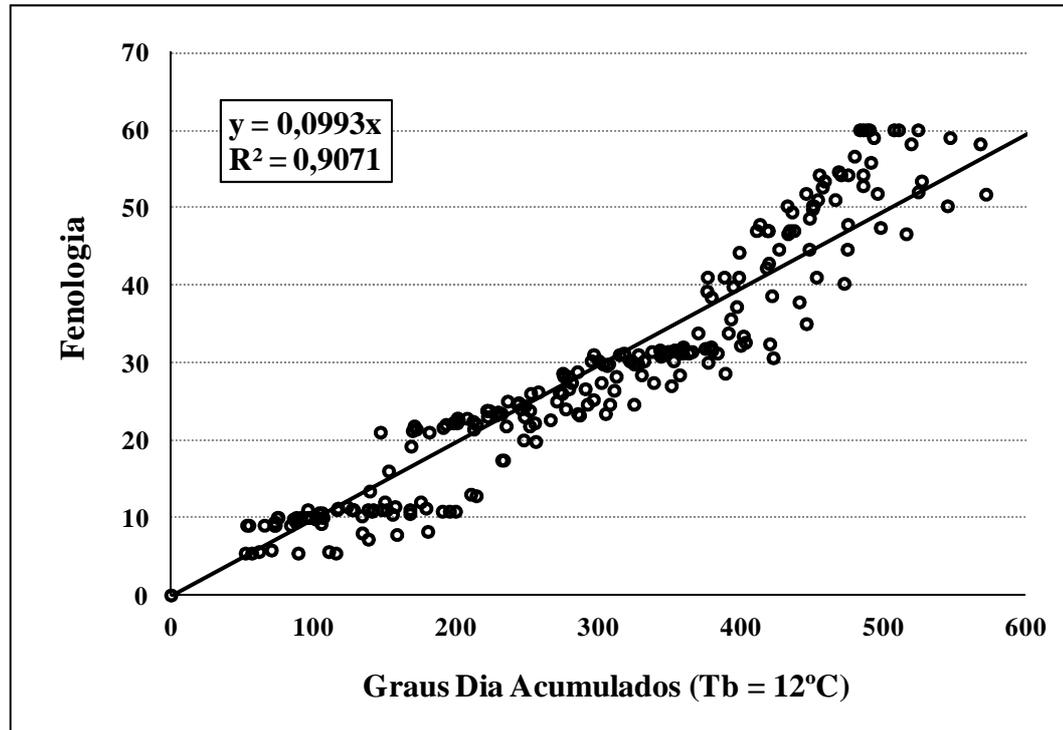


Figura 3. Ajuste do desenvolvimento fenológico do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) aos graus dia acumulados, considerando-se temperatura basal de 12°C. Machado – MG, 2012

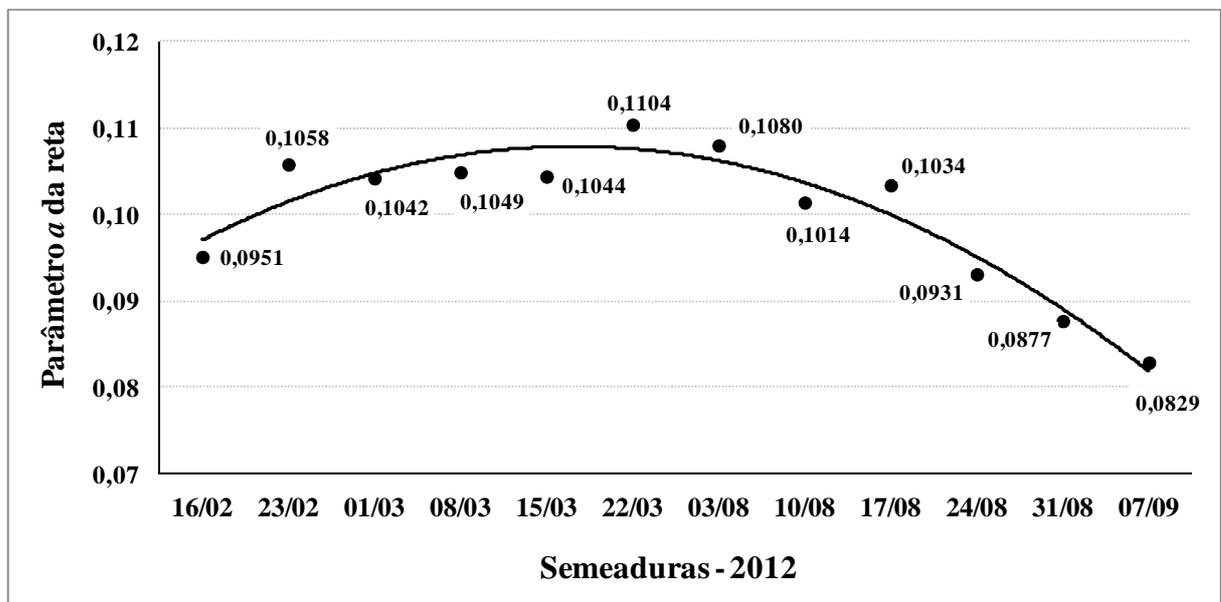


Figura 4. Parâmetro a do modelo linear ($y = ax$) para ajuste do desenvolvimento fenológico do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) a unidades térmicas acumuladas ($T_b = 12^\circ\text{C}$), considerando-se doze datas de semeadura. Machado – MG, 2012

Neste caso, os dados também foram apresentados em forma gráfica para facilitar a visualização da parábola formada, em que maiores valores de a foram obtidos em período mais próximo ao inverno (dias curtos). Menores valores de a foram identificados no início de fevereiro e para a semeadura realizada em setembro. Todas as equações obtiveram coeficientes de determinação superiores a 90%, porém dentre as doze datas de semeadura, somente oito foram semelhantes ao modelo geral (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente de determinação (R^2), teste F aplicado ao modelo ($y = ax$) e intervalo de confiança do parâmetro a relativo ao ajuste do desenvolvimento fenológico do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) a unidades térmicas acumuladas ($T_b = 12^\circ\text{C}$), considerando-se o somatório geral e doze datas de semeadura. Machado – MG, 2012

Semeadura	R^2	F	Intervalo de Confiança de a (5%)	
			Ponto Mínimo	Ponto Máximo
Geral	0,9071	11162,120**	0,0974	0,1011
16/02	0,9434	1491,282**	0,0899	0,1003
23/02	0,9639	1892,102**	0,1007	0,1109
01/03	0,9516	1356,574**	0,0982	0,1102
08/03	0,9601	1792,835**	0,0997	0,1101
15/03	0,9518	1566,445**	0,0989	0,1099
22/03	0,9597	2292,963**	0,1056	0,1152
03/08	0,9620	2109,550**	0,1031	0,1129
10/08	0,9397	1310,740**	0,0955	0,1072
17/08	0,9345	1247,466**	0,0973	0,1095
24/08	0,9288	1143,068**	0,0873	0,0988
31/08	0,9433	1278,697**	0,0826	0,0928
07/09	0,9310	962,941**	0,0773	0,0885

**Teste F significativo a 1% de probabilidade.

Neste caso, a comparação dos modelos foi feita por meio da análise da sobreposição do intervalo de confiança (CARVALHO e CHRISTOFFOLETI, 2007). A análise global dos dados permite assumir que a temperatura, por meio dos graus dia acumulados ($T_b = 12^\circ\text{C}$) pode ser utilizada como estimador da fenologia do capim-carrapicho, contudo fica claro que outras variáveis ambientais também influenciam no desenvolvimento da espécie podendo, potencialmente, complementar o modelo matemático. O fluxo e duração da radiação fotossinteticamente ativa, a disponibilidade de nutrientes e água, a perda de tecido fotossintético e, sem dúvida, o fotoperíodo também podem afetar o crescimento e desenvolvimento vegetal (RUSSELLE et al., 1984; GRAMIG e STOLTENBERG, 2007).

Neste ponto, vale a pena ressaltar que crescer é diferente de desenvolver. Enquanto crescer pode ser entendido como aumento irreversível de massa e volume, desenvolver diz respeito à alternância entre sucessivos estádios fisiológicos, com expressão sobre a fenologia da planta. Assim sendo, ao menos em teoria, uma planta é capaz de crescer sem, necessariamente, desenvolver e vice-versa. A conformação das parábolas antagonistas registradas nas Figuras 2 e 4 deixa claro o comportamento distinto das plantas para o binômio crescimento-desenvolvimento quando reconhecem determinada época do ano.

Por exemplo, para a semeadura realizada em 07/09, obteve-se a maior massa seca ($68,14 \text{ g parcela}^{-1}$; Figura 2) e, por outro lado, o menor parâmetro a (Figura 4). Assim sendo, fica clara a capacidade da espécie em reconhecer e ser influenciada pelas condições ambientais em que está inserida. A semeadura ocorreu em data próxima à primavera, de modo que houve maior disponibilidade de radiação, fotoperíodo crescente e calor por sucessivos dias. Nesta situação, o desenvolvimento fenológico ocorre mais lentamente (menor a), enquanto a planta permite que maior rendimento calórico seja direcionado ao acúmulo de massa e estabelecimento no ambiente (maior crescimento) para, posteriormente, iniciar florescimento (60 dias; Tabela 1) e produção de sementes. Em resumo, pode-se assumir que houve maior investimento vegetal em crescer e menor investimento em desenvolver.

Por outro lado, quando se consideram semeaduras em 22/03 ou 03/08, observou-se comportamento oposto da espécie. Nestes casos, foi obtido maior a (Figura 4) e baixa produção de matéria seca (Figura 2). Possivelmente, as plantas reconheceram os dias mais frios (Figura 1), ou o fotoperíodo desfavorável (dias curtos), como adversidades ambientais e passaram a direcionar maior parte da soma calórica ao desenvolvimento fenológico. Nesta condição, assume-se maior interesse da espécie em desenvolver e produzir sementes e menor

interesse em crescer. Ressalta-se, assim, notório conhecimento da fisiologia vegetal em que estresses ambientais são fatores estimulantes ao florescimento.

Esta discussão pode ser ratificada considerando-se os graus dia necessários para obtenção de florescimento ($T_b = 12^{\circ}\text{C}$) em cada data de semeadura (Tabela 1), também em conformação de parábola, em conformidade com os dados de massa seca (Figura 1). Em condições ambientais mais favoráveis (semeadura em 16/02 e 07/09), as plantas demandam mais graus dia para alcançar florescimento, visto que maior percentual de energia é destinado ao crescimento e acúmulo de massa seca. Potencialmente, tem-se um binômio fisiológico crescer-desenvolver, que por vezes é equilibrado, no entanto maior investimento em um evento retarda o progresso do outro e vice-versa. A mesma distribuição dos dados não é reconhecida para a contagem de dias, visto ser esta variável menos adequada para estimativa do desenvolvimento vegetal. Ghera e Holt (1995) destacam que plantas daninhas e culturas possuem elevado grau de plasticidade fenotípica, de modo que plantas com o mesmo genótipo, no mesmo estágio de crescimento, podem apresentar diferente morfologia, dependendo do histórico ambiental de cada indivíduo durante o crescimento.

5. Conclusão

Conclui-se que a fenologia do capim-carrapicho pode ser prevista por meio de modelos matemáticos, como a equação $y = 0,0993x$ que tem coeficiente de determinação superior a 90% e, em média, obteve-se florescimento da espécie com 518 graus dia. Essa equação utiliza unidades térmicas acumuladas, adotando-se temperatura basal de 12 °C, contudo ressalta-se que outras variáveis ambientais também interferem no desenvolvimento da espécie, com potencial destaque para o fotoperíodo.

Com base nestes dados, pode-se concluir que, a cada 100 graus dia acumulados, tem-se avanço fenológico médio de 10 unidades da escala BBCH.

6. REFERÊNCIAS

- AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004.
- ALVES, V. C.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; SENTELHAS, P. C.; AZZINI, L. E. Exigências térmicas do arroz irrigado “IAC 4440”. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.2, p.171-174, 2000.
- AMOS, B.; STONE, L.R.; BARK, L.D. Fraction of thermal units as the base for an evapotranspiration crop coefficient curve for corn. **Agronomy Journal**, v.81, n.5, p.713-716, 1989.
- ARANHA, C.; LEITAO, H. F.; YALN, C. A. **Sistemática de plantas invasoras**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1988. p.17.
- ARÉVALO, R. A.; CAMARGO, P. N. O controle das principais invasoras da cana. **A Granja**, v.36, n.393, p.46-59, 1980.
- BALL, D.A.; FROST, S.M.; GITELMAN, A.I. Predicting timing of downy brome (*Bromus tectorum*) seed production using growing degree days. **Weed Science**, v.52, n.4, p.518-524, 2004.
- BATALHA, M. A.; ARAGAKI, S.; MANTOVANI, W. Variações fenológicas das espécies do Cerrado em Emas (Pirassununga, SP). **Acta Botanica Brasilica**, v.11, n.1 p. 61-78, 1997.
- BATALHA, M. A.; MANTOVANI, W. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparasion between herbaceous and Wood floras. **Revista Brasileira de Biologia**, v.60, n.1, p.129-145, 2000.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2004. 42p.
- BIANCO, S. Estimativa da área foliar de plantas daninhas. XIII – *Amaranthus retroflexus* L. **Ecossistema**, v. 20, n. 1, p. 5-9, 1995.

BLANCO, H. G. Catálogo de mato infestante de áreas cultivadas no Brasil – Gramíneas de ciclo anual. **O Biológico**, v.41, n.1, p. 6-14, 1975.

BORCHERT, R. Climatic periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees. **IAWA Journal**, v.20, n.3, p.239-247, 1999.

CAO, W.; MOSS, D.N. Temperature and daylength interaction on phyllochron in wheat and barley. **Crop Science**, v.29, n.4, p.1046-1048, 1989.

CARVALHO, S. J. P.; PEREIRA SILVA, R. F.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Crescimento, desenvolvimento e produção de sementes da planta daninha capim-branco (*Chloris polydactyla*). **Planta Daninha**, v.23, n.4, p.603-609, 2005.

CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Estimativa da área foliar de cinco espécies do gênero *Amaranthus* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v. 25, n.2, p.317-324, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão-preto (*Bidens pilosa*) resistente e susceptível aos herbicidas inibidores de ALS. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 75-84, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; WEDTRA, P.; MOORE III, F. Growth analysis of sulfonylurea-resistant and susceptible kochia (*Kochia scoparia*). **Weed Science**, v.45,n.5, p. 691-695, 1997.

COELHO, D. T.; DALE, R. F. An energy-crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. **Agronomy Journal**, v.72, n.3, p.503-510, 1980.

COSTA, A. F. S. **Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), avaliadas em diferentes épocas de plantio**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: UFV, 1994. 109 p.

CROAT, T. B. Phenological behavior of habitat and habitat classes on Barro Colorado Island (Panamá Canal Zone). **Biotropica**, v.7, n.4, p.270-277, 1975.

CROSS, H. Z.; ZUBER, M. S. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. **Agronomy Journal**, v.64, n.3, p.351-355, 1972.

DEUBER, R.; FORSTER, R.; SIGNORE; L. H. Efeitos de herbicidas na anatomia de capim-carrapicho e amendoim-bravo. **Bragantia**, v. 36, n.20 p.207-213, 1977.

DUNAN, C.; ZIMDAHL, R. L. Competitive ability of wild oats (*Avena fatua*) and spring barley (*Hordeum vulgare*). **Weed Science**, v. 39, n.2, p. 558-563, 1991.

ELLIS, R.H., SUMMERFIELD, R.J.; EDMEADES, G.O., ROBERTS, R.H. Photoperiod, temperature and interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. **Crop Science**, v.32, n.5, p.1225-1232, 1992 b.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO, 1., Piracicaba, 1997. **Trabalhos Apresentados...** Piracicaba: ESALQ, 1997. p.157-170.

FELIPPE, G.M.; SILVA, J.C.S.; RIBEIRO, J.F. Estudos da influencia da qualidade da luz na germinação de ervas invasora em condições controladas. **Ciência e Cultura.**, v.29, n.7, p. 561-562. (supl.), 1977.

FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; DIAS, B. J.; REZANDE, A. V. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.1, p.83-90, 1999.

FILGUEIRAS, T. S. O gênero *Cenchrus* L. no Brasil (Gramineae – Panicoideae). **Acta Amazônica**, v.14, n.1/2, p.95-127, 1984.

GADIOLI, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; BASANTA, M. V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.377-383, 2000.

GHERSA, C. M.; HOLT, J. S. Using phenology prediction in weed management: a review. **Weed Research**, v. 35, n. 6, p. 461-470, 1995.

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

GRAMIG, G.G.; STOLTENBERG, D.E. Leaf appearance base temperature and phyllochron for common grass and broadleaf weed species. **Weed Technology**, v.21, n.1, p.249-254, 2007.

GRANIER, C.; TARDIEU, F. Is thermal time adequate for expressing the effects of temperature on sunflower leaf development. **Plant, Cell and Environment**, v.21, n.7, p.695-703, 1998.

GRESSEL, J.; SEGEL, L. A. Modeling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. **Weed Technology**, v.4, n.1, p.186-198, 1990.

GRIME, J. P.; HUNT, R. Relative growth-rate: its range and adaptive significance in local flora. **Ecology**, v.63, n.2, p.393-422, 1975.

GUO, P.; AL-KHATIB, K. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmerii*), and common waterhemp (*A. rudis*). **Weed Science**, v.51, n.6, p.869-875, 2003.

GUTIERREZ, A. P.; MARIOT, E. J.; CURE, J. R.; RIDDLE, C. S. W.; ELLIS, C. K.; VILLACORTA, A. M. A model of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth types I-III: factors affecting yield. **Agricultural Systems**, v.44, n.1, p.35-63, 1994.

HESS, M.; BARRALIS, G.; BLEIHOLDER, H.; BUHRS, L.; EGGERS, T.H.; HACK, H.; STAUSS, R. Use of the extended BBCH scale - general for descriptions of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. **Weed Research**, v. 37, n. 6, p. 433-441, 1997.

HOLM, L. R. G.; PLUCKNETT, D. L.; PANCHO, S. V. **The World's Worst weeds distribution and biology**. Honolulu. The University Press of Hawaii, 1977. p.609.

HOLT, J.S.; ORKUTT, D.R. Functional relationships of growth and competitiveness in perennial weeds and cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Science**, v.39, n.4, p.575-584, 1991.

HOOGENBOOM, G.; WHITE, J. W.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J. BEANGRO: a process-oriented dry bean model with a versatile user interface. **Agronomy Journal**, v.86, p.182-190, 1994.

KIRKBY, E.J.M. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. **Crop Science**, v.35, n.1, p.11-19, 1995.

KISH, A.L.; OGLE, W.L. Improving the heat unit system in predicting maturity date of snap beans. **HortScience**, v.15, n.2, p.140-141, 1980.

- KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, 1997. t.1, p.825.
- LAFLEN, J. B.; LANE, L. J.; FOSTER, G. R. WEPP: a new generation of erosion prediction technology. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.1, n.1, p.34- 38, 1991.
- LIETH, H.; SCHULTZ, G. Contributions from biometeorological workshops focusing on seasonality. **Journal of Biogeography**, v.3, n.3, p.229, 1976.
- LIGHT, M. E.; MCGAW, L. J.; SPARG, S. G.; JAGER, A. K.; VAN STADEN, J. Screening of *Cenchrus ciliaris* L. for biological activity, **South African Journal of Botany**, v.68, n.3, p.411–413, 2002.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**.3.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 608p.
- LUCCHESI, A. A. Utilização prática de análise de crescimento vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v. 41, n. 1, p. 181-202, 1984.
- MADEIRA, J. A.; FERNANDES, W. Reproductive phenology of sympatric taxa of Chamaecrista (Leguminosae) in Serra do Cipó, Brasil. **Journal of Tropical Ecology**, v.15, n.4, p.463-479, 1999.
- MARQUES, M. C. M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B. Phenological patterns among plant life forms in a subtropical forest in Southern Brazil. **Plant Ecology**, v.173, n.2, p.203-213, 2004.
- MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de restinga da Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.4, p.713-723, 2004.
- McLANCHLAN, S.M.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J.; TOLLENAAR, M. Effect of corn induced shading and temperature on rate of leaf appearance in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). **Weed Science**, v.41, n.4, p.590-593, 1993.
- MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; BONI, N. R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1733-1742, 2000.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L.P.C. (Org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Unicamp, 1992. p.112-140.

NIELSEN, D. C.; HINKLE, S. E. Field evaluation of basal crop coefficients for corn based on growing degree days, growth stage, or time. **Transactions of the ASAE**, v.39, n.1, p.97-103, 1996.

OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Org.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.169-192.

OLIVER, D. Importance of weed biology to weed management: proceedings of a symposium presented at the Weed Science Society of America Meeting in Norfolk, Virginia, February 6, 1996. **Weed Science**, v. 45, n. 3, p. 328, 1997.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 400p.

PAULA, F. L. M.; STRECK, N. A.; PAULA, A. L. de; DELLAI, J. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1034-1042, 2005.

PACHECO, R.P. de B.; DE MARINIS, G. Primeira nota sobre a capacidade reprodutiva do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.). **Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras Presidente Prudente**, v.1, n.1, p. 71-76, 1974.

PACHECO, R. P. B.; DE MARINIS, G. Primeira investigação de Malerbecologia na Região Sudoeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO ASSOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 3., Mar Del Plata, 1976. **Trabajos y Resúmenes...** Mar Del Plata: ALAM, 1976. p.67-72.

PACHECO, R. P. B. **Crescimento vegetativo e capacidade reprodutiva de *Cenchrus echinatus* L., na região Sudeste do Estado de São Paulo**. Dissertação. Instituto de Biociências – Rio Claro, UNESP, 1981.

PACHECO, R.P.B.; DE MARINIS, G. Ciclo de vida, estruturas reprodutivas e dispersão de populações experimentais de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.). **Planta Daninha**, v.7, n.1, p.13-21, 1984.

PERRY, K. B.; SANDERS, D. C.; GRANBERRY, D. M. GARRET. J. T.; DECOTEAU, D. R.; NAGATA, R. T.; DUFAULT, R. J.; BATAL, K. D.; MCHAURIM, W. J. Heat units solar radiation and daylength as as pepper harvest predictors. **Agriculture & Forest Meteorology**, v.65, n.3, p.197-205, 1993.

PITELLI, R. A.; PITELLI, R. L. C. M. Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.29-55.

PRETT, S. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. **Canadian Journal of Plant Science**, v.72, n. 4, p.1157-1162, 1992.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. **Weed ecology**: implications for vegetation management. New York: John Willey, 1997.p.589.

RADFORD, P .J. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Science**, v.7, n.3, p.171-175, 1967.

RAMIREZ, N. Reproductive phenology, life-forms and habitats of the Venezuelan Central Plain. **American Journal of Botany**, v.89, n.5, p.836-842, 2002

REIS, G. G.; MILLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas**: mensuração do crescimento. Belém: FCAP, (FCAP, Informe Didático 1)1979. p.39.

RODRIGUES, B. N.; PITELLI, R. A.; BELLINGIERI, P. A. Efeito da calagem do solo sobre o crescimento inicial e absorção de macronutrientes em trapoeraba (*Commelina benghalensis*). **Planta Daninha**, v. 13, n.2, p.59-68, 1995.

ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R. Relationships between growth and competitiveness of four annual weeds. **Journal of Applied Ecology**, v.22, n.6, p. 895-905, 1985.

RUSSELLE, M.P.; WILHELM, W.W.; OLSON, R.A.; POWER, J.F. Growth analysis based on degree days. **Crop Science**, v.24, n.1, p. 28-32, 1984.

SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A.; MATTOS, E. D.; MARTINS, J. F.; HERNANDEZ, D. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.373-379, 2002.

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

SANDERSON, M.A.; WOLF, D.D. Morphological development of switchgrass in diverse environments. **Agronomy Journal**, v.87, n.5, p.908-914, 1995.

SARMIENTO, G. **The Ecology of Neotropical Savannas**. Cambridge, Harvard University Press, 1984.

SARMIENTO, G. Patterns of specific phenological diversity in the grass community of the Venezuelan tropical savannas. **Journal of Biology**, v.10, p.373-391, 1983.

SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. Life forms and phenology. In: BOURLIÈRE, F. (org.). **Ecosystems of the world: tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier, 1983. p.79-108.

SEPASKHAH, A.R.; ILAMPOUR, S. Effects of soil moisture stress on evapotranspiration partitioning. **Agricultural Water Management**, v.28, n.4, p.311-323, 1995

SHIRTLIFFE, S.J.; ENTZ, M.H.; VAN ACKER, R.C. Avena fatua development and seed shatter as related to thermal time. **Weed Science**, v.48, n.5, p.555-560, 2000.

SINGH, P. M.; GILLEY, J. R.; SPLINTER, W. E. Temperature threshold for corn growth in a controlled environmental. **Agronomy Journal**, v.19,n.6, p.1152-1155, 1976.

STEGMAN, E.C. Corn crop curve comparisons for the central and northern plains of the U. S. **Applied Engineering in Agriculture**, v.4, n.3, p.226-233, 1988.

TALORA, D. C.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, n.1, p.13-26, 2000.

USDA - United States Department of Agriculture. Online Database. **Cenchrus echinatus**. Disponível em: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=CEEC>. Acessado em: 22/05/2013.

VASCONCELOS, G.M.P.V.; RODRIGUES, J.S.; ANASTÁCIO, L.R.; KARAM, D. Determinação da temperatura base (T_b) para estudo da exigência térmica de *Digitaria insularis*. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS,

28., Campo Grande, 2012. **Resumos Expandidos...** Campo Grande: SBCPD, 2012. p.776-780.

VILLA NOVA, N.A.; BARIONI, L.G.; PEDREIRA, C.G.S.; PEREIRA, A.R. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p.75-79, 1999.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas: máximas e mínimas. **Caderno de Ciências da Terra**, n.30, p.1-8, 1972.

VOLPE, C. A.; SCHOFFEL, E.; BARBOSA, J. C. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas 'Valência' e 'Natal' na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p. 436-441, 2002.

WANG, J.Y. A critique of the heat unit approach to plant response studies. **Ecology**, v.41, n.4, p.785-790, 1960.

WARRINGTON, I. J.; KANEMASU, E. T. Corn growth response to temperature and photoperiod I. seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**, v.75, p.749-754, 1983.

WILLIAMS, J. R.; JONES, C. A.; KINIRY, J. R.; SPANEL, D. A. The EPIC crop growth model. **Transactions of the ASAE**, v.32, n.2, p.497-511, 1989.

WUTKE, E. B.; BRUNINI, O.; BARBANO, M. T.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B. Estimativa de temperatura base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p.55-61, 2000.