

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO
E PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA EM FUNÇÃO DE
DATAS DE PLANTIO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Lovane Klein Fagundes

**Santa Maria, RS, Brasil
2009**

**DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO
E PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA EM FUNÇÃO DE DATAS
DE PLANTIO**

por

Lovane Klein Fagundes

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**

Orientador: Prof. Nereu Augusto Streck

Santa Maria, RS, Brasil
2009

Fagundes, Lovane Klein, 1980-

F156d

Desenvolvimento, crescimento e produtividade da mandioca em função de datas de plantio /por Lovane Klein Fagundes ; orientador Nereu Augusto Streck. - Santa Maria, 2009.
60 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2009.

1. Agronomia 2. *Manihot esculenta* Crantz 3. Mandioca 4. Filocrono 5. Área foliar 6. Soma térmica I. Streck, Nereu Augusto, orient. II. Título

CDU: 633.493

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA
MANDIOCA EM FUNÇÃO DE DATAS DE PLANTIO**

elaborada por
Lovane Klein Fagundes

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Nereu Augusto Streck, PhD.
(Presidente/Orientador)

Luciano Streck, Dr. (UERGS)

Cleber Maus Alberto, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 19 de Fevereiro de 2009

**Aos meus pais
Grimário Alves Fagundes
e Verna Klein Fagundes**

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, a força maior, que me impulsionou em vários momentos difíceis e esteve presente nas minhas conquistas.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Professor, orientador, amigo, Nereu Augusto Streck, que honra o substantivo “Professor” no sentido amplo da palavra, soube ensinar, soube exigir, soube compreender que além da vida acadêmica, dos livros, dos artigos, do trabalho de campo, somos pessoas humanas que possuímos limitações e necessidades.

Aos meus pais, por saber que mesmo por instantes, não deixei de estar presente em seus pensamentos, a vocês não tenho palavras que possam expressar o que sinto e como foi importante tê-los do meu lado, em cada anseio, em cada dúvida, me deixando escolher o caminho, lembro-me das palavras de minha mãe: “você sabe o quê é melhor!”. Foi por vocês estarem do meu lado que consegui vencer este desafio.

Á minhas irmãs Elaine e Ivana, e ao meu irmão Rogério, com a razão, com a emoção e com a inteligência nata, respectivamente, através das diversas formas “sei que sempre estiveram do meu lado” cada um agindo do seu jeito, mas me impulsionando para seguir em frente.

Aos bolsistas, Hamilton, Lidiane e Alencar, pela ajuda na condução do experimento e análises de dados.

Aos professores, Co-orientador Arno Bernardo Heldwein, pela amizade, pela força e incentivo, e ao Professor Sidnei José Lopes pela ajuda na análise dos dados.

Aos colegas, amigos e aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, que me ajudaram na instação do experimento e por proporcionarem momentos de descontração durante esse percurso.

Ao aconchego dos colegas e amigos da “roda do mate”, da sala 30 do departamento de Fitotecnia, que foi muito importante nessa caminhada.

Ao Exército Brasileiro em especial a “Coudelaria de Rincão”, por disponibilizar-me de tempo para cumprir esta meta.

Muito Obrigada!

“Imagine um lugar igual a esse...

Casa No Campo

*Eu quero uma casa no campo
Onde eu possa compor muitos rocks rurais
E tenha somente a certeza
Dos amigos do peito e nada mais
Eu quero uma casa no campo
Onde eu possa ficar no tamanho da paz
E tenha somente a certeza
Dos limites do corpo e nada mais
Eu quero carneiros e cabras pastando solenes
No meu jardim
Eu quero o silêncio das línguas cansadas
Eu quero a esperança de óculos
E um filho de cuca legal
Eu quero plantar e colher com a mão
A pimenta e o sal
Eu quero uma casa no campo
Do tamanho ideal, pau-a-pique e sapé
Onde eu possa plantar meus amigos,
Meus discos e livros
e nada mais.*

Elis Regina

Composição: Zé Rodrix e Tavito

...desejo que algum dia você o encontre!” (Lovane)

RESUMO

Dissertação de mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA EM FUNÇÃO DE DATAS DE PLANTIO

AUTOR: Lovane Klein Fagundes

ORIENTADOR: Nereu Augusto Streck

Local e data da defesa: Santa Maria, 19 de fevereiro de 2009

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta nativa do Brasil e base de múltiplos produtos, incluindo o álcool. O Rio Grande do Sul detém uma pequena participação nacional na produção de mandioca, concentrada principalmente na região da Depressão Central. O objetivo do capítulo I dessa dissertação foi determinar o filocrono, o número final de folhas (NFF) na haste principal (HP) e nas ramificações simpodiais de uma variedade de mandioca em diferentes datas de plantio em condições de clima subtropical. O objetivo do capítulo II foi caracterizar alguns parâmetros de desenvolvimento, de crescimento e os componentes da produtividade de ramos e de raízes tuberosas de uma variedade de mandioca em várias datas de plantio na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. Um experimento de campo foi conduzido em Santa Maria, RS, com a variedade FEPAGRO RS 13, na densidade de 16.000 plantas ha⁻¹. Os tratamentos foram quatro datas de plantio (26/09/2006, 18/10/2006, 08/11/2006 e 28/11/2006) no delineamento experimental inteiramente casualizado com amostragem na parcela. Para a determinação do filocrono e número final de folhas da HP, ramificações de primeira (RS1) e segunda (RS2) ordem, foram realizadas contagens semanais em seis plantas por parcelão. Foi estimado o filocrono (°C dia folha⁻¹) para HP, RS1 e RS2 e a soma térmica para as fases de desenvolvimento, considerando a temperatura base para esta variedade de mandioca de 14°C. A área foliar foi calculada a partir de medidas quinzenais do comprimento do maior lóbulo das folhas de uma planta em cada parcelão e o índice de área foliar (IAF) verde foi calculado somando-se as áreas individuais das folhas e dividindo-se pela área de solo ocupada por uma planta (0,64 m²). As outras variáveis de crescimento foram medidas durante o repouso invernal antes da colheita. No momento da colheita foram coletadas as variáveis de produtividade da parte aérea (ramas) e das raízes tuberosas nas seis plantas marcadas de cada parcelão e após determinadas a matéria fresca e seca dessas variáveis. O filocrono e NFF variaram com as datas de plantio. Dentro das ramificações simpodiais RS1, RS2, o filocrono e o NFF não são diferentes entre as hastes. O filocrono aumentou na seqüência HP<RS1<RS2 e o NFF teve variação inversa HP>RS1>RS2. Plantios mais cedo aceleram o desenvolvimento até o início da acumulação de amido (IAA) e até a ramificação simpodial de primeira ordem (RS1) dessa variedade de mandioca. O IAF máximo foi maior para o plantio em 26/09/2006 (IAF=7,7) e decresceu nas duas próximas datas, sendo elevado para a última data de plantio 28/11/2006 (IAF= 7,4). O crescimento da mandioca variedade FEPAGRO RS 13 decresceu com o atraso na data de plantio, e dentro de cada ramificação RS1 e RS2 as hastes têm crescimento diferentes. Houve interação entre datas de plantio e hastes para a variável comprimento e não para a variável diâmetro final das hastes. Entre as ramificações, o diâmetro final dos ramos foi maior para a primeira data de plantio. A altura final de plantas foi maior para as duas primeiras datas de plantio. A produtividade de ramos foi maior na primeira data de plantio enquanto a produtividade de raízes tuberosas não diferiu entre as datas de plantio.

Palavras chaves: filocrono; área foliar; soma térmica; *Manihot esculenta*.

ABSTRACT

Master Dissertation

Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DEVELOPMENT, GROWTH, AND YIELD OF CASSAVA AS A FUNCTION OF PLANTING DATE

AUTHOR: Lovane Klein Fagundes

ADVISOR: Nereu Augusto Streck

Location and date of defense: Santa Maria, February 19th, 2009

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a native plant of Brazil and the base of multiple products, including ethanol. Rio Grande do Sul State is a minor producer of cassava in Brazil, especially in the Central Region of the State. The objective of Chapter I in this Dissertation was to determine the phyllochron, the final leaf number (FLN) on the main stem (MS) and on simpodial branches of a cassava variety in different planting dates in a subtropical climate. The objective of Chapter II in this Dissertation was to characterize some development and growth parameters, and yield components of stem and tuber roots of a cassava variety in several planting dates in the Central Region of Rio Grande do Sul State. A field experiment was conducted in Santa Maria, RS, Brazil, with cassava variety FEPAGRO RS 13, in a 16,000 plants ha⁻¹ plant density. Treatments were four planting dates (26 Sep. 2006, 18 Oct. 2006, 08 Nov. 2006, and 28 Nov. 2006) in a completely randomized design, with sampling in the plots. Weekly measures of leaf number in six plants per plot were done for determining the phyllochron and the final leaf number on the MS, first order (RS1) and second order (RS2) branches. The phyllochron (°C day leaf⁻¹) on the MS, RS1 and RS2, and the thermal time for developmental phases were estimated using a base temperature of 14°C. Leaf area was calculated from weekly measured length of the largest lobule of individual leaves and the leaf area index (LAI) was calculated by the sum of the area of individual leaves divided by the area of one plant (0.64 m²). Other growth variables were measured during the winter when plants were not growing and right before harvesting. At harvesting, fresh and dry yield of stems and tuber roots were measured in six plants per plot. The phyllochron and FLN varied with planting date, and are not different among stems in the same branching (RS1 and RS2). The phyllochron increased in the sequence MS<RS1<RS2 while the FLN had an inverse trend, i.e., MS>RS1>RS2. Early plantings hastened the onset of starch storage in the roots and date of RS1 appearance in this cassava variety. Maximum LAI was the greatest in the earliest planting date (LAI=7.7), decreased in the following planting dates, and increased again for the latest planting date (LAI=7.4). Growth of cassava variety FEPAGRO RS 13 decreased as planting date was delayed, and stems within the same branching (RS1 and RS2) have different growth. There was interaction between planting dates and stems for the variables final stem length and final stem diameter. Among branches, final stem diameter was greater in the first planting date. Final plant height was greater in the two earliest planting dates. Stem yield was greater in the earliest planting date, while tuber roots yield was not different among planting dates.

Key words: phyllochron; leaf area, thermal time, *Manihot esculenta*.

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

TABELA 1 - Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) e número final de folhas (NFF, folhas) em função da posição na planta (HP= haste principal, RS1= Ramificação simpodial de primeira ordem, RS2= Ramificação simpodial de segunda ordem) e da data de plantio da mandioca variedade de mandioca “FEPAGRO RS13”. Santa Maria, RS, 2006/07.....30

CAPITULO II

TABELA 1 - Comprimento final (m) da haste em função da posição na planta (HP= haste principal, RS1= Ramificação simpodial de primeira ordem, RS2= Ramificação simpodial de segunda ordem) e da data de plantio da variedade de mandioca “FEPAGRO RS13”. Santa Maria, RS, 2006/07.....51

TABELA 2 – Diâmetro final (cm) da haste em função da data de plantio e em função da posição na planta (HP= haste principal, RS1= Ramificação simpodial de primeira ordem, RS2= Ramificação simpodial de segunda ordem) e da data de plantio da variedade de mandioca “FEPAGRO RS13”. Santa Maria, RS, 2006/07.....52

TABELA 3 – Produtividade (em toneladas por hectare), em base de massa fresca e de massa seca, de ramas e de raízes tuberosas (RC= Raízes comerciais, RNC= raízes não comerciais, Total = RC+RNC) da variedade de mandioca “FEPAGRO RS13”.Santa Maria, RS, 2006/07.....53

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1 - Estrutura de uma planta de mandioca, sendo HP a haste principal, RS1 a primeira ramificação simpodial, RS2 a segunda ramificação simpodial e RS3 a terceira ramificação simpodial (EMBRAPA, 2003).....31

CAPÍTULO II

FIGURA 1 – Duração, em °C dia, de fase do desenvolvimento da mandioca, var. RS13, em quatro datas de plantio em Santa Maria, RS, Brasil. PL = plantio, EM = Emergência, IAA = início de acumulação de amido, RS1 = ramificação simpodial de primeira ordem, RS2 = ramificação simpodial de segunda ordem, RS3 = ramificação simpodial de terceira ordem.....54

FIGURA 2 – Evolução do índice de área foliar (IAF) verde da mandioca variedade FEPAGRO RS 13 em quatro datas de plantio durante o ano agrícola 2006-2007. Santa Maria, RS.....55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3. CAPÍTULO I	15
4. CAPÍTULO II	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
6. REFERÊNCIAS.....	57

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é extensamente disseminada e conhecida mundialmente, apresentou e apresenta um importante papel econômico e social, principalmente de países em desenvolvimento como o Brasil. Todas as partes da planta podem ser aproveitadas: as raízes são uma fonte rica em amido, que do seu processamento são obtidos inúmeros produtos, e a parte aérea pode ser usada para a alimentação animal. Assim como outras culturas amiláceas, o amido de mandioca pode ser convertido em álcool e, portanto, ela é uma forte aliada como fonte de energia renovável.

Com a possibilidade cada vez mais eminente de um aumento na temperatura da terra, a busca por combustíveis alternativos ao petróleo tem sido alvo crescente da pesquisa. A agroenergia tem sido apontada no âmbito nacional e internacional como uma grande promessa como fonte de combustíveis “mais limpos” e ao mesmo tempo uma oportunidade de negócios para países emergentes como o Brasil. Neste contexto, a cultura da mandioca pode ter um papel decisivo, tanto em grandes propriedades rurais como na agricultura familiar.

No estado do Rio Grande do Sul, onde a mandioca é usada para a alimentação humana e animal e tem uma importância destacável, ainda existe uma carência de pesquisas sobre essa cultura, em que estudos básicos a respeito de desenvolvimento e crescimento de genótipos são necessários para determinar-se o seu potencial de produção. A falta desses estudos básicos foi o incentivo para a realização deste esforço científico.

Nessa dissertação são abordadas informações sobre o desenvolvimento, o crescimento e a produtividade da mandioca em função de datas de plantio, em um experimento realizado durante o ano agrícola 2006/07 em Santa Maria, localizada na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. A dissertação está dividida em dois capítulos, cujos objetivos são: capítulo I, “determinar o filocrono e o número final de folhas na haste principal e nas ramificações simpodiais de uma variedade de mandioca em diferentes datas de plantio em condições de clima subtropical” e capítulo II “caracterizar alguns parâmetros de desenvolvimento, de crescimento, e

os componentes da produtividade de ramas e de raízes tuberosas de uma variedade de mandioca em várias datas de plantio na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul”.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), pertencente a família euforbiacea é uma planta nativa do Brasil e foi extensamente disseminada pelos portugueses durante os séculos XVI e XVII para áreas tropicais e subtropicais da África, Ásia e o Caribe. É a base de múltiplos produtos, tais como, farinha, alimento para animais, alimentos preparados, doces, álcool, amido para colar papéis e tecidos, e também produtos biodegradáveis (FAO, 2001). Sua importância está registrada nos relatos históricos e sua produção foi quantificada no primeiro censo geral brasileiro realizado em 1919-1920, onde esteve presente principalmente nas pequenas propriedades rurais (SENA, 2006).

A Nigéria é o maior país produtor mundial de mandioca e o Brasil ocupa a segunda posição no ranking de produção mundial (VILPOUX, 2008). A cultura da mandioca apresenta produtividade baixa, aquém do seu potencial produtivo que pode ir de 25 t ha⁻¹ até 60 t ha⁻¹ (COCK,1990; FAO, 2001). Dados estatísticos apresentados pelo IBGE (2008) estimam uma área plantada de 1.873082 ha, com uma produção e produtividade de 26. 567 653 t e 14184 t ha⁻¹. A Região Sul participa com 19,4% do total da produção nacional de mandioca e o Rio Grande do Sul contribui com 4,4% desta produção, com destaque para a Depressão Central que está entre as duas maiores regiões produtoras do Estado (IBGE, 2005).

A época de implantação da cultura da mandioca é um fator importante que influencia na produtividade da mandioca. No Brasil o plantio da mandioca inicia-se logo após a estação chuvosa, quando o nível de umidade no solo e a temperatura do ar é mais elevado, importantes fatores para o enraizamento e início da brotação das manivas. Devido a grande extensão do território nacional as condições ideais para o plantio da mandioca não coincidem em todas as regiões, por exemplo, na região semi-árida do Nordeste o plantio vai de outubro a junho (EMBRAPA, 2003). Na região Sul do Brasil e no estado do Rio Grande do Sul, o início do plantio vai de setembro a outubro, quando as temperaturas estão em elevação e as gemas das

ramas, que antes encontravam-se dormentes por ocasião das baixas temperaturas, começam a brotar (CONCEIÇÃO, 1981).

A mandioca é cultivada entre 30 graus de latitudes Norte e Sul, embora sua concentração de plantio esteja entre as latitudes 15°N e 15°S. Suporta altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 2.300 metros, sendo mais favoráveis nas regiões baixas ou com altitude de até 600 a 800 metros (EMBRAPA, 2003). Possui uma boa adaptação em solos ácidos, com baixa fertilidade e a regimes pluviométricos diversos com resistência elevada à seca, podendo apresentar bons rendimentos (EL-SHARKAWY et al. 1989). As boas respostas agronômicas obtidas por essa cultura em condições de fertilidade baixa é devido à eficiência em absorção de nutrientes, principalmente o fósforo, essa eficiência é otimizada pela associação de fungos micorrízicos arbusculares nativos, por exemplo, a espécie *Glomus manihotis*, presentes e com alta colonização nas raízes de mandioca e que se desenvolvem melhor em solos ácidos (EMBRAPA, 2003).

A planta de mandioca é um arbusto perene, porém suas raízes de armazenamento de amido podem ser colhidas com 6 a 24 meses ALVES (2006). A sua principal forma de propagação é vegetativa, utilizam-se pedaços da parte aérea denominado, estacas ou manivas (CÂMARA; GODOY, 1998). A altura da planta de mandioca pode variar dependendo do genótipo ou de sua forma de propagação, pode possuir um porte ereto ou ramificado, quando ramificado (caule simpodial), pode-se dividir nas formas: dicotômico, tricotômico ou tetracotômico (CARVALHO; FUKUDA, 2006). As folhas da mandioca são decíduas e podem durar de um a dois meses na planta. A planta de mandioca possui flores monóicas, a inflorescência é constituída por uma panícula, formada geralmente nas extremidades das ramificações simpodiais da planta (CARVALHO; FUKUDA, 2006; CONCEIÇÃO, 1981)

O desenvolvimento e o crescimento das plantas são processos independentes, que podem ocorrer simultaneamente ou não (WILHELM; McMASTER, 1995). Desenvolvimento refere-se á diferenciação celular, iniciação e aparecimento de órgãos e se estende até a senescência da cultura, enquanto que crescimento é o aumento irreversível de uma grandeza física como massa, área, altura, diâmetro e volume (HODGES, 1991; WILHELM; McMASTER, 1995).

Alves (2006) descreveu as fases do ciclo de desenvolvimento da mandioca em dias após o plantio (DAP) das manivas. Dos cinco aos 15 DAP ocorre o desenvolvimento das primeiras raízes adventícias e brotos da estaca e inicia-se a emergência. Dos 15 aos 90 DAP, têm-se o

desenvolvimento das folhas e a formação do sistema radicular, é quando a fotossíntese começa a contribuir positivamente para o crescimento das folhas, e as raízes adventícias vão sendo substituídas pelas raízes fibrosas, algumas dessas raízes irão se transformar em raízes de armazenamento. Dos 90 aos 180 DAP ocorrem as máximas taxas de crescimento de folhas e hastes, período em que as ramificações e a arquitetura da planta são definidas. Dos 180 aos 300 DAP é o período onde existe uma elevada translocação de hidratos de carbono às raízes de armazenamento e acontece a divisão dos fotoassimilados entre folhas e raízes. Dos 300 aos 360 DAP, a planta entra em dormência e finaliza o crescimento vegetativo, apenas ocorre a translocação do amido para as raízes. Esta fase ocorre principalmente em regiões com variações significativas de temperatura do ar ou umidade do solo. A planta termina seu ciclo de 12 meses, que pode ser seguido por um novo período de crescimento vegetativo.

3. CAPÍTULO I

Desenvolvimento vegetativo em diferentes hastes da planta de mandioca em função da data de plantio

Vegetative development on different stems of cassava as a function of planting date

RESUMO

Estudos sobre o desenvolvimento vegetativo da mandioca cultivada nas condições subtropicais do Brasil são escassos. O objetivo deste trabalho foi determinar o filocrono e o número final de folhas na haste principal e nas ramificações simpodiais de uma variedade de mandioca em diferentes datas de plantio em condições de clima subtropical. Um experimento de campo foi conduzido em Santa Maria, RS, com quatro datas de plantio: 26/09/2006, 18/10/2006, 08/11/2006 e 28/11/2006. A variedade usada foi a FEPAGRO RS13, com caule do tipo simpodial tricotômico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (datas de plantio) e quatro parcelas de 4,0 x 9,0m com cinco fileiras e espaçamento 0,80 x 0,80m. Em seis plantas por parcela selecionadas aleatoriamente foi feita a contagem semanal do número de folhas visíveis (NF) e do número final de folhas (NFF) da haste principal (HP) e das ramificações simpodiais de primeira (RS1) e de segunda (RS2) ordem. O filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) foi estimado, para HP, RS1 e RS2, pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e soma térmica acumulada, considerando a temperatura base de 14 $^{\circ}\text{C}$. O filocrono aumentou na seqüência HP<RS1<RS2 e o NFF teve variação inversa HP>RS1>RS2. Ambos filocrono e NFF variaram com das datas de plantio, sendo o fotoperíodo uma possível causa desta variação.

Dentro das ramificações simpodiais RS1, RS2, o filocrono e o NFF não são diferentes entre as hastes. A produtividade de ramos da mandioca variedade FEPAGRO RS 13 diminui em plantios mais tardios enquanto a produtividade de raízes tuberosas não é afetada pela data de plantio.

Palavras-chave: filocrono, número de folhas, aparecimento de folhas, graus-dia, *Manihot esculenta*.

ABSTRACT

Studies on the vegetative development of cassava grown in subtropical conditions of Brazil are scarce. The objective of this study was to determine the phyllochron and the final leaf number on the main stem and on sympodial branches of a cassava variety grown in different planting dates in a subtropical climate. A field experiment was conducted in Santa Maria, RS, with four planting dates: 09/26/2006, 10/18/2006, 11/08/2006 and 11/28/2006. The variety FEPAGRO RS13, with tricotomic growth habit, was used in a complete randomized design with four treatments (planting dates) and four 4.0 x 9.0 m plots with five rows and 0.8 x 0.8 m spacing in each planting date. On the main stem (MS) and on the first order (BR1) and second order (BR2) sympodial branches of six plants per plot randomly selected, the number of visible leaves (NL) on a weekly basis, and the final leaf number (FLN) were measured. The phyllochron on MS, BR1 and BR2 was estimated by the inverse of the slope of the linear regression of NL against accumulated thermal time, assuming a base temperature of 14°C. Phyllochron increased in the sequence MS<BR1<BR2 and the FLN showed an inverse trend MS>BR1>BR2. Both phyllochron and FLN varied according to planting date, with photoperiod being a possible cause of such variation. Within BR1 and BR2 sympodial branches, phyllochron and FLN were not different among stems.

Key words: phyllochron, leaf number, leaf appearance, degree-days, *Manihot esculenta*.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta nativa do Brasil e foi extensamente disseminada pelos portugueses durante o século XVI e XVII para áreas tropicais e subtropicais da África, Ásia e o Caribe. É base de múltiplos produtos, como farinha, alimento para animais, alimentos preparados, doces, álcool, amido para colar papéis e tecidos, e também produtos biodegradáveis (FAO, 2001). A cultura da mandioca tem uma importância destacada nas pequenas propriedades rurais do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul onde é usada para a alimentação humana e animal.

Fatores ambientais como temperatura e fotoperíodo afetam o crescimento e o desenvolvimento da cultura de mandioca. A temperatura do ar afeta a brotação das manivas, a formação, o tamanho e a vida útil das folhas na planta, sendo o crescimento favorecido quando a temperatura média anual varia de 25°C a 29°C, podendo tolerar temperaturas de 16°C a 38°C (ALVES, 2006). Quanto ao fotoperíodo estudos indicam que a mandioca é uma planta de dia curto e alcança maiores produções de raízes com fotoperíodo entre 10 e 12 horas. Dias longos favorecem o crescimento da parte aérea e diminuem o crescimento das raízes de reserva, e dias curtos aumentam o crescimento das raízes de reserva e reduzem o da parte aérea (TERNES, 2002; ALVES, 2006).

É nas folhas que acontece a fotossíntese que transforma a energia solar radiante em energia química. A velocidade (ou taxa) de aparecimento das folhas e sua longevidade determinam o índice de área foliar verde que intercepta a radiação solar usada na fotossíntese.

Assim, o número de folhas acumuladas (NF) e o número final de folhas (NFF) em cada haste do caule são importantes parâmetros do desenvolvimento vegetativo da mandioca. Alguns genótipos de mandioca apresentam o caule monopodial de porte ereto, enquanto outros genótipos têm caule simpodial de porte ramificado com duas (dicotômico), três (tricotômico) ou quatro (tetracotômico) hastes, chamadas ramificações simpodiais (CARVALHO & FUKUDA, 2006). O NF pode ser medido ou estimado. Um dos métodos de estimativa do NF mais usado é o que usa o conceito do filocrono, definido como o intervalo de tempo entre o aparecimento de duas folhas sucessivas na haste de uma planta (KLEPPER et al., 1982; WILHELM & McMASTER, 1995; STRECK et al., 2005a,b; SCHONS et al., 2007). Uma unidade freqüentemente usada para representar tempo em plantas é a soma térmica, com unidade °C dia, e neste caso o filocrono tem unidade °C dia folha⁻¹ (XUE et al., 2004).

O Rio Grande do Sul apresenta, segundo a classificação climática de Köppen, clima Cfa (subtropical) e Cfb (temperado) (MORENO, 1961), estando localizado no limite de latitude para cultivo da mandioca, que é 30° Norte e Sul (EMBRAPA, 2003). O ciclo de desenvolvimento de culturas tropicais, como a mandioca, em regiões extra-tropicais apresenta peculiaridades, pois é interrompido pelas baixas temperaturas hibernais que fazem a planta de mandioca perder as folhas e permanecer em repouso até que a temperatura volte a aumentar na primavera. No Rio Grande do Sul a planta de mandioca fica exposta a temperaturas e fotoperíodos variáveis durante a estação de crescimento. Por exemplo, em Santa Maria, RS, a variação da temperatura normal é de 13,5°C (média das temperaturas mínimas em outubro) a 30,4°C (média das temperaturas máximas em janeiro) e a variação do fotoperíodo é de 13,1 horas em outubro a 15,0 horas em dezembro.

Estudos de desenvolvimento da mandioca em resposta às variações dos elementos meteorológicos em regiões subtropicais do Brasil são escassos. Em um estudo recente, SCHONS et al. (2007) relatam que o filocrono e o NFF na haste principal (HP) variaram com as datas de plantio, enquanto que o número de folhas na haste principal por ocasião do início de acumulação de amido nas raízes tuberosas não variou com as datas de plantio. Para genótipos de mandioca com caule simpodial, há formação de ramificações simpodiais de primeira e segunda ordem durante a estação de crescimento.

Portanto, é pertinente estender o estudo realizado por SCHONS et al. (2007) para ramificações simpodiais e comparar estes parâmetros do desenvolvimento vegetativo da mandioca entre a haste principal e as ramificações simpodiais, haja vista, que a competição por fotoassimilados, água e nutrientes aumentou à medida que novas ramificações simpodiais vão surgindo na planta de mandioca. Além disso, dentro (em um mesmo nível) das ramificações simpodiais há competição entre hastes, e o efeito desta competição sobre o filocrono e o NFF ainda merece mais estudos, pois em modelos matemáticos é assumido que a velocidade de emissão de folhas é a mesma entre as hastes da ramificação simpodial (MATTHEWS & HUNT, 1994; GRAY, 2000). Entretanto na prática, a campo, verificou-se diferenças de tamanho das hastes dentro de cada nível de ramificação. Estas lacunas nos estudos sobre o desenvolvimento vegetativo da mandioca nas condições subtropicais do Brasil constituíram a motivação para realizar este estudo.

O objetivo deste trabalho foi determinar o filocrono e o número final de folhas na haste principal e nas ramificações simpodiais de uma variedade de mandioca em diferentes datas de plantio em condições de clima subtropical.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o ano agrícola 2006/07 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (latitude: 29°43'S, longitude: 53°43'W e altitude: 95m). Santa Maria está localizada na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul, uma das duas regiões preferenciais para o cultivo da mandioca neste Estado (IBGE, 2005). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa, que significa subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes (MORENO,1961). O solo do local é uma transição entre a Unidade de Mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho distrófico arênico) e a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Argissolo Bruno-Acinzentado alítico umbrico) (BRASIL, 1973; STRECK et al., 2008).

Foram realizadas quatro datas de plantio, com plantios em 26/09/2006, 18/10/2006, 08/11/2006 e 28/11/2006. As duas primeiras datas estão dentro do período recomendado para a cultura nessa região, que é setembro e outubro (CONCEIÇÃO, 1981), ou seja, após o repouso hibernar, quando as condições ambientais (temperatura) encontram-se favoráveis para a brotação das gemas. As duas últimas datas de plantio são consideradas tardias para esta região, pois a estação de crescimento fica curta para alcançar altos rendimentos, Mas, em alguns anos em que as temperaturas são baixas na primavera, os agricultores locais plantam mandioca nesta data de plantio também. As manivas-semente eram provenientes de plantas usadas em experimentos realizados na UFSM no ano agrícola 2005/06, da variedade FEPAGRO RS 13 da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul, um genótipo adaptado e bastante usado no Rio Grande do Sul, com caule do tipo simpodial tricotômico (FEPAGRO, 2005).

Foi usado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com amostragem na parcela. A área foi dividida em quatro parcelões onde foram distribuídos os quatro tratamentos

(datas de plantio). Cada parcelão foi dividido em quatro parcelas e cada parcela foi composta por uma área de 4,0 x 9,0m, com cinco fileiras de 9,0m de comprimento. Foi usada uma densidade 16.000 plantas ha⁻¹, no espaçamento de 0,8 x 0,8m entre plantas e entre fileiras. Cada parcela foi separada por uma faixa de circulação de 3,0m.

O solo foi preparado com duas gradagens, seguida de uma adubação NPK com a fórmula 05-20-20 na dose de 275 kg ha⁻¹, distribuída a lanço na área antes do plantio. O plantio foi realizado com coveamento manual, usando-se manivas-semente de 0,20 m de comprimento e na profundidade de 0,10m.

Foram realizadas duas adubações de cobertura com nitrogênio, uma no início de acumulação de amido e a outra aos 40 dias após a primeira aplicação, na dose de 40 kg ha⁻¹ de uréia em cada aplicação. O controle de plantas daninhas foi feito manualmente, para evitar interferência desses fatores bióticos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Não foram realizadas irrigações, mas não houve sintomas aparentes de deficiência hídrica indicando que a precipitação tenha suprimido a demanda hídrica da cultura durante a estação de crescimento.

Uma semana após a emergência das plantas, considerada quando 50% das mesmas estavam visíveis acima do nível do solo em cada parcela, foram selecionadas aleatoriamente as amostras, que foram constituídas por seis plantas em cada parcela, totalizando 24 plantas em cada parcelão (data de plantio). Nas plantas selecionadas foram identificadas com arames coloridos a haste principal (HP) e as três hastes das ramificações simpodiais de primeira ordem (RS1) e de segunda ordem (RS2) (Figura 1). Nas hastes marcadas foi realizada, semanalmente, a contagem do NF visíveis. Uma folha foi considerada visível quando as bordas de um dos lóbulos da folha

não mais se tocavam (SCHONS et al., 2007). Nas hastes de cada ramificação também foi contado o NFF.

Os valores de temperatura mínima e máxima diárias do ar durante o período experimental foram medidos na Estação Climatológica Principal, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a aproximadamente 150m da área experimental.

Com a obtenção dos valores da temperatura do ar obteve-se a soma térmica diária (STd, °C dia) a partir da emergência das plantas foi calculada segundo ARNOLD (1960):

$$STd = (T_m - T_b) \cdot 1 \text{ dia} \quad (1)$$

em que T_m é a temperatura média diária do ar (°C), calculada pela média aritmética das temperaturas mínima e máxima do ar, e T_b é a temperatura base (°C), considerada como 14°C para essa variedade de mandioca (SCHONS et al., 2007).

A soma térmica acumulada a partir da emergência (STa , °C dia) foi calculada por:

$$STa = \sum STd. \quad (2)$$

O filocrono, para a HP e para as hastes da RS1 e RS2, foi estimado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear simples entre NF e STa , a partir da emergência para a HP, e entre NF e STa a partir do aparecimento das ramificações simpodiais para RS1 e RS2 (KLEPPER et al., 1982; KIRBY, 1995; XUE et al., 2004).

A análise estatística objetivou verificar diferenças (i) de filocrono e NFF de uma haste entre as ramificações (HP, RS1, RS2) e (ii) entre as hastes dentro um mesmo nível de ramificação simpodial (RS1 e RS2) nas plantas de mandioca nas diferentes datas de plantio. Para alcançar (i) considerou-se um bifatorial (quatro datas de plantio x três hastes). Para alcançar (ii), considerou-se um fatorial hierárquico para as hastes de um mesmo nível de ramificação. As médias obtidas da análise bifatorial foram comparadas através do teste de Tukey, e as médias obtidas pelo fatorial

hierárquico foram comparadas pelo teste F, ambos a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do ar durante o período de emissão de folhas na HP foi de 22,7 °C, 23,9°C, 25,3°C e 25,6°C, durante a emissão de folhas na RS1 foi de 25,6°C, 25,4°C, 25,0°C e 25,1°C e durante a emissão de folhas na RS2 foi de 25,1°C, 25,1°C, 22,9°C e 22,7°C nas datas de plantio 26/09/06, 18/10/06, 08/11/06 e 28/11/06, respectivamente. Já o fotoperíodo médio durante estes períodos foi 14,5, 14,9, 14,9 e 14,9h para HP, 14,8, 14,6, 13,5 e 13,5h para RS1 e 13,5, 13,5, 12,4 e 12,3h para RS2 nas quatro datas de plantio, respectivamente. Estas diferentes condições térmicas e fotoperiódicas em que as plantas foram submetidas são importantes neste estudo, pois representam uma faixa ampla de condições ambientais para mandioca é cultivada em regiões subtropicais, resultando em diferenças nas fases de desenvolvimento.

A duração da fase emergência até início da ramificação RS1 (EM-RS1) foi 65, 63, 44 e 45 dias, de RS1 até início da ramificação RS2 (RS1-RS2) foi de 62, 42, 40 e 40 dias e de RS2 até início da ramificação RS3 (RS2-RS3) foi 37, 43, 37 e 38 dias nas quatro datas de plantio, respectivamente. Esses valores de duração das fases podem estar vinculados à temperatura e ao fotoperíodo. Esse fato pode ser evidenciado e sugerido, mesmo que de forma vaga, pela similaridade entre os valores médios de temperatura e fotoperíodo e sua evolução na estação de cultivo da mandioca na safra 2006/2007, se associados no ciclo total da cultura.

O coeficiente de determinação (r^2) da regressão linear entre NF e STa nas diferentes datas de plantio e hastes foi sempre maior que 0,9, indicando que a temperatura é o principal elemento meteorológico que determina a velocidade de emissão de folhas nesta variedade de mandioca. Indica, também, que a estimativa do filocrono pelo inverso do coeficiente angular (declividade)

da regressão linear é um método apropriado.

Na análise de variância (ANOVA) considerando o esquema bifatorial, houve interação significativa para a combinação época x haste para ambas as variáveis (filocrono e NFF), indicando que a análise estatística para a comparação de médias das duas variáveis deve ser desdobrada dentro de cada fator (Tabela 1). Nesta ANOVA, entre os fatores principais (época e haste), a maior soma de quadrados foi para o fator haste, indicando que ambas variáveis (filocrono e NFF) são mais influenciadas pela posição na planta do que pela data de plantio.

Entre as hastes o filocrono foi sempre maior na RS2 nas quatro datas de plantio. O filocrono foi menor na HP, diferindo do filocrono da RS1 nas duas últimas datas de plantio (08/11 e 28/11) (Tabela 1). Comparando o filocrono entre as datas de plantio, não houve diferença de filocrono entre as datas para HP, houve diferença entre as duas primeiras datas de plantio (menor filocrono) e as duas últimas datas de plantio (maior filocrono) para RS1 e houve diferença entre duas datas de plantio para RS2 (maior valor na data 08/11/2006 e menor na data 18/10/2006).

A hipótese para explicar o aumento do filocrono, que ocorreu na seqüência $HP < RS1 < RS2$ (com exceção do plantio em 18/10/2006 em que $RS1 < HP$) pode estar relacionada a localização dos ramos na planta. Assim quanto mais apical for a ramificação maior deve ser o aporte nutrientes e água dentro da planta. Como essa variedade apresenta ramificações simpodiais tricotômicas, a cada nova ramificação simpodial três novas hastes aparecem e necessitam de fotoassimilados, nutrientes e água para crescerem e se desenvolverem.

Ainda pode ser verificado que o filocrono aumentou mais da RS1 para a RS2 do que da HP para a RS1 (Tabela 1). Isso provavelmente pode ser explicado pelo fato de que o número de hastes em crescimento na RS1 foi três, enquanto que o número de hastes em crescimento na RS2

foi nove. Isto confirma a hipótese de que a distribuição das substâncias dentro da planta de mandioca favoreceu os ramos próximos em detrimento daqueles mais distantes das raízes, fontes de água e nutrientes. Esse fato justifica o aumento do filocrono (diminuição da velocidade de emissão de folhas) em ramificações simpodiais de ordens maiores quando comparadas a ramificações basais de ordens menores.

Para a variável NFF entre as hastes, a HP teve maior NFF em todas as datas de plantio, com exceção da primeira data de plantio (26/09/2006) quando NFF foi menor que a RS1 (Tabela 1). Já o menor NFF foi na RS2 em todas as datas de plantio. Entre as datas de plantio, o NFF na HP foi maior na terceira data de plantio (plantio em 08/11/2006) e menor na primeira data de plantio (26/09/2006). O NFF na RS1 foi diferente para todas as datas de plantio, sendo maior na primeira data de plantio (26/09/2006) e menor na terceira data de plantio (plantio em 08/11/2006). Na RS2 o NFF foi maior na primeira data de plantio, não diferindo da segunda data de plantio, e menor na, terceira e quarta datas de plantio, que não diferiram entre si (Tabela 1).

A variação do NFF nas hastes em diferentes ramificações teve tendência inversa àquela do filocrono. Ou seja, NFF variou na seqüência $HP > RS1 > RS2$ (com exceção do plantio em 26/09/06 em que $RS1 > HP$), o que também pode ser explicado pela hipótese de acesso secundário aos fotoassimilados, a água e aos nutrientes em ramificações de ordens maiores em relação as mais basais. Assim, quanto maior o número de ordem das ramificações simpodiais maior o filocrono (menor a velocidade de emissão de folhas) e menor o NFF, evidenciando sincronismo no desenvolvimento vegetativo entre as ramificações da planta de mandioca de mesma ordem.

Entre as datas de plantio, houve variação no filocrono para RS1 e RS2, enquanto que o NFF variou com a data de plantio em todas as ramificações (HP, RS1, RS2) (Tabela 1). A partir

desses resultados testou-se a hipótese de que o fotoperíodo possa ter contribuído para alterar esses dois parâmetros do desenvolvimento vegetativo. Para isso foi utilizada a regressão linear simples entre as variáveis filocrono e NFF (y) e o fotoperíodo médio (x) durante a emissão de folhas na HP, RS1 e RS2. Os resultados desta regressão foram: $y=-2,4x+50$ ($r^2=0,89$) para filocrono na RS1; $y=-3,2x+62$ ($r^2=0,50$), para filocrono na RS2; $y=55,7x-769$ ($r^2=0,36$), para NFF na HP; $y=12,2x+134$ ($r^2=0,72$), para NFF na RS1 e; $y=6,5x-65$ ($r^2=0,95$) para NFF na RS2. Estes resultados indicam que o fotoperíodo pode ser um elemento meteorológico que afeta a velocidade de emissão de folhas na RS1 e RS2 e o NFF na HP, RS1 e RS2 nesta variedade.

Fotoperíodos com duração acima de 12 horas favoreceram o crescimento vegetativo da mandioca (TERNES, 2002; ALVES, 2006). Neste trabalho, o fato do fotoperíodo ter sido sempre superior a doze horas e a regressão linear ter sido positiva entre NFF e fotoperíodo médio para HP, RS1 e RS2 sinaliza a favor desta hipótese e confirma parcialmente as afirmações de Ternes (2002) e Alves (2006). No entanto, mais estudos precisam ser feitos para confirmar esta hipótese, dando-se prioridade para experimentos em que o fotoperíodo seja controlado, pois no campo o fotoperíodo é variável em nível diário. Dessa forma se for feita a média do fotoperíodo durante a emissão de folhas, poderá se introduzir erros compensatórios que reduziram a certeza da influência deste elemento sobre o desenvolvimento vegetativo desta variedade de mandioca.

Na ANOVA considerando um fatorial hierárquico, não foi detectado efeito significativo do fator ramo em cada ramificação simpodial (RS1 e RS2) para ambas as variáveis filocrono e NFF. Estes resultados indicam que o desenvolvimento dos três ramos dentro de cada ramificação simpodial (RS1 e RS2) não é diferente nesta variedade de mandioca. A partir desses resultados pode-se afirmar que, em modelos de simulação do desenvolvimento da mandioca, pode-se usar a

mesma velocidade de emissão de folhas nos diferentes ramos do mesmo simpódio, confirmando que esta pressuposição usada para genótipos em outros países (MATTHEWS & HUNT, 1994; GRAY, 2000) se aplica também a genótipos brasileiros de mandioca.

CONCLUSÕES

O filocrono aumenta e o número final de folhas diminui à medida que aumentam o número de ramificações simpodiais na planta de mandioca.

Dentro das ramificações simpodiais de mesma ordem da mandioca, o filocrono e o número final de folhas não são diferentes.

O filocrono e o número de folhas em mandioca variam com data de plantio de plantio.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A.A.C. Fisiologia da mandioca. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca.** Cruz das Almas, BA: EMBRAPA. Cap.7, 2006, p.138-169.
- ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Boston, v.76, n.1, p.682-692, 1960.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul.** Recife: MA/DPP, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

- CARVALHO, J.E.; FUKUDA, W.M.G. Estrutura da planta e morfologia. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap.6, p.126-137.
- CONCEIÇÃO, A. J da. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1981, 382 p.
- EMBRAPA. **Mandioca e fruticultura**: cultura da mandioca. 2003. On line. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_amapa/semtes.htm>. Acesso em: 4 maio. 2007.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. **The global cassava development strategy and implementation plan**. Roma. FAO V.1, 2001, 70p.
- FEPAGRO. **Novas cultivares para o Rio Grande do Sul**: mandioca. Taquarí, RS: FEPAGRO, 2005, 3p.
- GRAY, V.M. A comparison of two approaches for modelling cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) crop growth. **Annals of Botany**, Oxford, v.85, p.77-90, 2000.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2005**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, Brasil: IBGE, Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. V.32, p.1-101, 2005.
- KIRBY, E.J. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.11-19, 1995.
- KEPPLER, B. et al. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.798-792, 1982.
- MATTHEWS, R.B.; HUNT, L.A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.36, p.69-84, 1994.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 43p.

- SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início da acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função data de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007.
- STRECK, N.A. et al. Estimativa do filocrono em cultivares de trigo de primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.3, p.423-429, 2005a.
- STRECK, N.A. et al. Estimating leaf appearance rate and phyllochron in safflower. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1448-1450, 2005b.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS-ASCAR, 2008. 222p.
- TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M.P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill.V.2, 2002, p.66-82.
- WILHELM, W.W.; McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.1-3, 1995.
- XUE, Q. et al. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v.175, p.261-270, 2004.

Tabela 1 – Filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) e número final de folhas (NFF, folhas) em função da posição na planta (HP= haste principal, RS1= Ramificação simpodial de primeira ordem, RS2= Ramificação simpodial de segunda ordem) e da data de plantio da mandioca variedade de mandioca “FEPAGRO RS13”. Santa Maria, RS, 2006/07.

DATA DE PLANTIO	FILOCRONO			NFF		
	HP	RS1	RS2	HP	RS1	RS2
26/09/2006	13,7 Ba	14,4 Bb	21,2 Ab	41,7 Bd	52,4 Aa	23,8 Ca
18/10/2006	14,7 Ba	13,9 Bb	18,3 Ac	48,4 Ac	38,5 Bb	21,9 Ca
08/11/2006	13,8 Ca	17,8 Ba	25,5 Aa	72,6 Aa	28,6 Bd	14,7 Cb
28/11/2006	14,1 Ca	16,6 Ba	21,5 Ab	60,7 Ab	33,6 Bc	16,0 Cb
CV%	14,38			9,66		

* Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

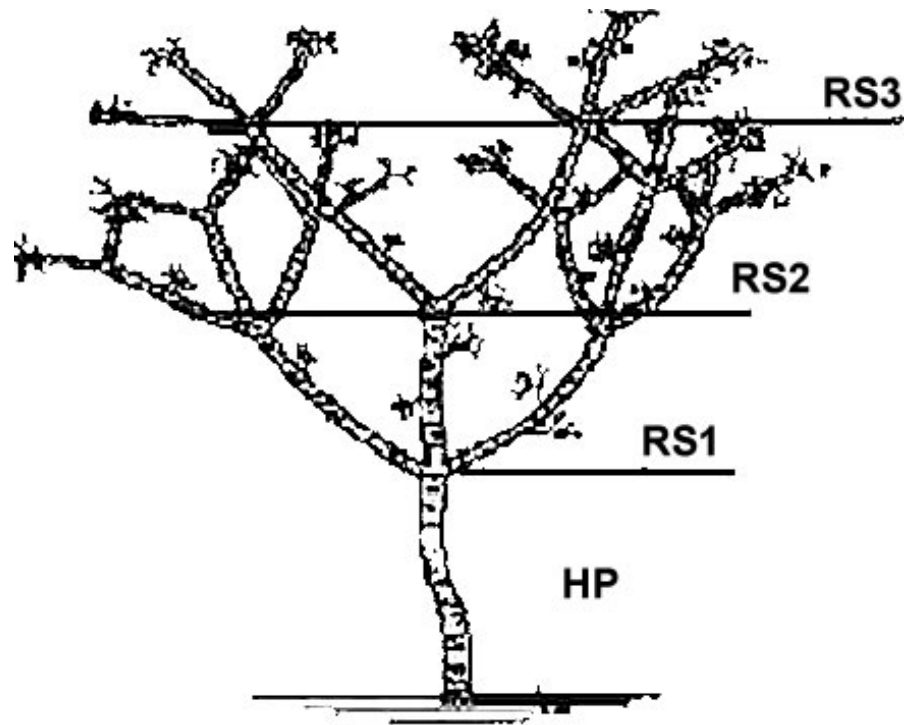


Figura 1 - Estrutura de uma planta de mandioca, sendo HP a haste principal, RS1 ramificação simpodial de primeira ordem, RS2 ramificação simpodial de segunda ordem e RS3 ramificação simpodial de terceira ordem (EMBRAPA, 2003).

4. CAPÍTULO II

Desenvolvimento, crescimento e produtividade de mandioca em função de datas de plantio

Development, growth, and yield of cassava as a function of planting dates

RESUMO

A mandioca uma fonte rica em amido e é uma das matérias primas para fontes de energias renováveis. O objetivo deste trabalho foi caracterizar alguns parâmetros de desenvolvimento, crescimento e os componentes da produtividade de ramas e de raízes tuberosas de uma variedade de mandioca em função de datas de plantio na região da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul. O experimento de campo foi conduzido no ano agrícola de 2006/2007, em Santa Maria, RS, com a variedade de mandioca FEPAGRO RS 13. Os tratamentos foram quatro datas de plantio (26/09/2006, 18/10/2006, 08/11/2006 e 28/11/2006) na densidade de 16.000 plantas ha⁻¹ e no delineamento inteiramente casualizado com amostragem na parcela. Foram coletadas as variáveis de desenvolvimento, crescimento e componentes da produtividade da mandioca. A duração das fases de desenvolvimento, plantio-emergência (PL-EM), emergência-início da acumulação de amido (EM-IAA), início da acumulação de amido- ramificação simpodial de primeira ordem (IAA-RS1), ramificação simpodial de primeira ordem-ramificação simpodial de segunda ordem (RS1-RS2) e ramificação simpodial de segunda ordem-ramificação simpodial de terceira ordem (RS2-RS3) foi calculada através da soma térmica (°C dia), considerando a temperatura base para essa variedade de mandioca de 14°C. A área foliar foi calculada a partir do

comprimento do maior lóbulo de folhas individuais. O comprimento e o diâmetro dos ramos entre as ramificações e dentro das ramificações foram analisados através de um bifatorial e de um fatorial hierárquico, respectivamente. Foi também analisada a altura final de plantas entre as datas de plantio e os componentes de produtividade de raízes e ramos em massa fresca (MF) e massa seca (MS). Plantios mais cedo aceleraram o desenvolvimento até o IAA e a RS1 na mandioca. O crescimento da mandioca decresceu com o atraso na data de plantio. Dentro de cada ramificação RS1 e RS2, os ramos tiveram crescimento diferente. A produtividade de ramos da mandioca diminuiu em plantios mais tardios enquanto a produtividade de raízes tuberosas não foi afetada pela data de plantio.

Palavras-chave: Comprimento e diâmetro de ramos, desenvolvimento vegetal, produtividade, *Manihot esculenta*.

ABSTRACT

Development, growth, and yield of cassava as a function of planting dates

Cassava is an important source of starch and one of the basic products for renewable energies. The objective of this study was to characterize some developmental and growth parameters, and yield components of stem and tuber roots of a cassava variety in several planting dates in the Central Region of the Rio Grande do Sul State. A field experiment was conducted during the 2006/2007 growing season in Santa Maria, RS, Brazil, with the variety FEPAGRO RS 13. Treatments were four planting dates (26 Sep. 2006, 18 Oct. 2006, 08 Nov. 2006, and 28 Nov. 2006) with a plant density of 16,000 plants ha⁻¹, in a completely randomized design and sampling in the plots. Development and growth variables, and yield components were collected. The duration of the developmental phases planting to emergence (PL-EM), emergence to onset of

starch accumulation (EM-IAA), onset of starch accumulation to first order branching (IAA-RS1), first order branching to second order branching (RS1-RS2), and second order branching to third order branching (RS2-RS3) was calculated as thermal time with a base temperature of 14°C. Leaf area was calculated from the length of the longest lobule of individual leaves. Stem length and diameter among branches and within branches were analyzed as a two-factor and as a hierarchical factorial design, respectively. Final plant height, and fresh and dry mass of stems and tuber roots yield components were also measured. Earlier plantings hastened development until the onset of starch accumulation and until RS1 appearance. Cassava growth decreased as planting was delayed. Stems within each of RS1 and RS2 branching had different growth. Stem yield decreased as planting was delayed whereas tuber roots yield was not affected by planting date

Key words: stem length and diameter, plant development, yield, *Manihot esculenta*.

INTRODUÇÃO

A mandioca constitui uma fonte de amido barata suprimindo a dieta de uma grande parte da população brasileira e mundial. Além do amido das raízes tuberosas é possível o aproveitamento da parte aérea da mandioca para alimento animal na forma de silagem, feno ou consumo “in natura”. No Brasil, na década de 30 e também durante a segunda guerra mundial, diante da crise e falta de reservas energéticas foi usado o álcool obtido do amido de mandioca, que depois foi substituído pelo álcool obtido a partir da cana-de-açúcar (OSTROWSKI et al. 2006). Atualmente, a crise energética é uma constante no dia-a-dia da população mundial e intensifica-se a busca de

matéria prima para energias renováveis, dentre elas a cana-de-açúcar e as culturas amiláceas, capazes de serem transformadas em álcool.

A cultura da mandioca no Brasil adapta-se bem na grande variabilidade de solo e condições climáticas, sendo por isso cultivada de norte a sul e de leste a oeste. A produtividade média de raízes tuberosas de mandioca no Brasil é baixa, 14.000 t ha^{-1} (IBGE, 2008), aquém do seu potencial, que pode ir de 25 t ha^{-1} até 60 t ha^{-1} (COCK, 1990; FAO, 2001). As maiores regiões produtoras são as regiões Norte e Nordeste. A região Sul do Brasil é detentora de 19,97% da produção média do país, sendo nos estados do Paraná e Santa Catarina onde se concentram as maiores áreas (IBGE, 2008). O Rio Grande do Sul detém uma pequena participação na produção de mandioca, apenas 4,4% da produção nacional, concentrada principalmente na região da Depressão Central, onde a temperatura média anual é mais elevada e assim a estação de crescimento é longo o suficiente para se alcançar maiores produtividades (IBGE, 2005).

A época de implantação da cultura da mandioca é um fator importante que influencia na produtividade da mandioca. No Brasil o plantio da mandioca inicia-se logo após a estação chuvosa (EMBRAPA, 2003). No Rio Grande do Sul o início do plantio vai de setembro a outubro, quando inicia o período das chuvas, as temperaturas estão em elevação e as gemas das ramas, que antes encontravam-se dormentes por ocasião das baixas temperaturas, começam a brotar (CONCEIÇÃO, 1981).

O desenvolvimento refere-se à diferenciação celular, iniciação e aparecimento de órgãos e se estende até a senescência da cultura, enquanto que crescimento é o aumento irreversível de uma grandeza física como massa, área, altura, diâmetro e volume (HODGES, 1991; WILHELM & McMASTER, 1995). As folhas da mandioca são decíduas, duram de um a dois meses na planta, dependendo da condição de sanidade da planta, das condições meteorológicas e da

genética do clone (CARVALHO & FUKUDA, 2006). Segundo SHARKAWY et al. (1989), as características sugerem que a planta de mandioca seja uma espécie de metabolismo intermediário entre C3 e C4, pois apesar de não possuir anatomia foliar típica de plantas C4 ela possui características fotossintéticas que se aproximam de espécies C4, como por exemplo o baixo ponto de compensação de CO₂, similar ao milho (C4), e o aumento da liberação de CO₂ sob iluminação. Ainda segundo SHARKAWY et al. (1989), muitos genótipos de mandioca tem o complexo enzimático presente em plantas C4, mas não tem a anatomia foliar destas, sugerindo que a mandioca pode ser uma espécie intermediária no processo evolutivo do mecanismo C3 para o C4 ou um híbrido natural entre espécies C3 e C4.

No Rio Grande do Sul onde as estações climáticas são definidas e o inverno é caracterizado pelas baixas temperaturas do ar, as plantas de mandioca perdem as folhas e paralisam seu crescimento. Esse fato marca o seu repouso invernal, porém não caracteriza a paralisação do desenvolvimento, e assim que as temperaturas aumentam e tornam-se favoráveis para a brotação das gemas, reinicia-se o ciclo de crescimento. O plantio nessa região pode ser realizado a partir de setembro (CONCEIÇÃO, 1981), mas informações sobre datas de plantio da mandioca na região de Santa Maria que pertence a Depressão Central do Rio Grande do Sul, são escassas, especialmente no que se refere a parâmetros de desenvolvimento e crescimento visando maiores produtividades, seja da parte aérea para a alimentação animal ou das raízes tuberosas. Assim, preencher parte desta lacuna foi a motivação para este trabalho.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar alguns parâmetros de desenvolvimento, de crescimento e os componentes da produtividade de ramas e de raízes tuberosas de uma variedade de mandioca em várias datas de plantio na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento com a cultura da mandioca, junto a área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no ano agrícola de 2006/07 em Santa Maria, RS, (latitude: 29°43'S, longitude: 53°43'W e altitude: 95m) localizada na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul, uma das duas regiões preferenciais para o cultivo da mandioca neste Estado (IBGE, 2005). A região possui clima Cfa, que significa subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961). O solo do local é classificado como uma transição entre a Unidade de Mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho distrófico arênico) e a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Argissolo Bruno-Acinzentado alítico umbrico) (BRASIL, 1973; STRECK et al., 2008).

Os tratamentos foram quatro datas de plantios: 26/09/2006, 18/10/2006, 08/11/2006 e 28/11/2006. As duas primeiras datas de plantio estão situadas dentro da época recomendada para a cultura na região da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul, setembro e outubro (CONCEIÇÃO, 1981) enquanto as duas últimas datas são consideradas tardias para essa região, mas em alguns anos em Santa Maria, a estação fria prolonga-se até a primavera, o que dificulta a brotação das gemas das manivas e assim os agricultores plantam mandioca em novembro. Foram usadas manivas-semente da variedade FEPAGRO RS 13 da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul. Esse genótipo se caracteriza por ser adaptado e bastante usado no Rio Grande do Sul, com caule do tipo simpodial tricotômico (FEPAGRO, 2005).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com amostragem na parcela. A área foi dividida em quatro parcelões onde foram distribuídos os quatro tratamentos (datas de

plântio). Cada parcelão foi dividido em quatro parcelas e cada parcela foi composta por uma área de 4,0 x 9,0m, com cinco fileiras de 9,0m de comprimento. A densidade foi de 16.000 plantas ha⁻¹, no espaçamento de 0,80 x 0,80m entre plantas e entre fileiras. Cada parcela foi separada por uma faixa de circulação de 3,0m. Ao lado adjacente dos parcelões e em cada data de plântio, foram plantadas três fileiras de 22 m de comprimento que foram usadas para determinar o início de acumulação de amido (IAA).

O solo foi preparado pelo modo convencional com duas gradagens, seguidas de uma adubação NPK com a fórmula 05-20-20 na dose de 275 kg ha⁻¹, distribuída a lanço na área antes do plântio. O plântio foi realizado com coveamento manual, usando-se manivas-semente de 0,20 m de comprimento e na profundidade de 0,10m.

Foram realizadas duas adubações de cobertura com nitrogênio, uma no início de acumulação de amido e a outra aos 40 dias após a primeira aplicação, na dose de 40 kg ha⁻¹ de uréia em cada aplicação. O controle de plantas daninhas foi feito manualmente, para evitar interferência desses fatores bióticos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Não foram realizadas irrigações, pois não houve sintomas aparentes de deficiência hídrica, indicativos de que a precipitação atendeu a demanda hídrica da cultura durante a estação de crescimento.

A data da emergência das plantas foi considerada quando 50% das mesmas estavam visíveis acima do nível do solo em cada parcela. Uma semana após a emergência foram selecionadas aleatoriamente seis plantas em cada parcela, totalizando 24 plantas em cada parcelão (data de plântio). Nas plantas selecionadas foram identificadas com arames coloridos, a haste principal (HP) e os três ramos do simpódio de primeira ordem (RS1) e de segunda ordem (RS2) e de terceira ordem (RS3) (Figura 1, Capítulo I).

As variáveis de desenvolvimento, medidas nas plantas marcadas nas diferentes datas de plantio foram: data de aparecimento das ramificações RS1, RS2 e RS3; e o início de acumulação de amido (IAA). A ramificação simpodial foi considerada visível quando foi possível observar os ramos tricotômicos. Para determinar o IAA foram usadas as plantas das parcelas adjacentes aos parcelões. Foi feito o arranquio de seis plantas de mandioca aleatoriamente e diariamente nas três fileiras adjacentes aos blocos a partir do momento que as plantas encontravam-se com 18 folhas na haste principal (HP). O IAA foi considerado o dia em que pelo menos 50% das plantas amostradas apresentavam pelo menos uma raiz com diâmetro igual ou superior a 0,01m, medidas com um paquímetro manual (SCHONS, 2006).

A duração das fases plantio à emergência (PL-EM), emergência ao início de acumulação de amido (EM-IAA), início da acumulação de amido à ramificação simpodial de primeira ordem (IAA-RS1), ramificação simpodial de primeira ordem à ramificação simpodial de segunda ordem (RS1-RS2) e a ramificação simpodial de segunda ordem à ramificação simpodial de terceira ordem (RS2-RS3) foi expressa em °C dia. A soma térmica diária (STd) a partir do plantio das manivas-sementes foi calculada segundo ARNOLD (1960):

$$STd = (T_m - T_b) \cdot 1 \text{ dia } \{^{\circ}\text{C dia}\} \quad (1)$$

Em que, T_m é a temperatura média diária do ar calculada pela média aritmética das temperaturas mínima e máxima do ar; T_b é a temperatura base considerada como 14°C para essa variedade de mandioca (SCHONS et al., 2007). A soma térmica acumulada para cada fase (STa) foi calculada por :

$$STa = \sum STd \{^{\circ}\text{C dia}\} \quad (2)$$

As variáveis de crescimento medidas foram: área foliar, comprimento final da HP e das ramificações RS1 e RS2, altura final da planta do nível do solo até a inserção da última folha e diâmetro final a 0,20 m do início da inserção da HP, RS1 e RS2.

A área foliar foi determinada a cada duas semanas. Para tanto, foram realizadas medições do comprimento do maior lóbulo nas folhas verdes em uma das plantas marcadas de cada parcelão através de um paquímetro manual. A área foliar foi estimada pela equação 1 (SCHONS, 2006), em que AF é a área da folha (cm²), x é o comprimento do maior lóbulo (cm):

$$AF = 3,2792x + 0,1607x^2 + 0,0402x^3 \quad (3)$$

O índice de área foliar (IAF) verde foi calculado somando-se as áreas individuais de folhas e dividindo-se pela área de solo ocupada por uma planta (0,64 m²), em mesma unidade de área. O IAF, foi determinado para as folhas verdes da HP, RS1, e RS2. A área foliar da RS3 não foi determinada, porque ainda não havia se formado na maioria das plantas amostradas e quando formada as folhas não estavam visíveis, impossibilitando as medições. Na RS1 e RS2 foram medidas as folhas de um ramo e multiplicada pelo número de ramos do simpódio.

Exceto as medidas de área foliar, todas as outras variáveis de crescimento foram realizadas durante o repouso invernal antes da colheita, quando o crescimento e a emissão de folhas estavam paralisados.

A colheita foi realizada no dia 19 de junho de 2007. Nesta época as temperaturas eram baixas e a maioria das folhas haviam senescido e as poucas folhas que restaram haviam paralisado seu crescimento (período de repouso invernal). Nesse momento foram coletadas as variáveis de produtividade da parte aérea (ramas) e das raízes tuberosas nas seis plantas marcadas de cada parcelão. A massa fresca total da rama (M_{Frama}, g planta⁻¹) foi pesada em balança com resolução de 50 gramas. Para determinar a massa seca de ramos, foi retirado uma amostra de 20

cm de ramas da HP, RS1, RS2 e RS3 em três plantas por parcelão. A amostra por parcelão foi pesada para determinar a massa fresca da rama (MFamostra). A amostra usada para MFamostra foi colocada em estufa de ar forçado a temperatura de 60°C até a massa constante, para a determinação da massa seca da amostra (MSamostra). A massa seca total da rama (MSrama) em gramas por planta foi calculada por:

$$MSrama \text{ (g/planta)} = (MFrama * MSamostra) / MFamostra \quad (4)$$

A produtividade da rama, em massa fresca e seca ($t \text{ ha}^{-1}$), foi calculada multiplicando-se os valores, convertidos nas unidades adequadas da MFrama e da MSrama pela densidade de plantas.

A produtividade de raízes tuberosas foi determinada dividindo-se em raízes comercializáveis (RC) e não comercializáveis (RNC). As raízes com comprimento maior que 0,10 m e diâmetro maior que 0,02 m foram consideradas raízes comerciais RC e as raízes com diâmetro entre 0,01 e 0,02 m e comprimento inferior a 0,10 m foram consideradas as RNC (SCHONS, 2006). As raízes das seis plantas marcadas em cada parcelão foram classificadas e contadas. Foram selecionadas ao acaso 10 RC e 10 RNC, pesadas e colocadas em estufa a 60°C até matéria constante, visando determinar a massa seca (MS). A massa fresca e massa seca de raízes, em gramas por planta, foram calculadas por:

$$MFraízes/planta = [\text{número de raízes (RC e RNC)/planta}] * [(MF \text{ de } 10 \text{ Raízes})/10 \text{ raízes}] \quad (5)$$

$$MSraízes/planta = [\text{número de raízes (RC e RNC)/planta}] * [(MS \text{ de } 10 \text{ Raízes})/10 \text{ raízes}] \quad (6)$$

A produtividade de raízes RC e RNC em massa fresca e massa seca ($t \text{ ha}^{-1}$) foram calculadas multiplicando-se a massa fresca e seca por planta pela densidade de plantas.

Os valores de temperatura mínima e máxima diárias do ar, durante o período experimental, foram medidos na Estação Climatológica Principal, pertencente ao 8º DISME/INMET/MA e localizada aproximadamente 100 m da área experimental.

A análise estatística objetivou verificar diferenças de comprimento final e diâmetro final de um ramo (i) entre as ramificações (HP, RS1, RS2) e (ii) entre os ramos dentro do mesmo simpódio (RS1 e RS2) nas plantas de mandioca nas diferentes datas de plantio. Para alcançar (i) considerou-se um bifatorial (4 datas x 3 ramificações). Para alcançar (ii), considerou-se um fatorial hierárquico para os ramos de um mesmo simpódio. As médias obtidas da análise bifatorial foram comparadas através do teste de Tukey, e as médias obtidas pelo fatorial hierárquico foram comparadas pelo teste F, ambos a 5% de probabilidade.

As variáveis de crescimento (altura, MS e MF de ramas) e variáveis de produtividade (ramas e raízes tuberosas) foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Figura 1, houve uma tendência no aumento da duração (em °C dia) da fase PL-EM com o atraso na data de plantio, e em dias do calendário civil a duração desta fase diminuiu (15, 12,13 e 10 dias). Na fase de EM-IAA a soma térmica foi crescente para as quatro datas de plantio, sendo 456,6°C dia, 491,15°C dia, 520,2 °C dia, 540 °C dia, respectivamente para as datas 26/09/2006, 18/10/2006, 08/11/2006 e 28/11/2006, assim como, também foi crescente o número médio de folhas na haste principal da planta no momento do IAA (30,2; 33,5; 33,6 e 36,2 folhas planta⁻¹) nas quatro datas de plantio. Estes resultados indicam que com o atraso no plantio as plantas emitem mais folhas e acumulam uma soma térmica maior para o IAA. Na prática em campo, a diferença na soma térmica que foi de 83,6 °C dia, entre a primeira e última data de plantio (26/09/06, 18/10/06, 08/11/06 e 28/11/06) para a fase EM-IAA, correspondem 7 a 8 dias do calendário civil a menos para esse período do ano na região da Depressão Central do Rio

Grande do Sul, essa diferença é importante, pois o atraso no plantio promove o acúmulo de amido nas raízes de reserva mais precocemente.

A soma térmica para a fase IAA-RS1, foi menor no plantio em 08/11/2006 (112°C dia) e em 26/09/2006 (118°C dia), intermediário no plantio em 18/10/2006 (145,75 °C dia) e maior no plantio 28/11/2006 (274,8 °C dia), ou seja, não seguiu uma tendência clara. Para o plantio em 18/10/2006, 62,5% das plantas amostradas completaram a fase IAA-RS1 com uma soma térmica média de 636,6°C dias, mas essas plantas não foram incluídas para a análise, pois essas plantas produziram aproximadamente o dobro de folhas na HP em relação as plantas das outras datas de plantio.

Na fase RS1-RS2 a soma térmica não teve uma tendência clara de variação com as datas de plantio, mas teve relação inversa com a duração da fase IAA-RS1, ou seja, foi maior nos plantios de 08/11/2006 (764,7 °C dia) e 26/09/2006 (702,2 °C dia), intermediário no plantio de 18/10/2006 (496,15 °C dia) e menor no plantio de 28/11/2006 (442,8 °C dia). Nas duas últimas datas de plantio as plantas não emitiram a terceira ramificação simpodial antes do repouso invernal, sendo a duração da fase RS2-RS3, de 421,7 e 440, 6 °Cdia para as duas primeiras datas de plantio, respectivamente.

A evolução do IAF verde durante a estação de crescimento nas quatro datas de plantio é apresentada na Figura 2. O início do cobrimento do solo pelas folhas foi tanto mais cedo quanto mais cedo foi o plantio. O IAF máximo (IAF=7,7) foi no plantio mais cedo (26/09/2006) e decresceu nas duas datas seguintes (18/10 e 08/11/2006). Já na data de plantio mais tarde (28/11/2006) o IAF máximo foi elevado (IAF=7,4) e similar ao IAF máximo da primeira data de plantio. Este elevado IAF máximo alcançado na data de plantio mais tardia foi inesperado, mas pode ser explicado pela baixa senescência das folhas basais comparada com as outras três datas

de plantio. O menor IAF máximo (IAF=5,6) na data de plantio de 08/11/2006 pode ser explicado pelo fato das plantas desta data de plantio não terem emitido a ramificação RS2 até a última determinação em 29/03/2007.

Os valores de IAF máximo obtidos nesse estudo são superiores aos obtidos por TÁVORA et al. (1995) em um experimento com 11 variedades de mandioca, em que a média do IAF máximo das variedades foi de 2,02 aos 309 dias após plantio (variação de 1,29 a 2,83). Em outro estudo, BAKER et al (1989) obtiveram valores de IAF máximo de 8,0 aos 168 dias após plantio sendo reduzido para IAF máximo 3,0 aos 234 dias, para uma variedade de mandioca. Para que a mandioca consiga uma alta produtividade de raízes é necessário que ela atinja um IAF em torno de 3,5 rapidamente e consiga mantê-lo por um longo período de tempo (COCK et al., 1979). IAF maior que 4,0 tende a reduzir o crescimento de raízes em detrimento da parte aérea. A estrutura da planta da variedade de mandioca usada neste estudo, com ramificações do tipo tricotômico, pode ter contribuído para atingir um IAF máximo elevado, se comparado com outros experimentos.

O decréscimo do IAF após ter atingido o valor máximo, em todas as datas de plantio, reflete a elevada taxa de senescência das folhas inferiores do dossel a partir do primeiro decêndio de março/2007 em função da redução da temperatura do ar e da densidade de fluxo de radiação solar global incidente com a aproximação do equinócio de outono no Hemisfério Sul. Esse fato, que levou as plantas de todas as datas de plantio ter todas as folhas senescidas até o fim de junho de 2007 quando entraram em repouso invernal.

Houve interação entre os fatores (data de plantio e ramificações) para a variável comprimento final de ramos, mas não para a variável diâmetro final de ramos. Assim, a análise estatística para comparação de médias foi desdobrada para a primeira variável (Tabela 1) e não

para a segunda variável (Tabela 2). Entre as datas de plantio, o comprimento da HP foi menor na primeira data de plantio, diferindo das demais datas, as quais não diferiram entre si. O menor comprimento da HP no plantio mais cedo está associado com um menor número de folhas nesta data de plantio (42 folhas) comparado com as outras (48, 73 e 62 folhas). Já o comprimento da RS1 foi maior na primeira data de plantio, seguida da quarta e segunda datas de plantio, que não diferiram entre si, e a segunda data não diferiu da terceira data de plantio. O comprimento da RS2 foi maior na primeira data de plantio, seguida da segunda data de plantio, e da terceira e quarta datas de plantio, que não diferiram entre si (Tabela 1). Menores comprimentos dos ramos da RS1 e, principalmente de RS2, em plantios mais tardios devem estar associados à menor densidade de fluxo de radiação solar incidente durante o crescimento destes ramos, comparado com o plantio mais cedo. Entre as ramificações, o maior comprimento final foi na HP, com exceção da primeira data de plantio, onde o maior comprimento foi na RS1, e na última data de plantio em que não diferiu da RS1 (Tabela 1).

Entre as ramificações, o diâmetro final dos ramos foi maior na primeira data de plantio, seguido da segunda e quarta datas de plantio, que não diferiram entre si, mas diferiram da terceira data de plantio, que teve o menor diâmetro (Tabela 2). O maior diâmetro final foi na HP, seguido da RS1 e da RS2 (Tabela 2). Maiores diâmetros em plantios mais cedo e, entre ramificações, na HP, devem estar associados com maior densidade de fluxo de radiação solar incidente durante o crescimento dos ramos comparado a plantios mais tardios bem como ao maior tempo de acumulação de carboidratos na HP.

Na análise do fatorial hierárquico para ramos de um mesmo nível de simpódio (RS1 e RS2), houve efeito significativo do fator ramo para as variáveis, comprimento final de ramos da RS1 e diâmetro final de ramos da RS1 e RS2, mas não houve diferenças significativas para a

variável comprimento final de ramos da RS2. Estes resultados indicam que o crescimento dos três ramos que compõem a RS1 e a RS2 não é igual. Estes resultados indicam que a pressuposição usada por MATTHEWS & HUNT (1994) de que a emissão de folhas dos ramos que compõem uma ramificação simpodial em mandioca não se confirmou para o crescimento dos ramos.

A altura final das plantas foi maior nas duas primeiras datas de plantio, variando de 3,67 m a 3,41m, e estatisticamente menor nas duas últimas data de plantio que foi de 2,90m e 2,87m. Sugere-se que a variação deva-se a fatores ambientais, o destino da parte aérea dessa variedade de mandioca é usado na forma de forragem para alimentação animal, pelo fato dela possuir como característica um porte elevado. Em um experimento no Nordeste do Paraná onde foi avaliado a altura final de plantas por ocasião da colheita em 9 variedades de mandioca obteve-se uma média de 2,27 m entre elas (VIDIGAL FILHO et al.,2000).

A produtividade de massa fresca e massa seca de ramas foram maiores na primeira data de plantio, seguida da segunda data de plantio, e pelas duas últimas datas de plantio, que não diferiram entre si (Tabela 3). O decréscimo da produtividade de ramas com o atraso da data de plantio está diretamente associado com o progressivo decréscimo do IAF máximo nas primeiras três datas de plantio (Figura 1), pois quanto maior o IAF, maior é produção de fotoassimilados disponíveis para crescimento das partes da planta. Na data de plantio mais tardia (28/11/2006), o IAF máximo alcançou valores similares ao IAF da data mais cedo (26/09/2006), e este fato certamente contribuiu para o crescimento das ramas não seguir a tendência de decréscimo e ser similar (e não inferior) à produtividade de ramas na terceira data de plantio. Já a produtividade de massa fresca e massa seca de raízes tuberosas (RC, RNC e total) não diferiram entre as datas de plantio (Tabela 3).

Foi surpreendente a baixa produtividade na primeira data de plantio (26/09/2006), pois a produtividade de ramas foi elevada nesta data de plantio. Esta baixa produtividade de raízes no plantio mais cedo pode ser explicado pelo elevado crescimento de ramas e pelo elevado IAF máximo, que devem ter causado elevada competição intra-específica e sombreamento, respectivamente, e que resultou em menor acúmulo de reservas nas raízes. ALVES (2006) confirma essa hipótese de que com o sombreamento, condições de baixa radiação solar, há uma limitação da fotossíntese e parte dos fotoassimilados é usado para o crescimento da parte aérea, diminuindo o desenvolvimento das raízes de reserva e mostrando que as hastes e folhas são drenos mais fortes os que as raízes. Assim, uma das implicações destes resultados é que, para obter-se maior produtividade de raízes com esta variedade, em plantios cedo se deve optar por espaçamentos maiores do que 0,8 m x 0,8 m. Por outro lado, quando há interesse pelo agricultor de usar a parte aérea para o aração animal, o plantio cedo desta variedade permite um elevado crescimento da parte aérea, sem redução significativa da produtividade de raízes tuberosas.

CONCLUSÕES

Plantios mais cedo aceleram o desenvolvimento até o início da acumulação de amido e até a ramificação simpodial de primeira ordem na mandioca variedade FEPAGRO RS 13.

O crescimento da mandioca variedade FEPAGRO RS 13 decresce com o atraso na data de plantio. Entre as ramificações, o crescimento é decrescente na seqüência HP>RS1>RS2. Dentro de cada ramificação, ramificação simpodial de primeira e segunda ordem, os ramos têm crescimento diferente.

A produtividade de ramas da mandioca variedade FEPAGRO RS 13 diminui em plantios mais tardios enquanto a produtividade de raízes tuberosas não é afetada pela data de plantio.

AGRADECIMENTOS

À FAPERGS pela Bolsa de Iniciação Científica a H.T. Rosa e ao CNPq pelo auxílio financeiro a N.A. Streck (Bolsa de Produtividade em Pesquisa) e a L.C. Walter (Bolsa de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq/UFSM).

REFERÊNCIAS

- ALVES, A.A.C. Fisiologia da mandioca. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca.** Cruz das Almas, BA: EMBRAPA, 2006. Cap.7, p.138-169.
- ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Boston, v.76, n.1, p.682-692, 1960.
- BAKER, G. R. et al., The response of cassava to water deficits at various stages of growth in the subtropics. **Journal of Agricultural Research**, Australian, v. 40, n. 1, p. 517-528, 1989.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul.** Recife: MA/DPP, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- CARVALHO, J.E.; FUKUDA, W.M.G. Estrutura da planta e morfologia. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca.** Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap.6, p.126-137.

- CONCEIÇÃO, A. J da. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1981. p.382.
- COCK, J. H. **La yuca: nuevo potencial para un cultivo tradicional**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990. 240 p.
- EL-SHARKAWY et al. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.2, p. 143-154,1989.
- EMBRAPA. **Mandioca e fruticultura: cultura da mandioca**. 2003. On line. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_amapa/semes.htm> Acesso em: 4 maio. 2007.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. **The global cassava development strategy and implementation plan**. Roma, 2001. V.1, 70p.
- FEPAGRO. **Novas cultivares para o Rio Grande do Sul: mandioca**. Taquarí, RS: FEPAGRO, 2005, 3p.
- HODGES, T.F. **Predict crop phenology**. Boca Raton: CRC, 1991. 233p.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2005: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro. IBGE, Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. V. 32, p.1-101, 2005.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2008: Lavouras**. On line. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br>> Acesso 15 dez. 2008.
- MATTHEWS, R.B.; HUNT, L.A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.36, p.69-84, 1994.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 43p.

OSTROWSKI , P. A. et al. Obtenção do álcool etílico apartir do amido de mandioca. Camburiú, SC, 2006. **I MICTI. Monstra** de Iniciação Científica e Tecnológica interdisciplinar: Colégio Agrícola de Camburiú – UFSC, 2006. 21p.

SCHONS, A. **Crescimento e desenvolvimento da mandioca e do milho em cultivo solteiro e consorciado.** 2006. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início da acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007.

SINHA , S. K.; NAIR, T. V. Leaf área during growth and yielding capacity of cassava. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.31, p.16-20, 1971.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS-ASCAR, 2008. 222p.

VIDIGAL FILHO, P. S. et al. Avaliação de cultivares de mandioca na região Noroeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, SP. v. 59, n. 1, p. 69-75, 2000.

WILHELM, W.W.; McMASTER,G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.1-3, 1995.

Tabela 1 – Comprimento final (m) do ramo em função da posição na planta (HP= haste principal, RS1= Ramificação simpodial de primeira ordem, RS2= Ramificação simpodial de segunda ordem) e da data de plantio da variedade de mandioca “FEPAGRO RS13”. Santa Maria, RS, 2006/07.

Datas de plantio	Comprimento final (m)		
	HP	RS1	RS2
26/09/2006	0,78 Bc	1,93 Aa	0,83 Ba
18/10/2006	1,68 Aa	1,11 Bcb	0,54 Cb
08/11/2006	1,67 Aa	0,97 Bc	0,37 Cc
28/11/2006	1,32 Ab	1,18 Ab	0,39 Bc
CV%	18		

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 – Diâmetro final (cm) do ramo em função da data de plantio e em função da posição na planta (HP= haste principal, RS1= Ramificação simpodial de primeira ordem, RS2= Ramificação simpodial de segunda ordem) e da data de plantio da variedade de mandioca “FEPAGRO RS13”.
Santa Maria, RS, 2006/07.

Datas de plantio	Diâmetro (cm)
26/9/2006	1,9 a
18/10/2006	1,5 b
08/11/2006	1,2 c
28/11/2006	1,4 b
CV%	13,4
Hastes	Diâmetro (cm)
HP	3,2 a
RS1	1,6 b
RS2	0,7 c

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Produtividade (kg ha^{-1}), em base de Massa fresca e seca, de ramas e raízes tuberosas (RC= Raízes comerciais, RNC= raízes não comerciais, Total = RC+RNC) da variedade de mandioca “FEPAGRO RS13”. Santa Maria, RS, 2006/07.

Datas	Massa fresca				Massa seca			
	Ramas	RC	RNC	Raízes RC+RNC	Ramas	RC	RNC	Raízes RN+RNC
26/9/2006	54.933,3 a	24.413,3 a	806,6 a	25.220,0 a	12.252,1 a	8.599,96 a	308,96 a	8.909,0 a
18/10/2006	34.800,0 b	35.987,3 a	1.986,6 a	37.994,0 a	8.327,0 b	12.769,10 a	497,48 a	13.266,5 a
08/11/2006	23.133,3 c	31.476,6 a	1.523,3 a	33.000,0 a	4.358,2 c	8.599,96 a	527,89 a	11.313,4 a
28/11/2006	24.220,0 c	26.153,3 a	1.373,3 a	27.526,6 a	5.412,8 c	8.441,02 a	389,17 a	8.830,2 a
CV%	9,9	23,3	22,1	21,1	17,9	23,2	22,2	22,1

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

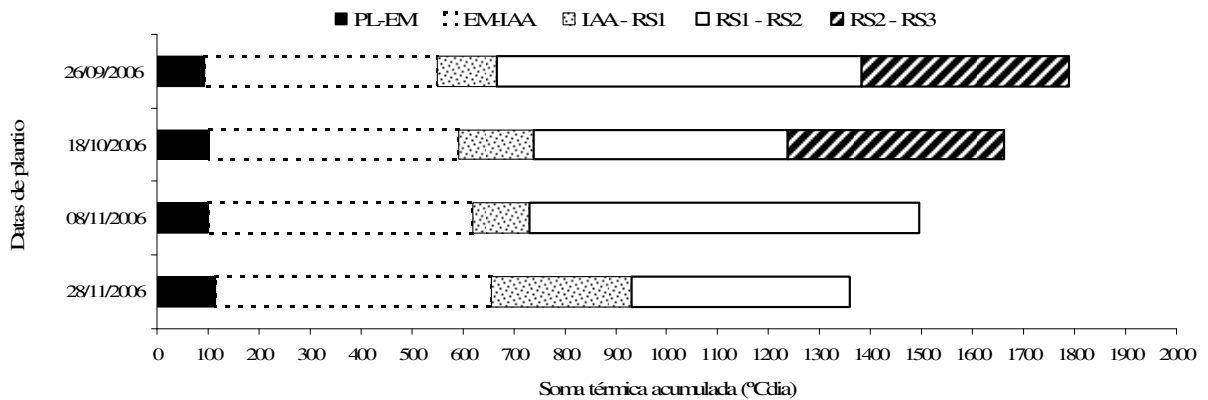


Figura 1 - Duração, em °C dia, das fases de desenvolvimento da mandioca, variedade FEPAGRO RS13, em quatro datas de plantio em Santa Maria, RS, Brasil. PL = plantio, EM = Emergência, IAA = início de acumulação de amido, RS1 = ramificação simpodial de primeira ordem, RS2 = ramificação simpodial de segunda ordem, RS3 = ramificação simpodial de terceira ordem.

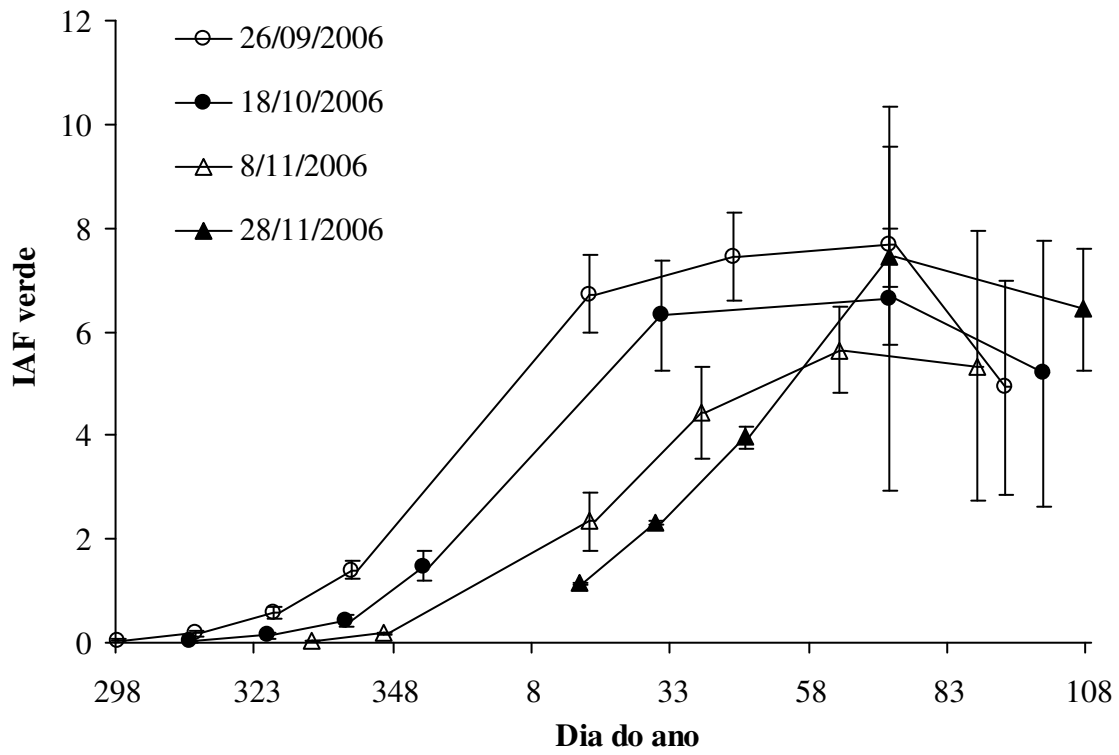


Figura 2. Evolução do índice de área foliar (IAF) verde da mandioca variedade FEPAGRO RS 13 em quatro datas de plantio (26/09/2006, 18/10/2006, 08/11/2006 e 28/11/2006) durante o ano agrícola 2006-2007. Santa Maria, RS.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do capítulo I indicam que o filocrono aumenta e o número final de folhas diminui à medida que aumentam o número de ramificações simpodiais na planta de mandioca. Dentro das ramificações simpodiais de mesma ordem da mandioca, o filocrono e o número final de folhas não são diferentes. O filocrono e o número de folhas em mandioca variam com data de plantio de plantio.

Os resultados do capítulo II indicam que plantios mais cedo aceleram o desenvolvimento até o início da acumulação de amido e até a ramificação simpodial de primeira ordem na mandioca variedade FEPAGRO RS 13. O crescimento da mandioca variedade FEPAGRO RS 13 decresce com o atraso na data de plantio entre as ramificações, o crescimento é decrescente na seqüência HP>RS1>RS2. Dentro de cada ramificação, ramificação simpodial de primeira e segunda ordem, os ramos têm crescimento diferente enquanto a produtividade de raízes tuberosas não é afetada pela data de plantio.

A população tanto a nível mundial, nacional e da Região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, ainda carece de maiores informações sobre a cultura da mandioca. Diante de uma cultura capaz de suprir a dieta de uma grande parte da população mundial, servir de alimento para animais, ser fonte de matéria prima de inúmeros produtos, e a partir dela poder gerar o biocombustível, ainda é pouco o que sabemos sobre ela.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L. da S. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap. 7, p. 138-169.

ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Boston, v. 76, n. 1, p. 682-692, 1960.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Recife: MA/DPP, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BAKER, G. R. et al., The response of cassava to water deficits at various stages of growth in the subtropics. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 40, n. 1, p. 517-528, 1989.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares de mandioca (*manihot esculenta* crantz) a partir de manivas com diferentes diâmetros. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 326-331, maio/ago, 1998.

CARVALHO, P. C. L de. Fisiologia da mandioca Biossintética de *Manihot*. In: SOUZA, L. da S. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap.5, p.112-125.

CARVALHO, J. E.; FUKUDA, W. M. G. Estrutura da planta e morfologia. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas, 2006. Cap.6, p.126-137.

COCK, J. H. **La yuca**: nuevo potencial para un cultivo tradicional. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990. 240 p.

CONCEIÇÃO, A. J da. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1981. p. 382.

EL-SHARKAWY, M. A. et al. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Campinas, v. 1, n. 2, p. 143-154, 1989.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. EMBRAPA – Cultura da mandioca. 2003. Bahia. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 15 dez. 2008.

FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. **The global cassava development strategy and implementation plan**. Roma, 2001. 70 p. v.1

FEPAGRO. **Novas cultivares para o Rio Grande do Sul: mandioca**. Taquarí, RS: FEPAGRO, 2005, 3 p.

GRAY, V. M. A comparison of two approaches for modelling cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) crop growth. **Annals of Botany**, Oxford, v.85, p.77-90, 2000.

HODGES, T. F. **Predict crop phenology**. Boca Raton: CRC, 1991. 233 p.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2005: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, Brasil: IBGE, Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão, 2005, v.32, p.1-101.

IBGE. **PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL 2008**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>> Acesso 15 dez. 2008.

MATTHEWS, R. B.; HUNT, L. A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 36, p.69-84, 1994.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 43 p.

OSTROWSKI, P. A. et al. Obtenção do álcool etílico a partir do amido de mandioca. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA INTERDISCIPLINAR, 1., 2006, Camboriú. **Anais...** Camboriú: Colégio Agrícola de Camboriú – UFSC, 2006. 21 p.

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

KEPPLER, B. et al. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 798-792, 1982.

SENA, M. P. C. de. Aspectos sociais. In: In: SOUZA, L. da S. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap. 4, p. 91-111.

SCHONS, A. **Crescimento e desenvolvimento da mandioca e do milho em cultivo solteiro e consorciado**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início da acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p.1586-1592, nov./dez. 2007.

SINHA, S. K.; NAIR, T. V. Leaf area during growth and yielding capacity of cassava. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v. 31, p.16-20, 1971.

STRECK, N. A. et al. Estimativa do filocrono em cultivares de trigo de primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n. 3, p. 423-429, 2005a.

STRECK, N. A. et al. Estimating leaf appearance rate and phyllochron in safflower. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p.1448-1450, nov./dez. 2005b.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M. P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 66-82. v.2.

VIDIGAL FILHO, P. S. et al. Avaliação de cultivares de mandioca na região Noroeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 69-75, 2000.

WILHELM, W. W.; McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 1-3, Jan./Feb. 1995.

XUE, Q. et al. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v. 175, p. 261-270, 200

