



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ELI CARLOS DE OLIVEIRA

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA ARQUITETURA DE PLANTAS,
DENSIDADE POPULACIONAL E ÉPOCA DE COLHEITA**

Londrina
2015

ELI CARLOS DE OLIVEIRA

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA ARQUITETURA DE PLANTAS,
DENSIDADE POPULACIONAL E ÉPOCA DE COLHEITA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Édison Miglioranza

Londrina
2015

Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O48c Oliveira, Eli Carlos de.
Crescimento, desenvolvimento e produção de mandioca em função da arquitetura de plantas, densidade populacional e época de colheita / Eli Carlos de Oliveira. – Londrina, 2015.
89 f. : il.

Orientador: Édison Miglioranza.
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Mandioca – Cultivo – Teses. 2. Mandioca – Fisiologia – Teses. 3. Mandioca – Espaçamento – Teses. 4. Mandioca – Produção – Teses. 5. Biomassa – Teses. I. Miglioranza, Édison. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 633.493

ELI CARLOS DE OLIVEIRA

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA ARQUITETURA DE PLANTAS,
DENSIDADE POPULACIONAL E ÉPOCA DE COLHEITA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Edison Miglioranza
Universidade Estadual de Londrina – UEL

PqC. Dr.^a Teresa Losada Valle
Instituto Agrônomo de Campinas – IAC

Dr. Joelson Vieira da Silva
Fundação Escola de Sociologia e Política de
São Paulo - FESPSP

Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Ésio de Pádua Fonseca
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof.^a Dr.^a Dana Kátia Meschede
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Leandro Simões Azeredo Gonçalves
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 11 de junho de 2015.

DEDICO

Às mulheres da minha vida, esposa Greyce e filha Júlia pelo apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nos de incerteza, muito comuns para quem tenta trilhar novos caminhos.

À minha mãe Angelica e à memória de meu pai Calbi, que dignamente me apresentaram à importância da família e o caminho da honestidade e persistência.

Concluo mais uma etapa de minha vida e que certamente sem vocês não teria alcançado.

Amo vocês!!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão maior da minha vida, minha força e minha fortaleza a cada dia;

Ao professor Dr. Édison Miglioranza, pela orientação, ensinamentos, apoio, dedicação, amizade, paciência e valiosos ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional e pessoal;

À Dr.^a Teresa Losada Valle por presentear-me com os dados utilizados neste trabalho, pelo apoio e amizade. Serei eternamente grato por sua generosidade e contribuição;

À Universidade Estadual de Londrina – UEL, em especial o programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso;

À Fundação Araucária pelo apoio financeiro;

Aos professores da Pós-Graduação em agronomia, pelos ensinamentos recebidos;

Ao prof. Dr. Ésio de Pádua Fonseca pela amizade, auxílios e conselhos;

Ao prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza pela amizade e a oportunidade de oferecida em trabalhar em projetos de extensão e ensino;

Ao prof. Dr. Tadeu Takeyoshi Inoue pela amizade, apoio e conselhos;

Aos integrantes da banca examinadora da Tese: Dr.^a Teresa Losada Valle, Dr. Joelson Vieira da Silva, Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza, Prof. Dr. Ésio de Pádua Fonseca, bem como os suplentes, o Dr. Leandro Simões Azeredo Gonçalves e a Dr.^a Dana Kátia Meschede;

À secretária da Pós-Graduação, Weda pela atenção e disposição;

À minha esposa Greyce Kelly R. H. de Oliveira, pelo amor, carinho, amizade, compreensão e apoio;

Enfim a todos, amigos, colegas, familiares, professores, funcionários, estudantes que de alguma forma contribuíram para que mais esta etapa se cumprisse em minha vida.

OLIVEIRA, Eli Carlos. **Crescimento, desenvolvimento e produção de mandioca em função da arquitetura de plantas, densidade populacional e época de colheita**. 2015. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

A mandioca *Manihot esculenta* Crantz é entre as plantas tuberosas, a mais eficiente em converter maior quantidade de energia solar em carboidratos solúveis por unidade de área. Estudar técnicas agronômicas de manejo como as respostas de cultivares em diferentes arranjos espaciais e as melhores épocas de colheita, possibilitam o aumento da produtividade. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento o desenvolvimento e a produção de plantas de mandioca em função de distintas arquiteturas vegetativas em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita. O estudo foi conduzido no polo regional do médio Paranapanema (APTA), em Assis no Estado de São Paulo. Adotou-se o delineamento experimental em parcelas subdivididas, com duas repetições. Os tratamentos foram dispostos de forma que as parcelas representadas pelas cultivares ‘Branca de Santa Catarina’ (‘BSC’), ‘IAC 13’, ‘IAC 14-18’ e ‘Fibra’ com densidades populacionais diferentes em função de suas características de dosséis. Já nas subparcelas foram alocadas as épocas de colheita iniciada aos 120 e concluída aos 720 dias após o plantio (DAP), todas espaçadas quadrimestralmente. Deste modo, foi verificado que as plantas de mandioca investem pouco em novas folhas no segundo ciclo vegetativo. A duração da área foliar prevalece nas menores densidades populacionais. A taxa de crescimento relativo e a taxa de assimilação líquida, decresceram no final do primeiro ciclo, depois crescem mais lentamente até o final do segundo ciclo vegetativo. As cultivares de dosséis mais ramificados, ‘BSC’, ‘IAC 13’ e ‘IAC 14-18’ tiveram as maiores produções das massas nas menores densidades de plantas. Para ‘Fibra’, a produção de massa fresca aumentou com o aumento da população. Para todas cultivares, o máximo de produção de biomassa ocorreu entre 600 e 720 DAP. As variações das taxas de acúmulo de massa seca (MS) foram sequenciais, ocorrendo mudanças do dreno preferencial com o decorrer do ciclo vegetativo. As taxas de acúmulo de MS nas folhas, ramas e cepas foram mais elevadas nas maiores densidades de plantas por área, no entanto, nas raízes tuberosas o maior acúmulo de MS ocorre nas menores densidades de plantas.

Palavras-chaves: *Manihot esculenta* Crantz. Arranjo espacial. Análise de crescimento. Acúmulo de massa seca. Partição de assimilados.

OLIVEIRA, Eli Carlos. **Growth, Development and Cassava Production in Plant Architecture function, Population Density and Harvest Season**. 2015. 90 f. Doctoral Thesis in Agronomy – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

Cassava *Manihot esculenta* Crantz between tuberous plants, is the most efficient in converting largest amount of solar energy in soluble carbohydrates per unit area. Studying management agronomic techniques such as cultivars responses in different spatial arrangements and the best times of harvest, will allow for increased productivity. So the aim of this study was to evaluate the growth development and production of cassava plants in different architectures vegetative function in different population densities and harvest seasons. The study was conducted at APTA in Assisi in the state of São Paulo. The experimental design was adopted in a randomized complete block design with two replications. The treatments were arranged in split plots with the plots were the 'Branca de Santa Catarina' ('BSC'), 'IAC 13', 'IAC 14-18' and 'Fibra' with different densities according to their characteristics canopies. Have the sub plots were allocated the harvest period started at 120 and completed to 720 days after planting (DAP), all spaced four months. Thus, it was found that cassava plants invest little in new leaves in the second growing season. The best leaf areas occur in intermediate densities for all cultivars. The duration of leaf area prevails in lower population densities. The relative growth rate and net assimilation decrease at the end of the first cycle, then grow more slowly by the end of the second growing season. Cultivars of more branched canopies, 'BSC', 'IAC 13' and 'IAC 14-18' had the highest yields of the masses in the lower plant densities. For 'Fibra', fresh pasta production increased with increasing population. For all varieties, the maximum biomass production occurred between 600 and 720 DAP. Variations in dry matter accumulation rates (DM) were sequential, occurring changes of preferential drain over the course of the season. The DM accumulation rates in the leaves, branches and strains were higher in increasing plant density per area, however, the storage roots the largest DM accumulation occurs in the lower plant densities.

Key words: *Manihot esculenta*. Crantz. Spatial arrangement. Growth analysis. Dry matter accumulation. Partitioning of assimilates.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** - Produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS) em toneladas por hectare de cultivares de mandioca de arquitetura de dosséis contrastantes em função de suas respectivas densidades de plantio (população * 1000 pl. ha⁻¹), independente da época de colheita42
- Figura 3.2** - Produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS) em toneladas por hectare de cultivares de mandioca de dosséis contrastantes em função da época de colheita (DAP) em dias, independente da densidade de plantio44
- Figura 3.3** - Superfície de resposta para produção total de massa fresca (t ha⁻¹) de mandioca 'Fibra' em função da população (pl. ha⁻¹) e época de colheita em dias (DAP).....46
- Figura 4.1** - Valores médios mensais de precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas observadas no período de setembro de 1995 a setembro de 1997, em Assis (SP).....54
- Figura 4.2** - Estimativa da produção média da massa seca total (MS) em g planta⁻¹ de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastantes em suas respectivas densidades populacionais em dois ciclos.....59
- Figura 4.3** - Estimativas do índice de área foliar (IAF) por meio de polinômios do segundo grau de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastante e suas respectivas densidades populacionais em dois ciclos vegetativos.....62
- Figura 4.4** - Razão de área foliar (RAF), (cm⁻² g⁻¹) de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastante, em dois ciclos vegetativos63
- Figura 4.5** - Taxa de crescimento relativo (TCR) (g g⁻¹ dia⁻¹) de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastantes em suas respectivas densidades populacionais e épocas de colheita65

- Figura 4.6** - Taxa assimilatória líquida (TAL) ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastantes em suas respectivas densidades populacionais e dois ciclos vegetativos.....67
- Figura 5.1** - Representação das arquiteturas dos dosséis das cultivares de mandioca 'BSC' e 'Fibra' utilizadas no experimento77
- Figura 5.2** - Acúmulo de massa seca nas folhas, ramas, cepas e raízes de plantas de mandioca 'BSC' e 'Fibra' em g m^{-2} função da densidade populacional ao longo de dois ciclos vegetativos82
- Figura 5.3** - Taxa de acúmulo de matéria seca nas folhas, ramas, cepas e raízes de duas cultivares de mandioca, 'BSC' e 'Fibra' em $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ em diferentes densidades de plantas, ao longo de dois ciclos vegetativos.....84
- Figura 5.4** - Coeficiente de partição de MS entre a planta inteira e raízes tuberosas de cultivares de mandioca 'BSC' e 'Fibra', ao longo de dois ciclos vegetativos.....86

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** - Cultivares de mandioca, hábitos de ramificação da parte aérea e densidades populacionais38
- Tabela 3.2** - Quadrado médio (QM), F da análise de variância (F) referente à produção total de massa fresca (MF) em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$) de quatro cultivares de mandioca para as fontes de variação densidade de plantio (D), épocas de colheitas (E) e suas interações40
- Tabela 3.3** - Quadrado médio (QM), F da análise de variância (F) referente à produção total de massa seca (MS) em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$) de quatro cultivares de mandioca para as fontes de variação densidade de plantio (D), épocas de colheitas (E) e suas interações40
- Tabela 3.4** - Modelos matemáticos e coeficiente de determinação (R^2) para produção total de MF e MS ($t\ ha^{-1}$) de cultivares de mandioca de parte aéreas contrastantes em função da época de colheita43
- Tabela 4.1** - Cultivares de mandioca de arquitetura da parte aérea contrastantes em seus respectivos espaçamentos e densidades populacionais estudadas.....55
- Tabela 4.2** - Modelos de regressão para o índice de área foliar (IAF) de quatro cultivares de mandioca de arquitetura da parte aérea contrastante em função da densidade populacional60

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

AF	área foliar total
BSC	Branca de Santa Catarina
C.V.	Coeficiente de variação.
TAL	Taxa assimilatória líquida
RAF	Razão da área foliar
HCN	Ácido cianídrico
IAF	Índice de área foliar
DAP	Meses após o plantio
MF	Massa fresca
MS	Massa seca
t ha ⁻¹	toneladas por hectare
TCR	Taxa de crescimento relativo
APTA	Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
CIAT	International Center for Tropical Agriculture
CIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAC	Instituto Agrônômico de Campinas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	MANDIOCA <i>MANIHOT ESCULENTA</i> CRANTZ	15
2.1.1	Historico da Mandioca no Brasil	15
2.1.2	Panorama da Produção de Mandioca	16
2.1.2.1	Mundial	17
2.1.2.2	Brasil	17
2.1.2.3	Paraná	18
2.1.3	Descrição Botânica da Mandioca	19
2.1.3.1	Morfologia	19
2.1.3.2	Aspectos fisiológicos e etapas de crescimento	20
2.1.3.2.1	<i>Brotação das manivas</i>	20
2.1.3.2.2	<i>Formação do sistema radicular</i>	21
2.1.3.2.3	<i>Desenvolvimentto da parte aérea</i>	21
2.1.3.2.4	<i>Engrossamento das raízes de reserva</i>	22
2.1.3.2.5	<i>Fase de repouso</i>	22
2.1.4	Épocas de Colheita	23
2.1.5	Densidade Populacional de Plantas e a Influência na Produção de Raízes.....	24
2.2	REFERÊNCIAS	27
3	ARTIGO A: PRODUÇÃO BIOLÓGICA DE BIOMASSA DE MANDIOCA COM DOSSÉIS CONTRASTANTES EM DIFERENTES POPULAÇÕES	33
3.1	RESUMO	33
3.2	ABSTRACT	34
3.3	INTRODUÇÃO	35
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	36
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.6	CONCLUSÕES	46
3.7	REFERÊNCIAS.....	47

4	ARTIGO B: ANÁLISE DE CRESCIMENTO EM MANDIOCAS DE DOSSÉIS CONTRASTANTES EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS.....	50
4.1	RESUMO	50
4.2	ABSTRACT	51
4.3	INTRODUÇÃO	52
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	53
4.4.1	Localização e Caracterização da Área Experimental	53
4.4.2	Cultivares.....	54
4.4.3	Tratamentos	54
4.4.4	Instalação e Delineamento Experimental	55
4.4.5	Avaliações	55
4.4.6	Parâmetros da Análise de Crescimento e Análise dos Dados.....	56
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.6	CONCLUSÕES	68
4.7	REFERÊNCIAS.....	69
5	ARTIGO C: ACÚMULO E PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS NA MANDIOCA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE POPULACIONAL E ÉPOCA DE COLHEITA.....	74
5.1	RESUMO	74
5.2	ABSTRACT	75
5.3	INTRODUÇÃO	76
5.4	MATERIAL E MÉTODOS	77
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
5.6	CONCLUSÕES	86
5.7	REFERÊNCIAS.....	87

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um dos cultivos com maior potencial de produção energética nas regiões tropicais em função de sua tolerância a seca e solos de baixa fertilidade.

Todos os cultivos de interesse comercial necessitam de uma ótima densidade populacional para o bom crescimento e partição de assimilados e como consequência, maior produtividade. A falta da distribuição adequada de plantas por área pode resultar em competições por elementos vitais de desenvolvimento, como água, luz, nutrientes e CO₂.

Maiores populações de plantas promovem grandes alterações em seu desenvolvimento, sendo que o ajuste ideal além de pouco estudado não é utilizado pelos agricultores que desconhecem suas vantagens.

O espaçamento para a cultura da mandioca é baseado na arquitetura da parte aérea das cultivares, além da fertilidade do solo, zoneamento agroclimático e tantos outros. Em solos de baixa fertilidade, o desenvolvimento da parte aérea é menor, sendo recomendados espaçamentos menores e consequentemente, populações maiores. Já em solos de alta fertilidade devido à menor competição por fatores limitantes do meio, são preferíveis populações menores, pois as plantas têm desenvolvimento mais vigoroso. Nesse caso é importante o cuidado com o auto-sombreamento. Em outros casos, o aumento exagerado da densidade populacional interfere no desenvolvimento das plantas, aumentando a produção da parte aérea e diminuindo o diâmetro das hastes (MATTOS et al., 2005; SCHONS et al., 2009).

Todavia, faz-se necessário o conhecimento das características da cultivar plantada, pois desprezar tais características como arquitetura e recomendação do número de plantas por área correlacionadas com a época de colheita, pode acarretar em prejuízos ao produtor.

O momento da colheita da mandioca deve ser realizado quando a cultura alcança alto rendimento de raízes e percentual de amido, caso suas raízes sejam destinadas a indústria, o que ocorre geralmente entre 12 a 18 meses de idade da planta. Colheitas realizadas precocemente influenciam no rendimento, enquanto que nas mais tardias, há comprometimento no conteúdo de amido e da matéria seca (BEGUM; PAUL, 2005).

Para a mandioca destinada à indústria, é importante definir o melhor momento de colheita, pois muitas vezes os agricultores optam em podar as planta com um ano para utilizar as características desta como planta perene, e manter seu crescimento no campo para maior acúmulo de amido ou simplesmente para obtenção de manivas sementes para plantios de novas áreas.

A colheita de raízes por unidade de área cultivada é variável e dependente, portanto, de inúmeros fatores, inclusive os relacionados com arquitetura de planta, densidade de plantio e épocas de colheita. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o crescimento, desenvolvimento e a produção de plantas de mandioca em função de distintas arquiteturas vegetativas, densidades populacionais e épocas de colheita.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA* CRANTZ)#

Dentre as plantas tuberosas, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), é cultivada nos países que se situam entre 30º de latitude Norte e Sul, em relação à linha do Equador. Esta faixa engloba a América Latina, Caribe, África e Ásia. Destas regiões, o Brasil tem posição destacada, não somente pela expressiva produção agrícola da espécie, mas principalmente pela extensa área territorial coberta mandiocultura (CEREDA, 2002).

Até pouco tempo, a mandioca era conhecida apenas por ser utilizada quase que exclusivamente para a fabricação de farinha. No entanto, existem mais de 300 produtos e subprodutos oriundos dessa planta usados principalmente na indústria alimentícia. Para cada forma de utilização, a mandioca apresenta uma série de subprodutos que agregam valores à cultura (SANTOS, 2005).

Segundo Mattos; Cardoso (2001), a cultura da mandioca tem papel importante na geração de emprego e de renda, notadamente nas áreas produtoras. Considerando-se a fase de produção primária e o processamento de farinha e fécula, os autores estimam que no Brasil o setor seja responsável por cerca de um milhão de empregos diretos e indiretos.

2.1.1 Histórico da Mandioca no Brasil

O cultivo da mandioca possui inúmeras evidências de sua ancestralidade, tanto no Brasil como em outros locais da América do Sul. No caso brasileiro, o tubérculo possui uma estreita relação com a nossa formação socioeconômica estando presente em vários momentos de nossa história, se constituindo em uma herança indígena em todo o território nacional (BARICKMAN, 2003).

De acordo com Adams et al. (2006), na América do Sul existem evidências diretas e indiretas de que o cultivo da mandioca era praticado pelo menos desde 2.500 a.C, em quase todas as regiões tropicais do Novo Mundo, sendo, ainda

hoje, a forma tradicional de dieta alimentar de alguns povos, como os ribeirinhos e indígenas na Amazônia ou os caiçaras no litoral paulista.

A mandioca pode ser classificada em dois grupos, mansa e brava. As mansas, com menores teores de ácido cianídrico (HCN), são comercializadas in natura ou processadas e as consideradas bravas devem ser necessariamente processadas na forma de farinhas, polvilhos ou féculas, tendo elevados teores de HCN em suas raízes frescas (LORENZI et al., 1996; MAHUNGU, 1987).

Barickman (2003) afirma que, a população pré-colonial das terras baixas da América do Sul preferia a mandioca, porque seu cultivo era menos exigente em termos agronômicos e sua produção certa, sua conservação no clima tropical mais fácil, já que ela podia ser colhida após o primeiro ano de crescimento em qualquer estação, e também por ser uma fonte de carboidratos, desempenhando importante papel nutricional.

Balsan (2006) argumenta que, no Brasil, durante o período colonial, a mandioca estava perfeitamente adaptada ao padrão itinerante de ocupação do território. Portanto, neste contexto, se constituía num alimento de fácil obtenção, bastando arrancá-la e processá-la. Tais características garantiu importância da planta na alimentação, por pelo menos três séculos e meio, principalmente em áreas onde a presença indígena foi mais acentuada.

2.1.2 Panorama da Produção de Mandioca

A busca por um modelo de agricultura sustentável que satisfaça o aumento da demanda de alimentos no mundo pode transformar a mandioca, como o principal cultivo do século XXI (FAO, 2015).

De acordo com a FAO (2015), a produção mundial de raízes de mandioca aumentou em 60% desde 2000 e se acelerará ainda mais na década atual. Uma das razões que fomentam a demanda de mandioca é o elevado preço dos cereais, o que transforma o tubérculo em uma alternativa atrativa ao trigo e ao milho. Pois da mandioca se obtém farinha de alta qualidade, que em algumas situações pode substituir a do trigo.

2.1.2.1 Mundial

A mandioca vem conquistando lugar de destaque em vários países do mundo, pela facilidade de adaptação às mais diversas condições edafoclimáticas e pelo fato de suprir a necessidade alimentar da população mais carente (CIAT, 2010). De acordo com a FAO (2015), a produção mundial de mandioca vem em ritmo de crescimento contínuo principalmente nos países mais pobres da zona tropical.

A produção de mandioca no mundo se disseminou rapidamente após sua inserção no continente Africano, que hoje detém grande parte da produção mundial. Dos vinte maiores produtores mundiais, onze se encontram na África, seguido pela Ásia, com seis países. A América do Sul tem três representantes, Brasil, Paraguai e Colômbia. Da produção mundial, a África é responsável por 54,5%; a Ásia, por 27,8%; e a América Latina, 17,7% (FAO, 2015).

Dados da FAO (2015) apontam a Nigéria, como o maior produtor mundial de raiz de mandioca, cerca de 41,5 milhões de toneladas por ano, sendo que a maior parte é consumida no próprio país. O Brasil ocupa o segundo lugar, que segue a tendência de diversos países da América Latina e do sudeste asiático ao focar sua produção na crescente industrialização da mandioca.

2.1.2.2 Brasil

De acordo com o relatório do IBGE a produção brasileira de mandioca na safra 2013/14 foi de 23,1 milhões de toneladas, colhidas em 1,5 milhões de hectares, com produtividade média de 14,78 t ha⁻¹ (IBGE, 2015). No Brasil a mandioca é cultivada em todos os Estados. No entanto, sua maior concentração é na Região Nordeste, que representa valores em média de 35% da produção. Pelo fato de existirem centenas de farinheiras e praticamente total ausência de fecularias, a produção nordestina se destina basicamente ao consumo humano, através de uso "*in natura*", farinha, gomas, bijus, tapiocas, entre outros (SOUZA; MENEZES, 2004).

Segundo o IBGE (2015) os maiores produtores da Região Nordeste são a Bahia, Maranhão e Ceará. A Bahia é o maior produtor nordestino, com 12,9% na participação total da região. A Região Norte semelhantemente ao Nordeste tem

sua produção destinada principalmente ao consumo humano, sendo que o estado do Pará é o maior produtor com 17,7% de participação na produção de raízes de mandioca na região norte (IBGE, 2015).

A Região Sul do País, além de importante produtora de raiz, conta com o maior número de indústrias, principalmente as de fécula, considerada em sua maioria de médio e grande porte. O estado do Paraná é o principal produtor da região Sul, respondendo por 70% da produção agrícola na Região Sul e contribui com 65% do volume de fécula.

2.1.2.3 Paraná

Em todo o Paraná estão envolvidos diretamente com o setor mandioqueiro cerca de 30 mil produtores, distribuídos nas regiões de Paranavaí (25%), Toledo (16%), Umuarama e Campo Mourão (28,5%), que detêm juntos 69,5% da área ocupada com a cultura. Do total de raízes produzidas nessas regiões, aproximadamente 60% são destinadas à indústria de fécula e 40% para farinha de mandioca, o que corresponde aproximadamente, 40 fecularias e 80 farinheiras (TAGLIARI, 2012).

Segundo Fonseca Jr. et al. (2002), a participação expressiva do Paraná na produção nacional de mandioca está relacionada à erradicação dos cafezais no ano de 1975. A mandioca foi uma opção para os pequenos produtores, principalmente nas regiões Oeste e Noroeste do Estado, onde clima e solo são favoráveis. Além disso, o desenvolvimento de pólos agroindustriais especializados e a rentabilidade favorável à cultura contribuíram para que a mesma se tornasse atrativa nessa região do Paraná.

Outro fato que se deve a concentração da área cultivada com mandioca no Paraná são os aspectos edafoclimáticos, o que torna a região propícia para o cultivo desta cultura. Vilpoux (1998) descreveu o Oeste Paranaense, como a região de maior produtividade de mandioca do Brasil em função da boa qualidade do solo e da forma de exploração das pequenas propriedades existentes, ou seja, um melhor trabalho de produção pelo uso da mão-de-obra familiar.

2.1.3 Descrição Botânica da Mandioca

2.1.3.1 Morfologia

A mandioca é uma planta pertencente à classe Dicotyledoneae, ordem Euphorbiales, família Euphorbiaceae da espécie *Manihot esculenta* Crantz (DOMÍNGUES, 1982). A família Euphorbiaceae é composta por mais de 7.500 espécies e abriga plantas herbáceas importantes economicamente, como a mamona (*Ricinus communis* L.), e lenhosas, como a seringueira (*Hevea* spp.), e ainda, espécies de valor medicinal e ornamental (BELTRÃO et al., 2007). Uma característica comum da família é a produção de uma secreção leitosa, o látex, quando ferida a planta (CEBALLOS, 2002).

Toda descrição botânica é baseada em análises de características morfológicas que, quando não sofrem alterações, permitem a classificação da espécie. No entanto, a expressão de muitas características é variável e altamente influenciada pelo ambiente (BARROSO et al., 1984). O efeito da interação entre cultivar e ambiente é tão notável na cultura da mandioca, que a arquitetura da planta relaciona-se diretamente com o ambiente específico, sofrendo alterações drásticas quando a mesma é implantada em outra localidade (MENDONÇA, 1983).

As folhas da mandioca são caducas, simples, lobulares (três a nove), cor purpúrea a verde escuro e de diversos tamanhos e formas. A planta de mandioca possui caule subarborescente, ereto, com nós e gemas que permitem a propagação vegetativa, a maniva. O caule pode ser dicotômico, tricotômico, tetracotômico, ramificado em quatro hastes e indiviso ou não apresentar ramificação observada em materiais silvestres (NASSAR et al., 2008). Servem também como estrutura de sustentação da planta e responsável pela altura e largura, variando em forma, número e ângulo de ramificação (DOMÍNGUEZ, 1982).

As raízes tuberosas da mandioca possuem formas e tamanhos distintos apresentando grande variação entre e dentro de indivíduos de uma mesma cultivar. Os aspectos vegetativos do talo, forma da raiz e folhas são usados na caracterização de cultivares. A planta de mandioca é uma espécie monóica, a qual apresenta flores masculinas e femininas na mesma inflorescência. As flores femininas, do mesmo cacho, sofrem a antese 10 dias antes das masculinas. O fruto da mandioca é trilobulado e deiscente (DOMÍNGUEZ, 1982).

2.1.3.2 Aspectos fisiológicos e etapas de crescimento

Ao analisar os sistemas produtivos de mandioca conduzidos por agricultores, se observa que há grande variabilidade no crescimento da planta e na produtividade de raízes tuberosas. Enquanto determinada propriedade colhe 12 t ha⁻¹ de raízes, outra mais produtiva pode colher 26 t ha⁻¹, ambas no cultivo de um ciclo vegetativo (COCK, 1982).

Cock (1982) atribui esta diferença de 117%, a variabilidade das condições de crescimento da planta, pois quanto maior a diversidade, maior será a variação no seu crescimento e na produção. Em contraposição, quanto mais intenso for o manejo dado a um sistema agrícola, menos variáveis serão as condições do crescimento e, conseqüentemente, maior produtividade.

Por este motivo, é importante o conhecimento de alguns aspectos fisiológicos do crescimento da planta de mandioca, que tendem a refletir diretamente na produção de raízes tuberosas, aumentando ou inibindo a produção comercial de acordo com o manejo adotado no cultivo. Para completar um ciclo de crescimento (12 meses), a planta passa por cinco fases fisiológicas principais, sendo quatro ativas e uma de repouso vegetativo (TÁVORA et al., 1982; PERESSIN et al., 1998), descritas a seguir:

2.1.3.2.1 Brotação das manivas

De cinco a sete dias após o plantio, em condições favoráveis de umidade e temperatura, surgem as primeiras raízes fibrosas que se situam próximo às gemas e na extremidade basal das manivas. Quando as raízes alcançam cerca de oito centímetros de comprimento ocorre à primeira brotação e entre 10 a 12 dias com a emissão das primeiras folhas (CONCEIÇÃO, 1979; LORENZI, 1978).

Em toda a circunferência do corte apical da maniva ocorre cicatrização, de onde se originam a maioria das raízes fibrosas, que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes, sendo que algumas delas mais tarde irão se transformar em raízes armazenadoras de amido. Também se formam raízes fibrosas das gemas, das estípulas que estão situadas a cada lado da gema, e das lenticelas que estão situadas ao longo da maniva (HOWELER, 1982).

2.1.3.2.2 *Formação do sistema radicular*

A planta de mandioca inicia o crescimento pela formação das raízes já no setuagésimo terceiro dia depois do plantio e perdurando por mais um período de aproximadamente 70 dias continua formando todo o sistema radicular, constituído por raízes fibrosas, como o de qualquer outra planta (CONCEIÇÃO, 1979). Alves, Setter (2004) descreveram as raízes fibrosas como responsáveis pela absorção da solução do solo. Esta absorção para dentro da raiz é feita inicialmente por dois caminhos, os espaços apoplásticos, existente entre as células da raiz, e diretamente de célula a célula pelo interior das mesmas via simplasto (MALAVOLTA et al., 1982).

Por qualquer dos dois caminhos, a solução chega ao centro da raiz, passando através da banda de Caspari, para dentro do xilema, havendo simultaneamente o transporte de água e nutrientes, além de outras substâncias, para toda a parte aérea da planta. Ao mesmo tempo, as raízes fibrosas possuem os vasos de floema transportando os fotoassimilados aos órgãos em crescimento (MALAVOLTA et al., 1982).

O floema está situado no córtex e contem um látex rico em glicosídeo cianogênico, denominado de linamarina, que libera por hidrólise o ácido cianídrico, princípio tóxico da planta. Cavalcanti (1985) verificou, que a linamarina é produzida na parte aérea da planta e é transportada até as raízes pelo floema. Cada folha da mandioca se comunica com a raiz, na via ascendente e descendente, através do conjunto de vasos xilema e floema, respectivamente (ALVES; SETTER, 2004).

2.1.3.2.3 *Desenvolvimento da parte aérea*

Esta etapa de crescimento perdura por 90 dias e durante ela cada cultivar desenvolve o seu aspecto típico, seja de um só caule ou ramificado. As folhas alcançam o desenvolvimento máximo aos 12 dias depois que emergem, persistindo na planta por 60 a 100 dias. Durante esta fase ocorre simultaneamente a diferenciação e engrossamento de algumas raízes fibrosas pelo acúmulo de amido (ALVES, 2006).

Segundo Ceballos (2002), quanto mais tempo a folha da mandioca permanecer na planta, menor quantidade de produtos da fotossíntese será alocada na formação de novos ápices de crescimento e, conseqüentemente mais energia

poderá ser transportada para ser armazenada na raiz de reserva, que será traduzida em maior produtividade de amido.

2.1.3.2.4 Engrossamento das raízes de reservas

Corresponde ao transporte de substâncias de reserva para as raízes de armazenamento, que se inicia na fase anterior e que se acentua no quinto mês de cultivo (CONCEIÇÃO, 1979).

De acordo com Alves (1998) entre o segundo e terceiro mês após o plantio, ocorre à definição das raízes que serão de reserva de amido. As substâncias de reservas que estão armazenadas na parte aérea são na sua maioria constituída por sacarose, que por sua vez é o resultado da união de moléculas de glicose e frutose, que são os monossacarídeos produzidos pela fotossíntese.

A sacarose chegando à raiz se polimeriza em macromoléculas de amido e se deposita dentro das células de armazenamento, proporcionando o crescimento radial da raiz de reserva. Na ponta destas raízes de reservas ou aderida a estas, bem como ao redor da maniva, continua a existir a raiz fibrosa responsável pela absorção dos nutrientes do solo, porém com atividade reduzida. Neste momento do engrossamento das raízes fibrosas não há mais crescimento das raízes em comprimento, mas sim em diâmetro, devido à deposição de amido (EDWARDS et al., 1990).

2.1.3.2.5 Fase de repouso

Nesta fase a planta perde a folhagem naturalmente, encerrando a sua atividade vegetativa, permanecendo apenas o transporte de substâncias de reserva para as raízes.

De acordo com Takahashi (2002) na região Sul do Brasil, esta fase coincide com o período de baixas temperaturas de outono e de inverno. Sendo que durante a fase de repouso, a planta armazena o máximo de reserva de amido nas raízes. Vale lembrar que nessa região e nessa época além das temperaturas baixarem também as chuvas se tornam escassas, sendo considerado o período de seca relativa. Assim, recomeça após este período de repouso uma nova fase de crescimento, reiniciando a formação de ramas e folhas.

2.1.4 Épocas de Colheita

Não há para a cultura da mandioca um período específico para a colheita, podendo ser colhida de acordo com as necessidades do produtor. No entanto, seu processamento deve ocorrer em até 72 horas após a colheita, devido às transformações enzimáticas e à ação de microrganismos, que ocorrem em suas raízes comprometendo a qualidade (LORENZI, 1993).

Exceto regiões onde ocorrem precipitações pluviais durante todo ano, a melhor época de colheita, considerando o estágio fisiológico, concentra-se no período em que as plantas apresentam-se total ou parcialmente desfolhadas, antes que se iniciem as novas brotações (DIAS; MARTINEZ, 1986; LORENZI, 1993; MATTOS, 2002). Este período coincide com o de seca e de queda de temperatura, que juntos ou separadamente contribuem com maior acúmulo de fotoassimilados decorrente do encerramento do ciclo vegetativo. Ocasão em que as raízes tuberosas se encontram com maior teor de matéria seca e amido, proporcionando maiores rendimentos (EL-SHARKAWY, 2004).

Para a região Sudeste, mandiocas plantadas em outubro, podem ser colhidas no ano seguinte, apenas um ciclo vegetativo, destinando-se para a indústria. Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, as colheitas são realizadas durante o ano todo, para atender a demanda das farinheiras (MATTOS, 2002).

Nas lavouras de mandioca destinadas a fins industriais, as colheitas podem ser realizadas com um ou dois ciclos. Os cultivos conduzidos por dois ciclos apresentam maior rendimento que os de um ciclo (LORENZI; DIAS, 1993). Outro fator que determina a época adequada de colheita é a precocidade do cultivar utilizado, que pode ser traduzida como a capacidade de concluir antecipadamente ao término do ciclo vegetativo com bons rendimentos quando comparados a outras cultivares que só permitem colheitas econômicas aos 12 meses (LORENZI, 2003). Alguns cultivares com índice de área foliar (IAF) adequado e boa capacidade de dreno de suas raízes atingem precocemente níveis de produção elevados que permitem colheitas mais precoces (BEGUM; PAUL, 2005; EL-SHARKAWY, 2006).

2.1.5 Densidade Populacional de Plantas e a Influência na Produção de Raízes

O número de plantas por área ou população de plantas é um fator de manejo que pode interferir na produtividade das raízes, pois está relacionada diretamente ao melhor aproveitamento de luz pelas plantas (SCHONS et al., 2007).

A mandioca difere dos cereais, pois o desenvolvimento das raízes tuberosas se dá juntamente com as estruturas vegetativa (maniva, cepa e folhas). Dessa forma, ocorre uma demanda simultânea de assimilados para o crescimento das partes aéreas e subterrâneas, que competem entre si. O rendimento de raízes tuberosas é, portanto, dependente do saldo de carboidratos disponíveis durante o desenvolvimento das plantas e da capacidade das raízes os atraírem e acumularem na forma de amido (LEONEL; CEREDA; ROAU, 1998; LEONEL; CEREDA, 2000).

Diferentemente de outras culturas de propagação vegetativa, produtoras de órgãos especializados em armazenamento como a batata (*Solanum tuberosum* L.), onde os tubérculos praticamente monopolizam o acúmulo de assimilados, na cultura da mandioca os açúcares produzidos nas folhas, além de serem armazenados como amido nas raízes tuberosas acumula-se nas ramas e mesmo na maniva semente. Alterações no suprimento de carboidratos para as raízes nos primeiros estágios de desenvolvimento, quando as raízes tuberosas iniciam sua diferenciação, podem acarretar grandes efeitos nesta capacidade de dreno, podendo comprometer o fluxo de carboidratos para as raízes e conseqüentemente sua produção (COCK, 1982; ADENIJI; ODO; IBRAHIM, 2011).

O número de hastes também influencia significativamente no rendimento de raízes, sendo que plantas com numerosas hastes apresentam menor desenvolvimento de raízes quando comparadas a plantas com apenas uma haste, devido à competição entre as duas partes (LAHAI; EKANAYAKE, 2010).

Variações nas densidades populacionais, de maneira geral, alteram o crescimento das plantas de mandioca, podendo favorecer ou prejudicar o crescimento seus diferentes órgãos, devido a maior ou menor competição por recursos escassos do solo, do clima ou do espaço. Diversos autores descrevem variações na produção com a alteração das densidades em função das cultivares, que respondem de forma distinta a esta prática (AYOOLA; MAKINDE, 2008; ZANETTI et al., 2014).

Oliveira et al. (1998) avaliaram as influências de densidades de 10.000, 12.500, 16.666 e 25.000 plantas por hectare, em três cultivares de porte distinto, relatam a alteração no hábito de ramificação das plantas, em função das densidades avaliadas, sendo que houve aumento no número de hastes laterais nas menores densidades.

A densidade de plantio em diferentes espaçamentos também influencia na altura e diâmetro de ramas, número de folhas e rendimento das raízes tuberosas, como foram observadas nos resultados de pesquisas executadas por Rojas et al. (2007). A densidade de plantio tem relação com os diversos componentes que contribuem diretamente para a produtividade da cultura como: interceptação de luz, cultivares, água, nutrientes, competição com plantas daninhas, e incidência de doenças e pragas (AYOOLA; MAKINDE, 2008; LOPEZ-BELLIDO et al., 2005; OPARA-NADI; LAL, 2006).

Cock et al. (1977) trabalharam com cinco cultivares de porte e hábito de ramificação distintos, observaram que alguns apresentaram máximas produções de raízes em populações de 5.000 a 10.000 plantas por hectare e outros tiveram acréscimos na produção com o aumento das densidades até 30.000 plantas, porém com respostas muito pequenas nas populações acima de 10.000 plantas por hectare.

Andrade e Corrêa (1991) avaliando cinco densidades de plantio de 8.000 a 40.000 plantas, em duas cultivares, obtiveram maiores rendimentos com densidades intermediárias em relação aos extremos avaliados, recomendando o espaçamento de 1,00 x 0,75 metros, correspondente a 13.333 plantas. Alterações não vantajosas com os extremos populacionais testados, também foram descritos por Furtado et al. (1980), com o espaçamento de 1,00 x 0,60 metros, ou seja 16.666 plantas por hectare.

Pesquisas de Rojas et al. (2007) também evidenciaram a resposta na produção de raízes de mandioca em função da densidades de plantio. Estes autores verificaram em condições de cultivo agroecológico, os melhores rendimentos nas populações de 27.777 plantas ha⁻¹. No entanto, estes resultados foram obtidos para “Tempranita” caracterizada por ser uma planta de porte baixo de aproximadamente um metro e meio de altura, com ciclo precoce de cerca de sete a oito meses e altamente adaptada a solos de baixa fertilidade, justamente o utilizado na pesquisa.

Guerra et al. (2003) por sua vez, avaliaram acréscimos nas populações de plantas em mandioca de mesa 'Pioneira' e uma cultivar destinada à indústria, 'AC12829'. A conclusão foi que a quantidade de raízes foi maior quando se reduziu a população para ambas cultivares.

Das diversas pesquisas sobre número de plantas na cultura da mandioca, praticamente todas concluem que a densidade populacional tem efeito direto sobre a produção de raízes, seja através da variação do espaçamento entre plantas, quanto da variação da distância entre plantas na linha de plantio. Entretanto, um aspecto muito importante que condiz com todos os resultados é o fato inegável, que os efeitos dos números de plantas sobre o rendimento de raiz variam com a cultivar, mas que na maioria das vezes um aumento excessivos da densidade de plantio reduz, a produção de raízes de mandioca, independentemente da cultivar avaliada.

Não apenas para plantas de mandioca, mas diversas culturas apresentam respostas diferenciadas devido à densidade populacional, inclusive no porte das plantas e na largura dos lóbulos foliares. Cultivares de menor porte podem possibilitar maiores densidades devido a menor competição entre plantas por luz. Lóbulos foliares estreitos permitem menor sombreamento entre as folhas da mesma planta possibilitando melhor distribuição e utilização da radiação solar (VIOLLE et al., 2009).

Távora et al. (1982) trabalhando com cultivares de lóbulos foliares estreitos e largos, e populações de 5.000 a 25.000 plantas obtiveram a máxima produção com a população de 15.000 plantas independentemente do tipo de lóbulos.

Existe consenso entre vários autores quanto à utilização de maiores espaçamentos para solos de melhor fertilidade (ALBUQUERQUE, 1980; FIDALSKI, 1999; AGBEDE, 2010; OLIVEIRA et al., 2010). Isso se deve em virtude do maior vigor demonstrado pelas plantas oriundas de solos de alta fertilidade, ocasionar maior competição entre plantas. Já para solos de baixa fertilidade o desenvolvimento das plantas geralmente é menor, possibilitando a utilização de maiores densidades.

As respostas aos espaçamentos são muito variáveis, devido ao comportamento que cada cultivar de mandioca apresenta na interação com as condições edafoclimáticas (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005).

Portanto, estudar o acúmulo de massa seca e sua distribuição na planta, é importante na definição da produtividade da cultura da mandioca. Entender o padrão de partição de assimilados entre as partes da planta e a variação desse padrão entre cultivares com os efeitos agronômicos e condições ambientais, podem ajudar na escolha da melhor cultivar para cada propósito e maximizar a produtividade de raízes tuberosas com características desejáveis. Assim, a análise de crescimento e o estudo da partição da massa seca entre os órgãos da planta geram conhecimentos que podem facilitar a tomada de decisões relativas ao manejo da cultura da mandioca.

2.2 REFERÊNCIAS

- ADAMS, C.; SIQUEIRA, A. D.; MURRIETA, R. S., SANCHES, R. O pão da terra: da invisibilidade da mandioca na Amazônia. In: ADAMS, CRISTINA; MURRIETA, RUI; NEVES, WALTER. **Sociedades Caboclas Amazônicas: Modernidade e Invisibilidade**. Annablume: São Paulo, 2006.
- ADENIJI, O. T.; ODO, P. E.; IBRAHIM, B. Genetic relationships and selection indices for cassava root yield in Adamawa State, Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v.6, n.13, p.2931-2934, 2011.
- AGBEDE, T. M. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. **Soil and Tillage Research**, v.10, n.1, p.25-32, 2010.
- ALBUQUERQUE, M. A. **Mandioca na Amazônia**. Belém: M. I. SUDAM. 1980, 227p.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA. Cap.7, 2006, p.138-169.
- ALVES, A. A. C. **Physiological and developmental changes in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) under water deficit**. 1998. 160p. Thesis (PhD) – Cornell University, Ithaca, 1998.
- ALVES, A. A. C.; SETTER, T. L. The Response of cassava leaf area expansion to water deficit: Cell proliferation, cell expansion, and delayed development. **Annals of Botany**, v.94, n.2, p.605-613, 2004.
- ANDRADE, C. A. de B.; CORRÊA, H. Efeitos de espaçamentos, idades de colheita e anos de plantio na produção de raízes e ramas de duas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Ciência e Prática**, v.15, n.3, p.262-275, 1991.

AYOOLA, O. T.; MAKINDE, E. A. Influence of cassava population density on the growth and yield performance of cassava-maize intercrop with a relayed cowpea. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.8, n.4, p.235-241, 2008.

BALSAN, R. Impactos da modernização da agricultura brasileira. Campo-Território. **Revista de geografia agrária**, v.1, n.2, p.123-151, 2006.

BARICKMAN, J. B. **Um contraponto baiano**. Açúcar, fumo, mandioca e escravidão no Recôncavo, 1780-1860. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.

BARROSO, G. M. **Sistemática das angiospermas do Brasil**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa Imprensa. Universitária, 1984. v.2, n.1, 377p.

BEGUM, S.; PAUL, N. K. Growth analysis of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) varieties in relation to time of planting. **Bangladesh Journal of Botany**, v.34, n.4, p. 21-26, 2005.

BELTRÃO, N. E. de. M.; AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, R. L. S. de.; QUEIROZ, W. N. de.; QUEIROZ, W. C. de. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; BELTRÃO, N. E. de. M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2. ed., 2007, p.43-72.

CAVALCANTI, J. **Desenvolvimento das raízes tuberosas em mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)**. 1985. 66 p. Tese (Mestrado) – Univ. Federal do Ceará, Fortaleza, 1985.

CEBALLOS, H. **Taxonomia e morfologia de la yuca**. In: OSPINA, I. A.; CEBALLOS, H. La Yuca en el tercer milenio. Cali: CIAT, Publicacion. 327, 2002. p.17-33.

CEREDA, M. P. - **Tuberosas Amiláceas Latino Americanas – Volume II**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). **Improved cassava for the developing world**. Annual Report Project IP3. Cali, Colombia: CIAT, 2010. p.12-27.

COCK, J. H. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo de planta de yuca. In: DOMINGUEZ, C.E. **Yuca**: investigación, producción y utilización. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. p.51-61.

COCK, J. H.; WHOLEY, D.; CASAS O.G. de las. Effect of spacing on cassava (*Manihot esculenta*). **Experimental Agriculture**, v. 13, p.289-299, 1977.

CONCEIÇÃO, A. J. da. **A mandioca**. Cruz das Almas: UFBA/Embrapa/BNB/Brascan Nordeste, 1979. 382 p.

DIAS, C. A. de C.; MARTINEZ, A. A. **Mandioca**: Informações importantes. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1986. 20p. (Instruções práticas, n.190).

DOMÍNGUEZ, C. E. Yuca: Investigación, Producción y Utilización. In Hershey, Cl; Amaya, A. **Germoplasma de Yuca: Evolución, Distribución y Colección**. 1982. p.77-88.

EDWARDS, G. E.; SHETA, E.; MOORE, B. D.; DAI, Z.; FRANCESCHI, V. R.; CHENG, S. H.; LIN, C. H.; KU, M. S. B. Photosynthetic characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), a C3 species with chlorenchymatous bundle sheath cells. **Plant and Cell Physiology**, v.31, n.3, p.1199-1206, 1990.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v.56, n.1, p.481-501, 2004.

EL-SHARKAWY, M. A. International research on cassava photosynthesis, productivity, eco-physiology, and responses to environmental stresses in the tropics. **Photosynthetica**, v.44, n.1, p.481-512, 2006.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Roma. 2015. Agricultural Production Statistics. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2015/05/29/mandiocaseculo-diz-a-fao.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

FIDALSKI, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.8, p. 1353-1359, 1999.

FONSECA, J. R.; GROXKO, M.; RODANTE, A.; TAKAHASHI, M.; PEQUENO, M. G.; VIDIGAL FILHO, P. S. **Cadeia produtiva da mandioca no Paraná: diagnóstico e demandas atuais**. Londrina: IAPAR, 2002.

FURTADO, M. J.; SILVA, A. A. da.; SANTOS J. A. C.; OLIVEIRA, D. de. **Espaçamento para mandioca (*Manihot Esculenta* Crantz), no norte do Espírito Santo**. *Indicação EMCAPA*, v.2, n.3, p.1-5, 1980.

GUERRA, A. F. FIALHO, J. de F.; ROCHA, O. C.; EVANGELISTA, W. **Produtividade e qualidade de raízes de mandioca em resposta ao regime hídrico e a densidade de plantio**. Planaltina: Embrapa, 2003. 12 p.

HOWELER, R. H. **Nutrición mineral y fertilización de la yuca**. In: Domínguez, C.E. (comp.) *Yuca: Investigación, Producción y Utilización*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. p.317-358.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática: **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf>>. Acesso em 09 fev. 2015.

LAHAI, M. T.; EKANAYAKE, I. J. Transpiration rate and leaf water potential as indices for cassava yield in inland valley ecology. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.4, n.6, p.34-44, 2010.

LEONEL, M., CEREDA, M. P., ROAU, X. Cassava bagasse as dietary product. **Tropical Science**, v.38, n.2, p.224-228, 1998.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.122-127, 2000.

LÓPEZ-BELLIDO, F. J.; LÓPEZ-BELLIDO, L.; LÓPEZ-BELLIDO, R. J. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). **European Journal of Agronomy**, v.23, n.2, p.359-378, 2005.

LORENZI, J.O. **Mandioca**. Campinas: CATI, 2003. 110 p. (Boletim técnico, n. 245).

LORENZI, J. O.; GALLO, J. R.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. **Bragantia**, v.40, n.1, p.144-156, 1978.

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. de. **Cultura da mandioca**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 41 p. (Boletim técnico, n. 211).

LORENZI, J. O.; SAÉS, L. A.; SAKAI, M.; RIBEIRO, I. J.; LOURENÇÃO, A. L.; MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A.; GODOY, G. G. Avaliação de cultivares de mandioca de mesa no Vale do Ribeira (SP). **Bragantia**, v.55, n.1, p.141-146, 1996.

MAHUNGU, N. M. Selection for improved root quality in cassava. In: HERSHEY, C. H. (Ed). **Cassava breeding: a multidisciplinary review**. 1987, Cali. CIAT, p. 89-103, 1987.

MALAVOLTA, E.; GRANER, E. A; COURY, T.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ACHECO, J. A. C. Studies on the mineral nutrition of cassava (*Manihot utilíssima* Pohl). **Plant Physiology**, v.30, n.1, p.81-82, 1982.

MATOS, L. P. de; CARDOSO, E.M.R. **Cultivo de Mandioca**. Bahia: Embrapa 2001.

MATTOS, P. L. P. de. Práticas culturais na cultura da mandioca. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. de S. (Eds.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campo Grande. UNIDERP, 2002. p.127-146.

MATTOS, P. L. P.; SOUZA, L. S.; SOUZA, J. S; CALDAS, R. C. Consorciação da mandioca plantada em fileiras duplas e simples com culturas de ciclo curto. II. mandioca x caupi x milho. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.18, n.1, p.31-36, 2005.

MENDONÇA, M. S. Estudo de plantas laticíferas. I. Aspectos anatômicos e distribuição de vasos laticíferos em *Manihot caerulencens* Pohl. **Acta Amazônica**, v.13, n.1, p.501-17, 1983.

NASSAR, N. M. A. GRACIANO-RIBEIRO, D.; FERNANDES, S. D.; ARAÚJO, P. C. Anatomical alterations due to polyploidy in cassava, *Manihot esculenta* Crantz. **Genetic and Molecular Research**, v.7, n.2, p.276-283, 2008.

OLIVEIRA, E. A. M.; CÂMARA, G. M. S.; NOGUEIRA, M. C. S.; CINTRA, H. S. Efeito do espaçamento entre plantas e da arquitetura varietal no comportamento vegetativo e produtivo da mandioca. **Scientia Agricola**, v.55, n.2, p.269-275, 1998.

OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, J. F.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, A. N. P.; SILVA, V. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p.277-281, 2010.

OPARA-NADI, O.; LAL, R. Effects of plant population on soil structure, soil moisture depletion and on yield of cassava (*Manihot esculenta*) on an Ultisol in Southeast Nigeria. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.38, n.4, p.291-302, 2008.

PERESSIN, V. A.; MONTEIRO, D. A.; LORENZI, J. O.; DURIGAN, J. C.; PITELLI, R. A.; PERECIN, D. Acúmulo de matéria seca na presença e na ausência de plantas infestantes no cultivar de mandioca SRT 59 – Branca de Santa Catarina. **Bragantia**, v.57, n.1, p.135-148, 1998.

ROJAS, R. et al. Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 24, n. 1, p. 94-112, 2007.

SANTOS, G. da. S.; MARQUES, E. P.; SILVA, H. A. dos. S.; BEZERRA, W. B. Identificação e quantificação do cristal violeta em aguardentes de mandioca (tiquira). **Química Nova**, v.28, n.4, p.583-586, 2005.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; KRAULICH, B.; PINHEIRO, D. G.; ZANON, A. J. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; STORCK, L.; BURIOL, G. A.; ZANON, A. J.; PINHEIRO, D. G.; KRAULICH, B. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, v.68, n.1, p.155-167, 2009.

SOUZA, M.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p.120-128, 2004.

TAGLIARI, P. S. Agra indústria de mandioca: desafios para os pequenos empresários. **Agropecuária Catarinense**, v.9, n.3, p.37-42, 2012.

TAKAHASHI, M.; GUERINI, V. L. Espaçamento para a cultura da mandioca. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.14, n.4, p.489-494, 1998.

TAKAHASHI, M. Cultivo comercial na região Centro Sul do Brasil. In: Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas. CEREDA, M.P (COORD). **Fundação Cargill**, 2002. v.2, p.558-273.

TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. **A cultura da mandioca**. 2ª ed. Paranavaí: Olímpica, 2005. 115 p.

TÁVORA, F. J. A .F.; QUEIROZ, G. M. de; PINHO, J. L. N. de; MELO, F. I. O. Comportamento de cultivares de mandioca com diferentes características foliares submetidas a diversas densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.3, p.417-431, 1982.

VILPOUX, O. **As indústrias de mandioca nos Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais**. Botucatu: UNESP, 1998. Tese (Doutorado). Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, 1998.

VIOLLE, C.; GAMIER, E.; LECOEUR, J.; ROUMET, C.; PODEUR, C.; BLANCHARD, A.; NAVAS, M.L. Competition, traits and resource depletion in plant communities. **Oecologia**, v.160, n.4, p.747-755, 2009.

ZANETTI, E. G. B.; CARDOSO, E. M. G.; DOURADO, D. P.; REINA, E.; MURAISHI, C. T. Performance of two cassava varieties submitted to different spacings, grown in the cerrado region. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.7, n.1, p.39-46, 2014.

3 ARTIGO A: PRODUÇÃO BIOLÓGICA DE BIOMASSA DE MANDIOCA COM DOSSÉIS CONTRASTANTES EM DIFERENTES POPULAÇÕES

3.1 RESUMO

A arquitetura, densidade de plantas e a época de colheita influenciam na produção de biomassa entre as cultivares mandioca. O presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes densidades populacionais e épocas de colheita em quatro cultivares de mandioca de diferentes conformações da parte aérea. Foram avaliadas quatro densidades de plantio específicas para cada cultivar: 'Branca de Santa Catarina' (BSC), de ramificação baixa e aberta, plantada nas densidades de 5.000 a 29.000 plantas ha⁻¹. 'IAC 13', de hastes vigorosas e ramificações fechadas, plantada nas densidades de 7.000 a 31.000 plantas ha⁻¹. 'IAC 14-18' de ramificações fechadas, 9.000 a 33.000 plantas ha⁻¹ e 'Fibra', que não ramifica plantada nas densidades de 11.000 a 35.000 plantas ha⁻¹. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados completos, com duas repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pela cultivares com suas respectivas densidades de plantas e as subparcelas pelas épocas de colheita iniciadas aos 120 dias após o plantio (DAP), e as demais com intervalos quadrimestrais, sendo a última aos 720 DAP. As características avaliadas foram: produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS), através da totalização dos pesos amostrais de diferentes partes da planta: raízes, cepa, rama e folhas, cujas médias foram transformadas em t ha⁻¹. Houve interação significativa entre a densidade de plantas e épocas de colheita apenas para 'Fibra'. Cultivares de parte aérea ramificada, 'BSC', 'IAC 13' e 'IAC 14-18' tiveram as maiores produções das massas nas menores densidades de plantas. Para 'Fibra', a produção de biomassa aumentou com o aumento da população. Para todas cultivares, o máximo de produção de biomassa ocorreu entre 600 e 720 DAP.

Palavras-chaves: Adensamento, cultivares, *Manihot esculenta* Crantz, ramificação.

CASSAVA BIOMASS OF BIOLOGICAL PRODUCTION WITH CANOPIES CONTRASTING IN DIFFERENT POPULATIONS

3.2 ABSTRACT

Both architecture, as the density of plants and the harvest season influence the biomass production of cassava cultivars. This study aimed to evaluate different population densities and harvest seasons in four cassava cultivars of different conformations of the shoot. Four specific planting densities were evaluated for each cultivar, 'Branca de Santa Catarina' (BSC), low and open branch, planted at densities 5,000-29,000 plants ha⁻¹. 'IAC 13', vigorous stems and branches closed, planted at densities 7,000-31,000 plants ha⁻¹. 'IAC 14-18' closed branches, 9,000-33,000 plants ha⁻¹ and 'Fibra', not branches planted in densities from 11,000 to 35,000 plants ha⁻¹. The experimental design was randomized complete block design with two replications. The treatments were arranged in split plots with the plots were the cultivars with their respective densities of plants and subplots by harvest time started at 120 days after planting (DAP), and the other with quarterly intervals, the last to 720 DAP. The characteristics evaluated were: total production of fresh mass (FM) and dry matter (DM), through the aggregation of sample weights of different plant parts: roots, strain, tops and leaves, whose averages were transformed into t ha⁻¹. There was a significant interaction between plant density and harvest time only for 'fiber'. Cultivars branched shoots, 'BSC', 'IAC 13' and 'IAC 14-18' had the highest yields of the masses in the lower plant densities. For 'Fibra', biomass production has increased with the increase in population. For all varieties, the maximum biomass production occurred between 600 and 720 DAP.

Key words: Density, cultivars, *Manihot esculenta* Crantz, branch.

3.3 INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família Euphorbiaceae a qual tem, como característica, a presença de látex e glicosídeos cianogênicos (LEOTARD et al., 2009). É fonte de carboidrato e betacaroteno de baixo custo, o que releva sua significativa importância social em países tropicais e subtropicais de baixa renda, sendo que em muitos desses lugares há condições adversas de clima e ótima opção de cultivo, pois se desenvolve bem em solos profundos, com boa aeração e capacidade de armazenamento de água (LAHAL; EKANAYAKE; KROMA, 2013).

No Brasil a área cultivada de mandioca em 2014 foi de quase 1,6 milhões de hectares, com produção estimada de 23 milhões de toneladas de raízes de mandioca. O Estado do Paraná é o terceiro maior produtor de raízes de mandioca, perdendo apenas para Pará e Bahia. O Paraná produz 4,0 milhões de toneladas cultivados em uma área aproximadamente de 177 mil hectares e detém o maior rendimento médio, 23 t ha⁻¹, maior que o rendimento médio brasileiro, 17,7 t ha⁻¹ (IBGE, 2015).

Embora o rendimento no Paraná seja superior aos principais Estados produtores brasileiros, está bem abaixo do rendimento médio teórico de 90 t ha⁻¹ estimado em condições ótimas de cultivo (COCK et al., 1979; EL-SHARKAWY, 2006). Muitos são os fatores que contribuem para os baixos rendimentos da mandioca, sendo que um deles é o arranjo de plantas na área de cultivo, pois o desafio está na seleção dos melhores espaçamentos conciliados com as cultivares mais produtivas, proporcionando a maximização no uso do solo, nutrientes, luz, água e gás carbônico.

A densidade populacional na cultura da mandioca é dependente de inúmeros fatores, um deles é a arquitetura do dossel vegetativo. Segundo Irolivea et al. (1998), espaçamentos menores devem ser priorizados para cultivares que não ramificam e para os que ramificam, a melhor opção é o menor número de plantas por área. Contudo, faz-se necessário conhecer a arquitetura das plantas para que possa assim evitar a competição intraespecífica das plantas entre e dentro das fileiras de plantio (SCHONS et al., 2007).

Também na mandiocultura, a época de colheita é um fator importante, podendo influenciar além do teor de amido, a produção da parte aérea,

produtividade de raízes tuberosas, dentre outras características agronômicas (LIMA et al., 2002; AMANULLAH et al., 2006).

Segundo Fukuda (2006), considerando a duração do ciclo da mandioca, as cultivares podem ser classificadas em precoces, quando colhidas com 10 a 14 meses, semiprecoces, de 14 a 18 meses, e tardias, com ciclo acima de 18 meses. A produção de biomassa seca nas raízes esta diretamente ligada a cultivar, o local de cultivo e a época de colheita. Embora o teor de amido aumente com a idade da planta, isto tem um determinado ponto de máximo, que cessa quando a lignificação das raízes se inicia, tornando-as fibrosas e duras. Para Benesi et al. (2008) conhecer a cultivar de mandioca quanto ao seu ciclo é fator preponderante para avaliar a melhor época de colheita e assim obter retorno econômico mais satisfatórios.

Embora o estudo dos resultados de matéria seca seja mais relevante devido ao processo fisiológico de translocação de fotoassimilados ao longo do ciclo de desenvolvimento das espécies, verificar a produção total de massa fresca para a cultura da mandioca se faz necessário para fornecer a ideia exata de produção ao produtor, uma vez que sua comercialização na pós-colheita estar relacionada com o aumento do peso fresco das raízes e dos teores de amido.

Desta forma, salientada a importância da densidade de plantas associada com a definição da melhor época de colheita, este estudo teve por objetivo avaliar diferentes densidades populacionais de mandioca de arquitetura da parte área contrastantes em diferentes épocas de colheita na produção total de massa fresca e seca.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na antiga Estação Experimental de Assis do Instituto Agrônomo, e atual Polo Regional do Médio Paranapanema da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), no município de Assis-SP. O clima do município é classificado, de acordo com a classificação de Köppen, do tipo tropical quente e úmido, com pluviosidade média anual de 1475,5 mm, temperatura média de 24,5°C e umidade relativa de 80%, com períodos de chuvas entre os meses de novembro a janeiro.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Escuro distroférico, horizonte A moderado, de textura média fase arenosa (EMBRAPA, 2013). Previamente à instalação do experimento na área destinada a pesquisa foi cultivada soja e com adubações para melhorar a fertilidade do solo e uniformizar a área.

Para o preparo do solo, foi utilizado arado de disco à profundidade de 20 cm. Não houve a necessidade de destorroamento e gradagem de niveladora, pois se trata de um solo arenoso. A área foi sulcada a 35 cm e alternando-se linhas de plantio, assim o plantio entre linhas foi 70 cm ou 105 cm, sendo a distância entre plantas foi à necessária para atender as populações desejadas. Foi plantado o número suficiente de plantas para atender o número de colheitas necessárias, portanto as parcelas tiveram tamanhos variáveis.

As cultivares utilizadas corresponde cada uma, a um tipo diferente de arquitetura do dossel vegetativo: 'BSC', de uso industrial e hábito de ramificação baixa e aberta, 'IAC 13', de uso industrial de hastes vigorosas e ramificações fechadas, 'IAC 14-18' apresenta com ramificações fechadas e 'Fibra', de uso industrial sem hábito de ramificar-se.

Os materiais de plantio das cultivares foram produzidos no local onde foi feito o experimento. Para a propagação das plantas, foram utilizadas manivas de boa qualidade fisiológica e sanitária, com 20 cm de comprimento e no mínimo cinco gemas viáveis, as quais foram distribuídas horizontalmente nos sulcos de plantio.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados completos, com duas repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pela cultivares com suas respectivas densidades de plantas e as subparcelas pelas épocas de colheita 120, 240, 360, 480, 600 e 720 dias após o plantio (DAP). Para cada cultivar foram utilizadas quatro densidades de plantas espaçadas de oito mil plantas (Tabela 3.1).

As parcelas apresentaram dimensões variáveis a fim de alocar cada densidade mencionada. As subparcelas foram compostas por seis plantas úteis para cada época de colheita dentro de cada densidade. Portanto, o arranjo experimental ficou distribuído de forma de fatorial duplo, totalizando 48 tratamentos para cada cultivar e um total de 192 parcelas envolvendo todas cultivares, densidades e épocas de colheita.

Tabela 3.1 - Cultivares de mandioca, hábitos de ramificação da parte aérea e densidades populacionais.

Cultivares	Hábito de ramificação	Densidades populacionais (Plantas ha ⁻¹)			
		5.000	13.000	21.000	29.000
'BSC'	Baixa e aberta	5.000	13.000	21.000	29.000
'IAC 13'	Fechada e alta	7.000	15.000	23.000	31.000
'IAC 14-18'	Fechada e baixa	9.000	17.000	25.000	33.000
'Fibra'	Ausente	11.000	19.000	27.000	35.000

Foram realizadas análises separadas por cultivar entre os fatores em seus respectivos níveis. Assim, foi possível analisar de forma conjunta e exploratória todos os fatores envolvidos na pesquisa e os testes de hipóteses de suas possíveis interações, não havendo, portanto, a comparação entre as cultivares.

Os resíduos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e homogeneidade de variâncias de Bartlett. Para o ajuste inicial no espaço, realizado em função das densidades, foi adotado o modelo exponencial $y = a x^b$ sugerido por Aguiar (2003), por ser este o melhor representa o efeito das densidades e fenômeno biológico em estudo, os níveis de significância e a complexidade matemática do modelo.

Da mesma forma, procedeu-se o ajuste final no tempo, a partir dos valores estimados na correção inicial em função das épocas de colheita. Para a determinação do modelo de ajuste temporal, seguiu a sugestão do modelo de regressão polinomial do 3º grau, descrito por $y = a + bx + cx^2 + dx^3$, por representar a dinâmica do crescimento de raízes de mandioca no primeiro e segundo ciclo (AGUIAR, 2003).

Os parâmetros avaliados foram: produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS). A MF total foi determinada pela pesagem de amostras de raízes, cepa, rama e folhas por planta, cujas médias foram utilizadas para o cálculo da produtividade em t ha⁻¹. A MS foi determinada em subamostras do material fresco, sendo retirados 0,5 kg de raízes, 0,5 kg de cepa, 0,3 kg de lâmina foliar e 0,5 kg de rama, que foram secas em estufa a 65°C, por 72 horas, e em seguida pesadas em balança de precisão e os resultados extrapolados para t ha⁻¹.

Com os resultados coletados por planta, a partir dos modelos adotados, na correção espacial (entre densidades) e no tempo (entre colheitas), foram utilizadas para o cálculo das variáveis em toneladas por hectare (ha^{-1}), multiplicando-se os resultados obtidos por planta, pelo número de plantas por ha em cada densidade avaliada. O software utilizado foi o R for Windows versão 2.9.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), pacote ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Português).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a produção de massa fresca (MF) em toneladas por hectare, foram observados efeitos significativos e independentes dos tratamentos densidade de plantio e época de colheita para 'BSC', 'IAC 13', 'IAC 14-18' e 'Fibra'. Entretanto, a interação entre os tratamentos para a produção de MF foi observada apenas para cultivar Fibra (Tabela 3.2).

Para todas cultivares estudadas, houve comportamento similar em relação à produção de massa seca (MS). Como se observa na Tabela 3.3, a variável MS sofreu efeito significativo dos fatores espaçamentos e épocas de colheita de forma isolada, e não interação entre os mesmos.

Com relação a não significância entre a interação dos fatores, estes resultados diferem daqueles obtidos por Aguiar et al. (2011), que verificaram efeito significativo para densidade de plantas e épocas de colheita de mandioca de mesa, 'IAC 576-70', na variável resposta produção de raízes comerciais por hectare. Os autores verificaram nas menores densidades de plantio (5.000 pl ha^{-1}), os maiores níveis de produtividade nas colheitas mais precoces, seis meses.

Na análise individual de produção total de MF e MS, para densidade de plantas foi ajustada ao modelo exponencial, em função da representatividade do fenômeno biológico em questão para duas cultivares, 'BSC' e 'IAC 13' (Figura 3.1). 'BSC' teve redução de 90% de sua MF e 65% menos MS em relação a menor densidade (5.000 pl ha^{-1}) para a maior densidade ($29.000 \text{ pl ha}^{-1}$).

Tabela 3.2 - Quadrado médio (QM), F da análise de variância (F) referente à produção total de massa fresca (MF) em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$) de quatro cultivares de mandioca para as fontes de variação densidade de plantio (D), épocas de colheitas (E) e suas interações.

Causas da variação	g.l.	Cultivares							
		BSC ¹		IAC 13		IAC 14-18		Fibra	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Bloco	1	289,96	2,77	3,04	0,012	125,68	0,45	1,62	0,002
Densidade de plantio (D)	3	1821,85	17,43*	455,61	1,93**	145,83	0,53**	2857,96	3,78**
Resíduo (a)	3	104,40		236,30		274,72		754,83	
Época de colheita (E)	5	2991,62	17,54**	3148,62	22,02**	3336,56	11,07**	4970,48	25,97**
Interação (DXE)	15	172,99	1,01 ^{ns}	159,43	1,11 ^{ns}	236,28	0,78 ^{ns}	278,32	1,45**
Resíduo (b)	20	170,53		142,98		301,31		191,34	
Total	47								
C.V.(%)		7,34		11,23		9,45		6,75	

g.l. = número de graus de liberdade; C.V.(%) = coeficiente de variação; *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade. ¹Branca de Santa Catarina.

Tabela 3.3 - Quadrado médio (QM), F da análise de variância (F) referente à produção total de massa seca (MS) em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$) de quatro cultivares de mandioca para as fontes de variação densidade de plantio (D), épocas de colheitas (E) e suas interações.

Causas da variação	g.l.	Cultivares							
		BSC ¹		IAC 13		IAC 14-18		Fibra	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Blocos	1	276,80	4,87	2,05	0,09	78,74	1,27	0,12	0,0010
Densidade de plantio (D)	3	397,74	7,00*	88,11	3,92**	38,89	0,628*	497,18	4,156**
Resíduo (a)	3	56,77		22,45		61,87		119,66	
Época de colheita (E)	5	1127,29	24,19**	1291,95	41,36**	1335,96	22,312**	1582,67	47,50**
Interação (DXE)	15	27,15	0,58 ^{ns}	32,01	1,02 ^{ns}	51,60	0,861 ^{ns}	62,30	1,87 ^{ns}
Resíduo (b)	20	46,59		31,23		59,87		33,31	
Total	47								
C.V.(%)		3,34		6,25		8,00		4,32	

g.l. = número de graus de liberdade; C.V.(%) = coeficiente de variação; *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade. ¹Branca de Santa Catarina.

Para 'IAC 13', a produção de MF caiu de 58,56 t ha⁻¹ para 44,62 t ha⁻¹ (23,8% de redução) e MS a redução correspondeu 19,9%, passando de 23,83 t ha⁻¹ para 19,08 t ha⁻¹ nas densidades 31.000 a 7.000 pl ha⁻¹, respectivamente. O modelo ajustado para 'IAC 14-18' foi linear decrescente, onde é possível verificar um decréscimo médio de 0,3407 t ha⁻¹ para MF e 0,1813 t ha⁻¹ à MS, para cada 1000 plantas acrescida na população por hectare (Figura 3.1).

Para as três cultivares que ramificam, devido a maior área ocupada individualmente por planta, ocorre competição pelos fatores de produção presentes no ambiente, ocasionando redução na produção de biomassa, o que está de acordo com trabalhos de Aguiar et al. (2011) e Cock et al. (1979) que observaram decréscimo na produção de raízes tuberosas e acréscimo na produção de parte aérea quando há restrições de luminosidade. Para as cultivares que ramificam os resultados de decréscimo na produção de massa, corroboram os resultados de Irolivea et al. (1998) que ao estudaram o comportamento vegetativo e produtivo de três cultivares de mandioca em relação à arquitetura da parte aérea e diferentes espaçamentos, verificaram que cultivares com ramificações abundantes e menores espaçamentos, interferem na produção final de raízes. Desta forma para as cultivares 'BSC', 'IAC 13' e 'IAC 14-18', as melhores densidades são as menores, ou seja, melhores rendimentos são obtidos quando se promove aumento na distância entre as plantas. Isto está relacionado à abertura de ramificação destas cultivares que por sua vez, apresentam-se bem engalhadas.

Contudo, observa-se a influência dos diferentes números de plantas por área e as cultivares que ramificam. Há desta forma, efeito direto dos maiores espaçamentos sobre o aumento da distância entre o centro da planta e as ramificações, indicando que, em condições de espaçamentos que permitam maiores crescimentos laterais, a tendência dos cultivares que ramificam é de tornarem-se mais engalhadas.

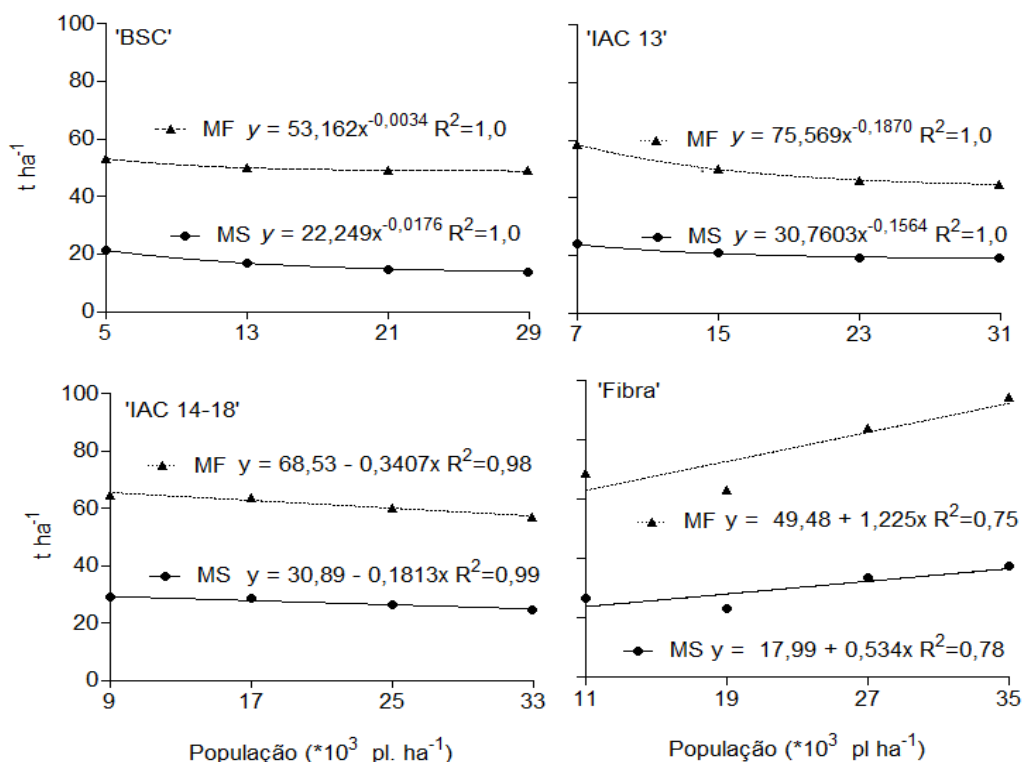
Cultivares que ramificam diminuem a produção de sua massa. A variação desta redução pode ser consequência do ajuste da arquitetura das ramificações, sendo que a 'BSC' possui alta plasticidade e ajusta o ângulo de ramificação para melhorar a interceptação a luz. Em contrapartida, a 'IAC 13' é menos plástica e a 'IAC 14-18' praticamente não altera seu ângulo de ramificação, o que se comprova com os ajustes espaciais apresentados na figura 3.1 para cada cultivar. Estas afirmações aqui mencionadas são corroboradas por vários resultados

de pesquisas disponíveis na literatura (BUENO, 1987; NÓBREGA et al. 1993; ROJAS et al. 2007; ALCORN et al. 2007).

Diferentemente das cultivares que ramificam, os resultados médios de produção de biomassas para cultivar Fibra ajustaram-se ao modelo linear crescente (Figura 3.1). Este resultado, segundo Lima et al. (2002) é devido ao fato desta cultivar não ramificar, o que faz com que cada planta ocupe uma área menor de terreno, possibilitando aumento na densidade de plantas sem que haja interferências negativas entre plantas vizinhas na mesma linha de plantio.

Desta forma, para 'Fibra' houve aumento do rendimento biológico com o aumento das populações, que neste caso em específico corresponde a 35.000 pl ha⁻¹, com uma produção estimada de 36,69 t ha⁻¹ e 92,36 t ha⁻¹ de MS e MF, respectivamente. Tais resultados indicam que, possivelmente, as melhores respostas no rendimento de raízes tuberosas para esta cultivar sejam conseguidas com menores espaçamentos.

Figura 3.1 - Produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS) em toneladas por hectare de cultivares de mandioca de arquitetura de dosséis contrastantes em função de suas respectivas densidades de plantio (população * 1000 pl. ha⁻¹), independente da época de colheita.



Do mesmo modo da densidade populacional, foi observado respostas para época de colheita independentemente do número de plantas para todas cultivares. Os dados de produção de MF e MS ajustaram-se bem aos modelos de regressão cúbica, com exceção para 'IAC 14-18' que melhor ajustou-se ao modelo quadrático para MF, enquanto que o modelo que melhor explica o comportamento de produção de MF para 'Fibra' foi linear, diferindo das sugestões propostas de Aguiar (2003) para ajustes cúbicos em decorrer do tempo de colheita para máxima produção de MF de raízes de mandioca. Os coeficientes de determinação e as equações utilizadas para os ajustes dos modelos estão apresentados na tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Modelos matemáticos e coeficiente de determinação (R^2) para produção total de MF e MS ($t\ ha^{-1}$) de cultivares de mandioca de parte aéreas contrastantes em função da época de colheita.

Cultivares		Modelos matemáticos*	R^2
'BSC'	MF	$y = -16,55 + 17,70x - 1,16x^2 + 0,025x^3$	0,90
	MS	$y = -29,22 + 12,05x - 0,73x^2 + 0,014x^3$	0,82
'IAC 13'	MF	$y = 0,28 + 12,06x - 0,76x^2 + 0,018x^3$	0,95
	MS	$y = -27,40 + 11,48x - 0,78x^2 + 0,017x^3$	0,94
'IAC 14-18'	MF	$y = 5,53 + 7,62x - 0,183x^2$	0,98
	MS	$y = -27,64 + 10,66x - 0,61x^2 + 0,011x^3$	0,97
'Fibra'	MF	$y = 32,53 + 3,17x$	0,90
	MS	$y = -20,22 + 9,18x - 0,57x^2 + 0,0125x^3$	0,93

*Significativo ($p < 0,01$)

Embora a colheita de mandioca possa ser efetuada a partir do oitavo até o vigésimo quarto mês após o plantio, com variações na produtividade das raízes e do percentual de amido. Sob o ponto de vista industrial, as produções mais convenientes têm sido aquelas provenientes de culturas com dois ciclos vegetativos, isto é, com 480 a 720 DAP meses (TAKAHASHI; GUERINI, 1998; MENDONÇA; MOURA; CUNHA, 2003). Esta variação no período de colheita de mandioca se deve segundo Alves (2006), a condições de altas latitudes e altitudes, sendo que as taxas máximas de acumulação de matéria seca nas raízes tuberosas ocorrem entre quatro a seis meses, enquanto que em regiões tropicais, sucede-se entre três a cinco meses após plantio.

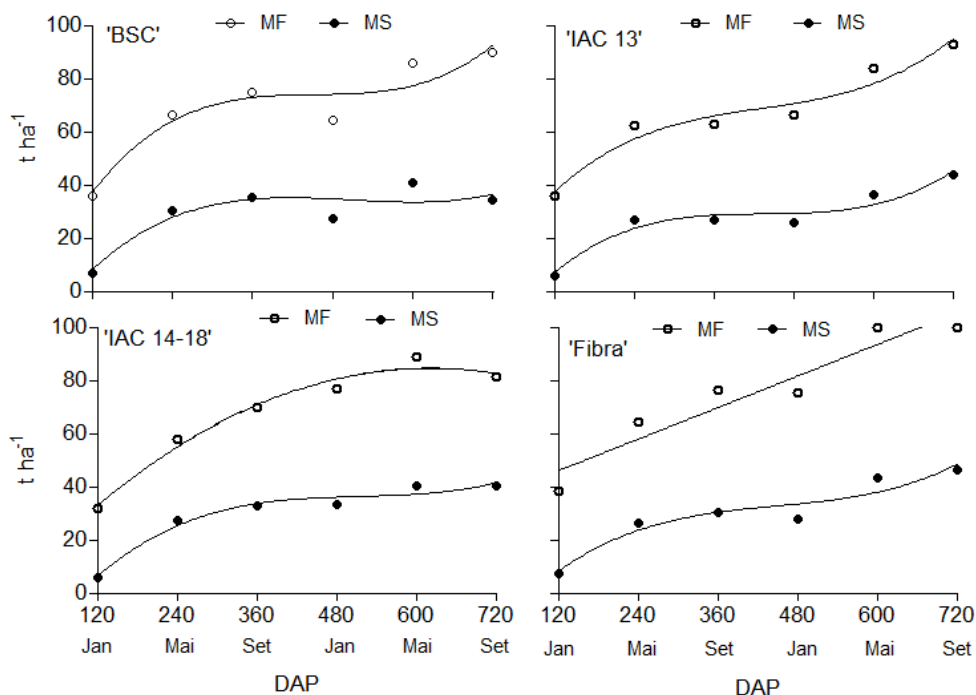
A época de colheita crítica para 'BSC' na máxima produção de MF estimado foi aos 720 DAP com produção de $92,49\ t\ ha^{-1}$. Entretanto, o máximo de

produção de MS foi verificado aos 660 DAP, com produção de 34,03 t ha⁻¹ (Figura 3.2). Na última colheita, 720 DAP, foi 'IAC 13' que apresentou, em média, maior rendimento (92,12 t ha⁻¹) de MF e (44,86 t ha⁻¹) de MS. Assim, isto pode ser atribuído ao maior ciclo deste material. Esses resultados estão de acordo aos de Fukuda e Borges (1990), os quais verificaram acréscimos nessas variáveis quando a colheita foi realizada mais tardia.

Para 'IAC 14-18' a resposta máxima na produção de MF foi verificada aos 600 DAP produzindo 84,61 t ha⁻¹. Enquanto que a produção de MS ocorreu aos 720 DAP com 41,20 t ha⁻¹. De forma distinta as demais cultivares, 'Fibra' apresentou comportamento linear em função do tempo para produção de MF. Apenas no acúmulo de MS foi verificado o ponto de flexão aos 720 DAP com acúmulo total de 48,11 t ha⁻¹ (Figura 3.2).

Os resultados obtidos neste estudo, embora tenham sido verificadas algumas distinções entre as cultivares em função da época de colheita, espera-se que a época mais indicada para colher mandioca, seja na época em que as plantas se encontram em período de repouso, condição em que ocorre elevado teor de amido (GRAY, 2000).

Figura 3.2 - Produção total de massa fresca (MF) e massa seca (MS) em toneladas por hectare de cultivares de mandioca de dosséis contrastantes em função da época de colheita (DAP) em dias, independente da densidade de plantio.



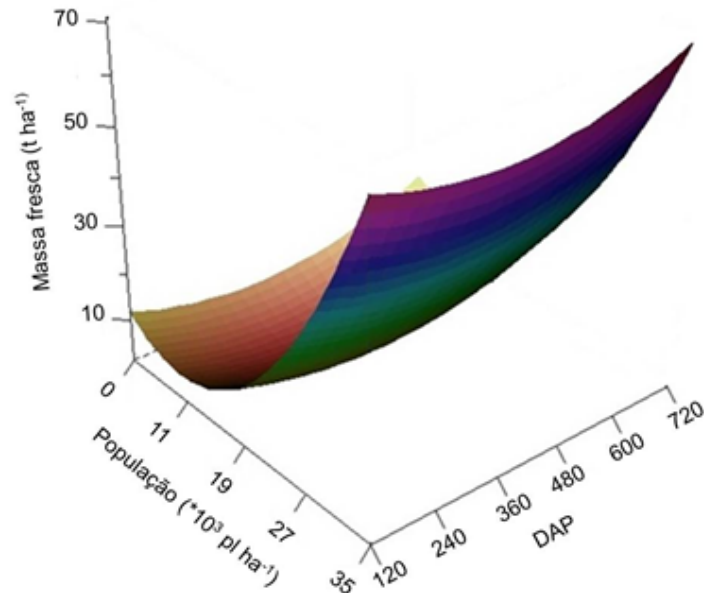
Nas regiões onde ocorrem precipitações pluviométricas durante todo o ano, a melhor época de colheita, considerando o estágio fisiológico, é no período em que as plantas apresentam desfolha total ou parcial, antes que se iniciem as novas brotações. O que ocorreu durante a condução deste experimento, com boa distribuição de chuva nos períodos de desenvolvimento das plantas e baixas precipitações nos repousos fisiológicos e também com redução das temperaturas.

Entretanto, é normal que ocorra variações em relação ao período ideal de colheita, em função seja do ciclo das cultivares plantadas ou das condições climáticas. Como foi verificado nos trabalhos de Borges et al. (2002) que analisaram 26 acessos de plantas de mandioca, verificaram materiais com altos teores de amido e matéria seca aos 10 meses, enquanto que a produção máxima de massa fresca ocorreu aos 12 meses após o plantio.

Da mesma forma Souza e Fukuda (1989) ao avaliarem o comportamento de doze cultivares de mandioca, plantadas no início e final das chuvas e colhidas aos 12 e 18 no estado do Mato Grosso, observaram maior produtividade de raízes em plantios efetuados no início das chuvas e colhidos aos 18 meses, para todas as cultivares estudadas.

A interação densidade de plantas e época de colheita foi significativa pelo teste F ($p < 0,01$) em relação à produção total de MF, apenas para 'Fibra' (Figura 3.3). Com os resultados apresentados através de superfície resposta da interação, é possível visualizar o aumento de produção de MF em decorrência do maior número de plantas por área. Ao analisar a interação com o fator época de colheita, observa-se que o maior valor foi obtido aos 720 DAP, quando do aumento do máximo da densidade populacional, 35.000 pl ha⁻¹ (Figura 3.3). Isso se justifica pelo fato desta tolerar maiores quantidades de plantas por área em função de sua arquitetura vegetativa. Resultados obtidos por TAKAHASHI; GUERINI, (1998), com esta mesma cultivar, corroboram com o presente resultado, considerando que este material pode suportar populações de até 50.000 pl ha⁻¹ em solos de baixa fertilidade, isto por possuir raízes curtas e parte aérea reta e não muito vigorosa.

Figura 3.3 - Superfície de resposta para produção total de massa fresca ($t\ ha^{-1}$) de mandioca 'Fibra' em função da população ($pl.\ ha^{-1}$) e época de colheita em dias (DAP).



3.6 CONCLUSÕES

Cultivares com partes aéreas ramificadas, como Branca de Santa Catarina, IAC 13 e IAC 14-18 apresentaram maiores produções de biomassa em menores densidades de plantas.

A cultivar Fibra, que não ramifica, produziu mais biomassa quando a população de plantas foi aumentada.

As cultivares, 'BSC', 'IAC 13', IAC 14-18' e 'Fibra' apresentaram o máximo de produção de biomassa entre os 600 e 720 dias após o plantio.

Agradecimentos

À Fundação Araucária pela concessão de bolsa de estudo e ao IAC, na pessoa da PqC. Dr^a. Teresa Losada Valle pelo fornecimento dos dados de campo.

3.7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, E.B. **Produção e qualidade de raízes de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz), em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita.** 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2003.

AGUIAR, E. B.; VALLE, T. L.; LORENZI, J. O.; K. R. A. D.; MIRANDA FILHO, H.; GRANJA, N. P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, v.70, n.3, p.561-569, 2011.

ALCORN, P. J. et al. Effects of initial planting density on branch development in 4-year-old plantation grown *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus cloenziana* trees. **Forest Ecology and Management**, v. 252, n.1, p.41-51, 2007.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca.** Editor: Luciano da Silva Souza... [et al.]. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p.138-169.

AMANULLAH, M. M.; ALAGESAN, K.; VAIYAOURI, A. K.; PAZHANIVELAN, S.; SAHYAMOORTHY, K. Intercropping and organic manures on the growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.2, n.5, p.183-189, 2006.

BENESI, I. R. M.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L.; MAHUNGU, N. M.; SAKA, J. K. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. **Euphytica**. v.160, n.1, p.59-74. 2008.

BORGES, M. DE F.; FUKUDA, W. M.; ROSSETI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, n.11, p.1559-1565, 2002.

BUENO, A. Modificações morfológicas na parte aérea da mandioca causadas pela variação na densidade de plantio. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.6, n.1, p.55-70, 1987.

COCK, J. H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G.; JURI, P. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop Science**, v.19, n.2, p.271-279, 1979.

EL-SHARKAWY, M. A. International research on cassava photosynthesis, productivity, eco-physiology, and responses to environmental stresses in the tropics. **Photosynthetica**, v.44, n.1, p.481-512, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3. ed. ver. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

FUKUDA, W. M. G.; BORGES, M. de F. Influência da idade de colheita sobre a qualidade de raízes em diferentes cultivares de mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.9, n. 1/2, p.7-19, 1990.

FUKUDA, W. M. G.; FUKUDA, C.; VASCONCELOS, O.; FOLGAÇA, J. L.; NEVES, H. P.; CARNEIRO, G. T. Variedades de mandioca recomendadas para o Estado da Bahia. **Revista Bahia Agrícola**, v.7, n.3, p.27-30, 2006.

GRAY, V. M. A. Comparation of two approaches for modelling cassava (*Manihot esculenta* Crantz) crop growth. **Annals of Botany**, v.85, n.1, p.77-90, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 27, n. 3, p.1-86, 2015.

IROLIVEA, E. A. M.; CAMARA, G. M. S.; NOGUEIRA, M. C. S.; CINTRA, H. S. Efeito do espaçamento entre plantas e da arquitetura varietal no comportamento vegetativo e produtivo da mandioca. **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 2, 1998.

LAHAI, M. T.; EKANAYAKE, I. J.; KROMA, J. P. C. Influence of canopy structure on yield of cassava cultivars at various toposequences of an inland valley agro ecosystem. **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development**, v. 5, n.3, p.36-47, 2013.

LEOTARD, G.; DUPUTIÉ, A.; KJELLBERG, F.; DOUZERY, E. J. P.; DEBAIN, C.; GRANVILLE, J. J. DE.; MCKEY, D. Phytogeography and the origin of cassava: New insights from the northern rim of the Amazonian basin. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v.53, n.3, p.329-334, 2009.

LIMA, L. C. L. et al. Valor nutritivo da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em função da densidade e altura da planta. **Magistra**, v. 14, n. 2, p. 89-96, 2002.

MENDONÇA, H. A. de; MOURA, G. de M.; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.6. p.761-769, 2003.

NÓBREGA, B. N. da; BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, J. V.; DINIZ, M. S.; AZEVEDO, D. M. P. de. Influencia do arranjo espacial de plantio e da época de remoção da gema apical em algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n. 12, p.1379-1384, 1993.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna: Austria, 2014.

ROJAS, R. et al. Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 24, n. 1, p. 94-112, 2007.

SCHONS, A.; STRECK, N.A.; KRAULICH, B.; PINHEIRO, D.G.; ZANON, A.J. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1586-1592, 2007.

SOUZA, L. D.; FUKUDA, W. M. G.; Avaliação de variedades de mandioca no Município de SINOP-MT em diferentes épocas de plantio e idades de colheita. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.8, n. 2, p.61-70, 1989.

TAKAHASHI, M.; GUERINI, V. L. Espaçamento para a cultura da mandioca. **Revista Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.41, n4, p.489-494, 1998.

4 ARTIGO B: ANÁLISE DE CRESCIMENTO EM MANDIOCAS DE DOSSÉIS CONTRASTANTES EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS

4.1 RESUMO

A arquitetura do dossel vegetativo e a população das plantas na lavoura têm influência direta no crescimento, desenvolvimento, partição de assimilados e na produção das culturas. O objetivo desta pesquisa foi avaliar quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastantes em quatro densidades populacionais por 24 meses. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com duas repetições, sendo as parcelas compostas pelas diferentes densidades populacionais e nas subparcelas as épocas de colheita. Foram estudadas 'Branca de Santa Catarina' (BSC), 'IAC 13', 'IAC 14-18' e 'Fibra' em quatro populações variando de cinco a 35 mil plantas ha^{-1} , dependendo da cultivar e em seis colheitas espaçadas quadrimestrais, iniciadas aos 120 dias após o plantio (DAP) e finalizando aos 720 DAP. Os parâmetros utilizados para medir o crescimento vegetal foram à área foliar e massa seca total. A partir destes, realizou-se a análise de crescimento funcional por meios dos parâmetros, duração de área foliar, razão de área foliar, taxa de crescimento relativo e a taxa assimilatória líquida. Os resultados indicaram que as plantas de mandioca investem pouco em novas folhas no segundo ciclo vegetativo. As melhores áreas foliares ocorrem nas densidades intermediárias para todas cultivares. Tanto a TCR quanto TAL decresce no final do primeiro ciclo, depois crescem mais lentamente até o final do segundo ciclo vegetativo.

Palavras-chave: Índice de área foliar, massa seca, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo.

GROWTH ANALYSIS IN CANOPIES CASSAVA CONTRASTING IN DIFFERENT PLANT POPULATIONS

4.2 ABSTRACT

The architecture of plants and the population in agriculture have a direct influence on the growth, development, assimilated partition and crop production. The objective of this research was to evaluate four cassava cultivars of contrasting shoot architectures in four densities for 24 months. The experimental design was a randomized complete block in a split plot with two replications, the plots composed by different population densities and the plots harvest seasons. We studied 'Branca de Santa Catarina' (BSC), 'IAC 13', 'IAC 14-18' and 'Fibra' in four populations ranging from five to 35,000 plants ha⁻¹, depending on the cultivar and six crops spaced quarterly initiated at 120 days after planting (DAP) and ending at 720 DAP. The parameters used to measure plant growth were to leaf area and total dry mass. From these, there was the functional growth analysis parameter of the media, leaf area duration, leaf area ratio, relative growth rate and net assimilation rate. The results indicated that cassava plants rather invest in new leaves in the second growing season. The best leaf areas occur in intermediate densities for all cultivars. Both relative growth rate and net assimilation rate decreases as the end of the first cycle, and then grow more slowly until the end of the second growing cycle.

key-words: Leaf area index, dry weight, net assimilation rate, relative growth rate.

4.3 INTRODUÇÃO

Cultivada principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) está classificada atualmente como principal fonte de alimento básico para diversos países situados nessas regiões do planeta (FAO, 2015). Devido aos altos níveis de carboidrato em suas raízes tuberosas, garante o fornecimento de cerca de 60% das necessidades calóricas diárias para populações da África Tropical, além de β -caroteno e vitamina A (HOWE et al., 2009; AKINWALE et al., 2010). Para o Brasil a mandioca desempenha papel socioeconômico relevante ao agronegócio, seja através do consumo de raízes “*in natura*”, ou subprodutos, como farinhas e féculas. Assim a planta assumiu importância tanto para segurança alimentar quanto para o desenvolvimento da indústria e geração de empregos.

Embora a espécie apresente alta adaptabilidade edafoclimática, seu desempenho agrônomico depende de vários fatores como época de plantio, população de plantas, qualidade de material de plantio, nutrição mineral, entre outros. Todavia estes fatores têm sido estudados por vários autores (VIDIGAL FILHO et al., 2000; AYOOLA, 2006; SCHONS et al., 2007; AYOOLA; MAKINDE, 2008; NTAWURUHUNGA; DIXON, 2010).

Dentre os fatores que influenciam na produtividade, as populações de plantas exercem considerável influência no crescimento e desenvolvimento da mandioca e que está intimamente correlacionada com a arquitetura da parte aérea. O aumento no número de plantas promove a competição entre indivíduos da mesma espécie e de espécie diferentes por recursos como água, nutriente, CO_2 e luz, e que pode afetar a produção final das raízes tuberosas. Aguiar (2003) estudando o efeito da densidade populacional na produção de mandioca de mesa verificou aumento na produção das raízes comerciais com a redução das densidades de plantas além de incrementos no diâmetro dessas raízes, diminuindo com isto os descartes.

A avaliação do crescimento, desenvolvimento e partição de assimilados de plantas de mandioca, bem como o seu desempenho vegetativo e produtivo, pode ser acompanhado por meio de índices fisiológicos. As medidas de crescimento são obtidas segundo Radford (1967) ao longo do ciclo da cultura analisadas matematicamente ou graficamente. As equações de regressão permitem corrigir as oscilações normais e estimar a tendência do crescimento e avaliar as

variações no padrão de crescimento de plantas em relação à altura, massa da matéria seca ou área foliar em função de tratamentos ou de variabilidade genética.

Medidas das variações das dimensões das plantas e de suas partes em intervalo de tempos permitem o estudo do crescimento das plantas, assim como, por meio da determinação dos parâmetros de análise de crescimento vegetal; como a taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão da área foliar (RAF) e o índice de área foliar (IAF) (PORTES; CASTRO, 1991; HUNT et al., 2003; PEIXOTO; PEIXOTO, 2009). Embora se reconheça que a variação na arquitetura de plantas de mandioca tem influência direta na escolha da densidade populacional, há poucos trabalhos destinados a estudá-las correlacionando-as com o crescimento e desenvolvimento das plantas.

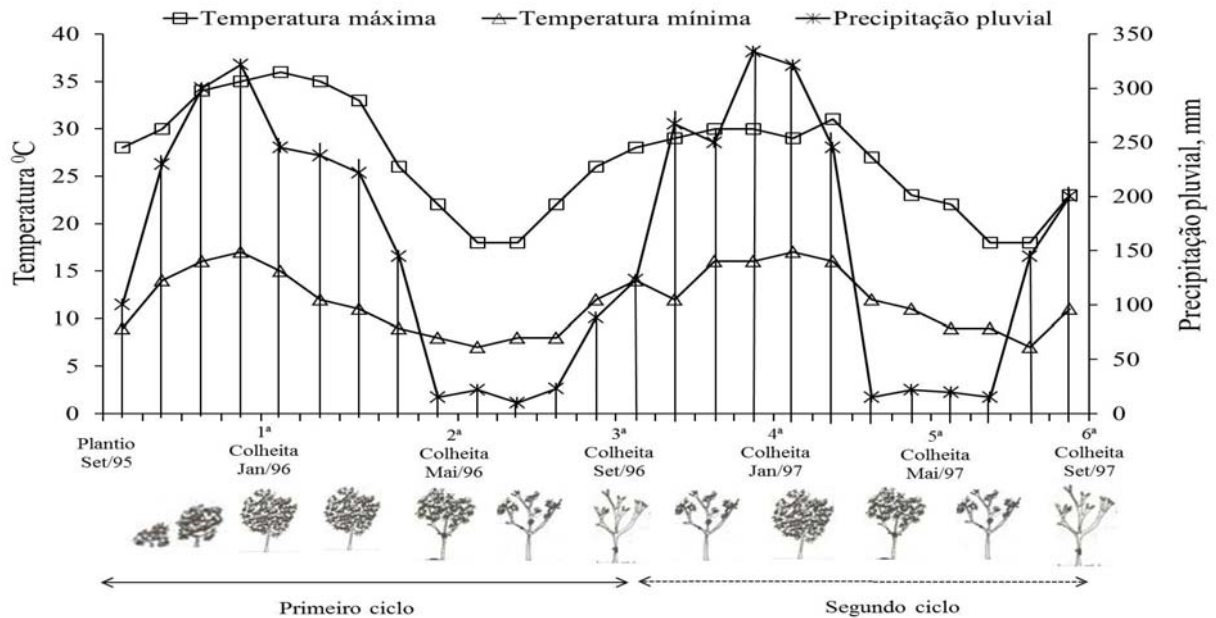
Desta forma, partindo-se da hipótese que as características do dossel e a densidade de plantas por área pode afetar o crescimento, o desenvolvimento e a partição de assimilados e, portanto, a produtividade da lavoura de mandioca em função do tempo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar por meio da análise convencional de crescimento de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastantes e com diferentes densidades populacionais colhidas em diferentes épocas.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido na antiga Estação Experimental de Assis do Instituto Agrônomo, e atual Polo Regional do Médio Paranapanema da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), no município de Assis-SP, (latitude 22° 40'S, longitude 50° 26'W e altitude média de 563m). O solo da região é caracterizado como Latossolo Vermelho Escuro distroférico, horizonte A moderado, de textura média fase arenosa (EMBRAPA, 2013). O clima, segundo a classificação de Köppen é Cwa, ou seja, subtropical com inverno seco e verão quente e úmido. Os dados climáticos registrados no período de condução da pesquisa encontram-se na figura 4.1. Previamente à instalação das parcelas e subparcelas dos blocos, foram coletadas amostras de solo da área experimental para análise química.

Figura 4.1 - Valores médios mensais de precipitação pluvial, temperaturas máximas e mínimas observadas no período de setembro de 1995 a setembro de 1997, em Assis (SP).



Fonte: Informações sobre temperatura e precipitação, CIIAGRO. As imagens adaptadas referem-se aos ciclos vegetativos da mandioca no planalto Paulista elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas, IAC.

4.4.2 Cultivares

Foram utilizadas quatro cultivares de mandioca, 'Branca de Santa Catarina'(BSC), 'IAC 13', 'IAC 14-18' e 'Fibra'. A escolha destas foi devido às arquiteturas contrastantes do dossel vegetativo. 'BSC', apresenta-se por plantas de ramificações abertas, enquanto que para 'IAC 13', observa-se hastes vigorosas e ramificações fechadas. A 'IAC 14-18' possui ramificações fechadas enquanto que 'Fibra' são plantas com ausência de ramificação.

4.4.3 Tratamentos

As quatro cultivares foram plantadas em quatro densidades populacionais distintas entre si, adotando como critérios as recomendações em função de sua arquitetura (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Cultivares de mandioca de arquitetura da parte aérea contrastantes em seus respectivos espaçamentos e densidades populacionais estudadas.

Cultivares	Densidades populacionais (Plantas ha ⁻¹)			
	'BSC'	5.000	13.000	21.000
'IAC 13'	7.000	15.000	23.000	31.000
'IAC 14-18'	9.000	17.000	25.000	33.000
'Fibra'	11.000	19.000	27.000	35.000

4.4.4 Instalação e Delineamento Experimental

A área experimental foi preparada com arado de disco à profundidade de 20 cm. Não houve a necessidade de destorroamento e gradagem de niveladora, pois se trata de um solo arenoso. A área foi sulcada a 35 cm e alternando-se linhas de plantio, assim o plantio entre linhas foi 35 cm a 105 cm, sendo a distância entre plantas foi à necessária, fixando-se a distância entre linhas de 100 cm, de tal maneira que o espaçamento se aproximasse de um quadrado. Foi plantado o número suficiente de plantas para atender o número de indivíduos, portanto, as parcelas tiveram tamanhos variáveis.

Os materiais de plantio das quatro cultivares foram produzidos na APTA, Assis-SP. Para a propagação das plantas, foram utilizadas manivas de boa qualidade fisiológica e sanitária, com 20 cm de comprimento que foram distribuídos horizontalmente nos sulcos de plantio. Tomou-se cuidado para que cada maniva tivesse pelo menos cinco gemas sem danos aparentes.

O delineamento experimental adotado foi em blocos completos casualizados, com duas repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pela cultivares com suas respectivas densidades de plantas (Tabela 4.1) e as subparcelas pelas épocas de colheita 120, 240, 360, 480, 600 e 720 dias após o plantio (DAP).

4.4.5 Avaliações

As avaliações foram realizadas em função de seis colheitas nas subparcelas, sendo a primeira aos 120 dias após o plantio e as demais quadrimestrais, finalizando com a última aos 720 dias após o plantio (DAP), o que resultou em dois ciclos vegetativos de doze meses cada para todas as cultivares.

4.4.6 Parâmetros da Análise de Crescimento e Análise dos Dados

Os parâmetros básicos utilizados para medir o crescimento vegetal da mandioca foram área foliar e massa seca total (MS). Todas as avaliações obtidas ao longo da pesquisa foram tabeladas e analisadas por meio de equações de regressão com intuito de estimar as tendências do crescimento das plantas de mandioca em função da arquitetura e densidades populacionais.

A produção de massa fresca (MF) foi obtida a partir da colheita de seis plantas por subparcela, e em seguida foram separadas em raízes, folhas, ramas e cepa. Retirou-se uma amostra de 0,5 kg de cada parte para secagem em estufa na temperatura inicial de 65°C até atingir massas constante e posteriormente pesadas.

A área foliar foi determinada a partir de uma amostra de 15 laminas foliares, sendo cinco basais, cinco apicais e cinco medianas, amostradas de duas plantas tomadas ao acaso por subparcela. Para a determinação das áreas foliares, utilizou-se o medidor Licor Modelo LI-3100 e estimada pela equação proposta por (SCHONS et al., 2007). O índice de área foliar (IAF) foi calculado a partir da área foliar e da área do solo sombreado pela planta para cada densidade populacional.

A partir das medidas primárias, realizou-se a análise de crescimento funcional através dos parâmetros de análise de crescimento, razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa assimilatória líquida (TAL), segundo as recomendações de Portes; Castro Junior (1991) e Dias; Barros (2009).

As variáveis estudadas massa seca (MS) e área foliar, (AF) foram submetidas à análise de variância. Os valores foram ajustados com empregos de polinômios ortogonais em relação às épocas de colheita. Para a determinação dos valores instantâneos da RAF, TCR e TAL foram utilizadas as equações:

$$RAF = TCR/TAL$$

$$TCR = 1/MS \cdot dMS/dT$$

$$TAL = 1/\text{área foliar} \cdot dMS/dT$$

Sendo que:

dMS/dT é derivada da equação do peso da matéria seca da parte aérea da planta em relação ao tempo, área foliar da planta, peso da matéria seca das folhas e peso da matéria seca da planta (MS), conforme Radford (1967); Portes; Castro Junior (1991).

Para a análise de variância e a estimativa dos modelos e seus respectivos coeficientes de regressão foram utilizados os programas Sisvar (FERREIRA, 2011), o pacote LAB Fit Ajuste de Curvas (SILVA; SILVA, 2004) e o software (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações ajustadas para as estimativas médias da matéria seca total (MS) das quatro cultivares de mandioca nas suas respectivas densidades populacionais e épocas de colheita estão apresentadas na figura 4.2. Nesta característica, houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) entre as populações de plantas em função das épocas de colheita, sendo, no entanto, não significativo entre densidades populacionais nas cultivares.

Em todas as cultivares, o aumento da densidade populacional reduziu a massa seca por planta. Estes resultados corroboram os de Takahashi; Guerini (1998), que em menores populações de plantas de mandioca encontraram maior número de raízes tuberosas e maiores MS por planta. No entanto, as respostas aos espaçamentos são, portanto, variáveis, devido ao comportamento específico de cada cultivar.

O acúmulo de MS de todas cultivares, foi observado que a MS ao longo do tempo, melhor ajustou-se ao modelo de regressão polinomial de terceira ordem. Estes modelos segundo Poorter (1989) e Heinen (1999) permitem o crescimento de forma robusta e são potencialmente de grande complexidade. Entretanto, estes autores sugerem que estes modelos sejam evitados para culturas anuais devido às funções polinomiais tenderem a fazer previsões irreais especialmente nos extremos dos dados. Por outro lado para culturas perenes estes modelos predizem bem o crescimento das plantas em função dos ciclos de desenvolvimento. Ajustes semelhantes da MS foram também relatados por Aguiar et al. (2011), no estudo de poda entre cultivares de mandioca em diferentes locais de cultivo, que encontraram variações nos valores de MS para os meses de abril a junho, isto porque as plantas encontrava-se em senescência foliar ou já desfolhada. Esta justificativa pode também ser atribuída aos resultados obtidos nesta pesquisa. Observa-se que, a partir dos 120 até 240 DAP, o crescimento inicial da MS é alto de forma acentuada, isto porque nessa fase as folhas são capazes de interceptar

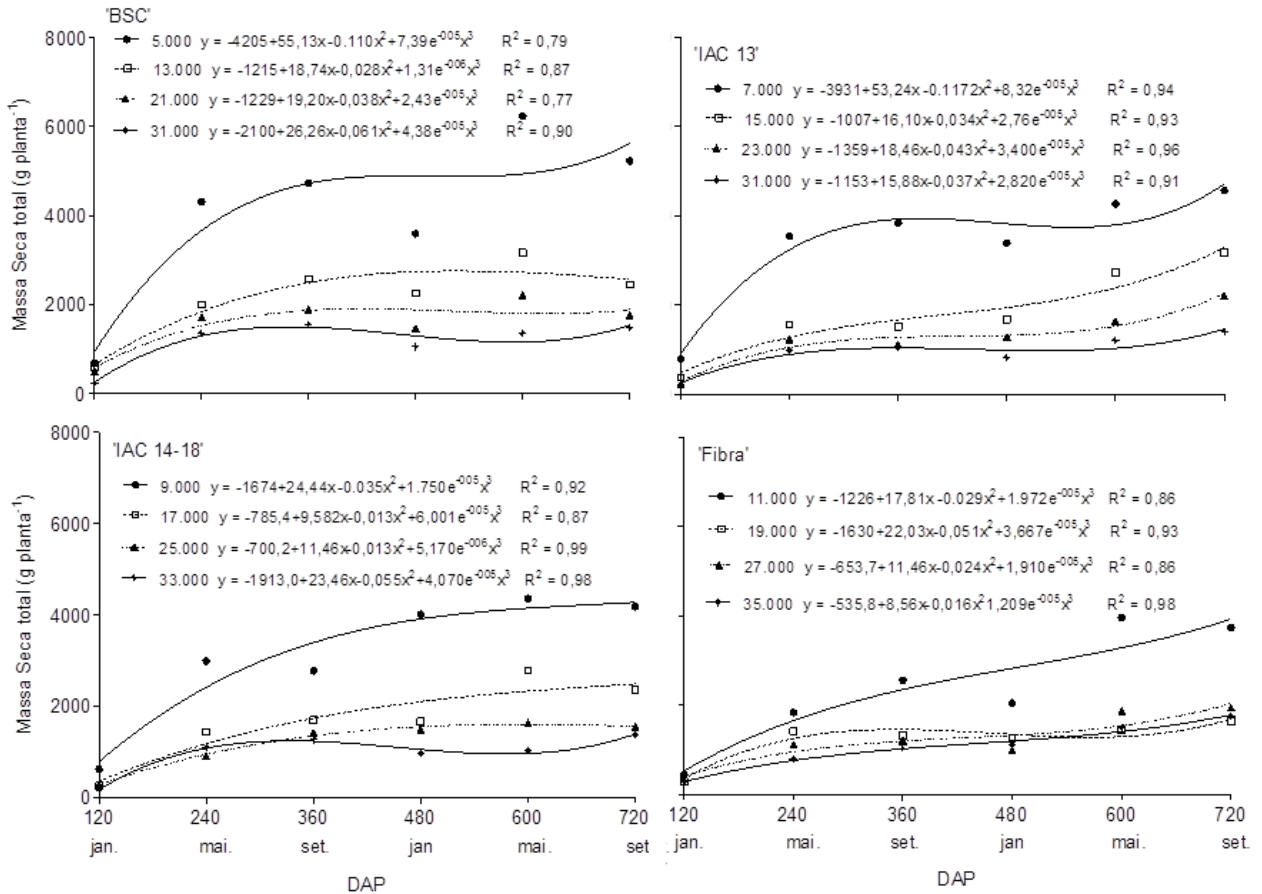
grande parte da luz que incide na copa das plantas. Neste mesmo período as plantas de mandioca adquirem o máximo de desenvolvimento da parte aérea e a maior partição de assimilados para as folhas e as ramificações (EL-SHARKAWY, 2004; ALVES, 2006).

Em média a redução de MS em função do aumento do número de plantas variou de 5229 para 1472 g planta⁻¹ para 'BSC' aos 720 DAP, o que corresponde a aproximadamente 72% de redução nos rendimentos por planta. Para as demais cultivares a redução no rendimento total de MS no final do segundo ciclo foram de 69%, 67% e 53% para 'IAC 13', 'IAC14-18' e 'Fibra', respectivamente (Figura 4.2).

A redução da MS por planta se dá pela maior competição principalmente por luz, que em maiores densidades têm sua disponibilidade reduzida pelo sombreamento das plantas vizinhas. O fato de haver menos luz dentro do dossel foliar pode reduzir a atividade fotossintética, comprometendo ou mesmo paralisando-a, o que ocasionará o consumo de carboidratos pela respiração, proporcionando um menor saldo de assimilados gerados pela fotossíntese líquida (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os resultados da produção de MS por planta é importante no estudo das densidades populacionais, já que, seus efeitos individualizados nas plantas sofrem efeito multiplicativo em escala, a depender do número de plantas por unidade de área de cada densidade avaliada. Boa parte dos estudos de número de plantas concentra-se na produtividade por área, deixando um importante parâmetro para a análise da qualidade da produção e melhor observado individualmente.

Figura 4.2 - Estimativa da produção média da massa seca total (MS) em g planta^{-1} de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastantes em suas respectivas densidades populacionais em dois ciclos.



Ficaram evidenciadas diferenças entre as densidades populacionais em relação à área foliar e no IAF para cada cultivar avaliada, devido à diversidade de arquitetura da parte aérea. No entanto, foi verificado comportamento semelhante para as cultivares em função da variação do número de plantas por área, nos ajustes das curvas que apresentaram resposta quadrática ($p \leq 0,01$) com a idade das plantas (Tabela 4.2).

As maiores densidades populacionais apresentaram os maiores IAF, sendo que a tendência em todas cultivares foi reduzindo até os 540 DAP (Figura 4.3). Observou-se que os IAF, apresentaram expressivos incrementos em resposta ao aumento da população de plantas, o que corrobora com as argumentações de Maria; Ramos (2007), em que o adensamento de plantas foi eficaz para elevar o IAF da lavoura de mamona, podendo ser uma estratégia viável para reduzir a erosão do solo, favorecer o manejo cultural de plantas daninhas, entre outras vantagens.

Tabela 4.2 - Modelos de regressão para o índice de área foliar (IAF) de quatro cultivares de mandioca de arquitetura da parte aérea contrastante em função da densidade populacional.

Cultivares	Densidades populacionais (Plantas ha ⁻¹)	Equações de regressões	R ²
'BSC'	5.000	$y = 0,0034x^2 - 0,134x + 1,583^{**}$	0,84
	13.000	$y = 0,0111x^2 - 0,405x + 4,290^{**}$	0,85
	21.000	$y = 0,0156x^2 - 0,575x + 6,128^{**}$	0,88
	29.000	$y = 0,0168x^2 - 0,680x + 8,451^{**}$	0,89
'IAC 13'	7.000	$y = 0,0132x^2 - 0,457x + 3,920^{**}$	0,91
	15.000	$y = 0,0244x^2 - 0,827x + 6,931^{**}$	0,90
	23.000	$y = 0,0301x^2 - 1,011x + 8,598^{**}$	0,85
	31.000	$y = 0,0503x^2 - 1,691x + 14,202^{**}$	0,87
'IAC 14-18'	9.000	$y = 0,0084x^2 - 0,298x + 2,805^{**}$	0,87
	17.000	$y = 0,0160x^2 - 0,563x + 5,201^{**}$	0,79
	25.000	$y = 0,0176x^2 - 0,612x + 5,940^{**}$	0,87
	33.000	$y = 0,0224x^2 - 0,821x + 8,707^{**}$	0,89
'Fibra'	11.000	$y = 0,0086x^2 - 0,3310x + 3,729^{**}$	0,79
	19.000	$y = 0,0115x^2 - 0,4855x + 5,679^{**}$	0,80
	27.000	$y = 0,0181x^2 - 0,7313x + 8,781^{**}$	0,84
	35.000	$y = 0,0264x^2 - 0,978x + 10,706^{**}$	0,85

**Significativo a 1% de probabilidade.

Quando se analisa as densidades intermediárias nas cultivares, é possível observar que a partir dos 120 DAP, o IAF decresce de valores entre 3,0 e 4,1, na 'BSC', nas densidades 13.000 e 21.000, respectivamente. Já 'IAC 13', com 15.000 plantas ha⁻¹ o IAF foi 4,0 e 5,1 para 23.000 plantas ha⁻¹. Entretanto, a 'IAC 14-18' apenas na densidade de 17.000 plantas ha⁻¹ verificou-se 3,9 a partir dos 120 DAP. Já para 'Fibra' com 15.000 e 23.000 foi verificado IAF de 3,2 e 3,8 respectivamente (Figura 4.3). Ainda sobre o IAF e sua relação com as densidades populacionais, o resultado bem expressivo e que chama a atenção foi em relação à 'IAC 13' na maior densidade de plantas, 35.000 plantas ha⁻¹. Altos valores deste parâmetro implicam substancialmente em abscisão foliar e que pode reduzir o crescimento de raízes em detrimento da parte aérea. Resultados semelhantes da variação do IAF com a densidade populacional foram relatados para outras culturas como soja (HEIFFIG et al., 2006), milho (ALVAREZ; PINHO; BORGES, 2006) e canola CHAVARRIA et al., 2011).

Os valores de IAF verificados para as densidades intermediárias estão próximos dos citados por Cock (1989), como ideal para a cultura da mandioca para interceptação de 90% de fluxo de radiação fotossinteticamente ativos, que é de 3,5. Segundo Schons et al. (2007), estas diferenças encontradas no IAF entre as

menores e as maiores populações de plantas podem ocasionar redução na fotossíntese líquida influenciando na produtividade final devido a limitação de produção e acúmulo de carboidratos.

Para os elevados valores de IAF, alcançado nas maiores densidades de plantas, foi esperado e se explica pela alta senescência das folhas basais. Os valores máximos de IAF obtidos neste estudo são condizentes aos obtidos por Baker et al. (1989) para uma variedade de mandioca cultivada em região subtropical, cujo IAF máximo foi de 8,0 aos 168 dias após o plantio e diminuiu para um IAF máximo de 3,0 aos 234 dias.

A hipótese para explicar as variações no IAF em função do número de plantas por área é o padrão de ramificação, que determina os ápices ativos, mantendo assim uma maior longevidade e tamanho de folhas por ápice devido à variação na arquitetura das plantas estudadas.

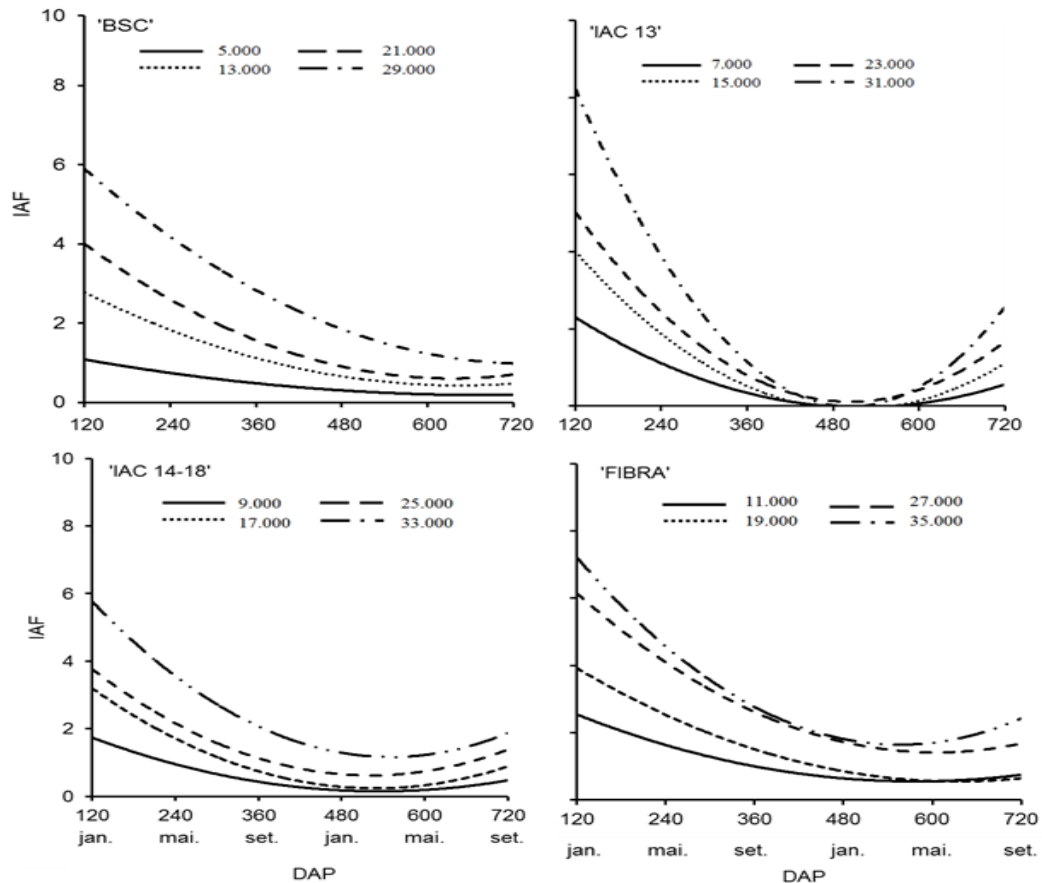
A razão de área foliar (RAF) é o quanto que cada unidade de massa seca formada na planta é investido na formação de área foliar. As equações de regressão estimam a variação de RAF em função do tempo. É a RAF apropriada à avaliação dos efeitos genotípicos, climáticos entre diferentes cultivares (PEREIRA; MACHADO, 1987). Segundo Benincasa (2004,) este índice fisiológico é componente morfisiológico da análise de crescimento, sendo que sua tendência geral é de queda à medida que a planta cresce, pois, com o crescimento, a tendência é a área foliar útil diminuir.

Foi verificado neste trabalho, que todas as cultivares apresentaram o máximo de RAF aos 120 DAP, depois os valores decresceram até o fim do primeiro ciclo, aos 360 DAP. Com o início do segundo ciclo vegetativo voltaram apresentar crescimentos menores que os atingidos do primeiro ciclo (Figura 4.4). Fica claro, que as folhas são o dreno prioritário aos quatro meses após o plantio, depois disso os assimilados tiveram que ser distribuídos também para outras partes em crescimento.

Dentre as cultivares analisadas, aos 120DAP, a 'IAC-13' na menor densidade apresentou potencialidade de cada grama de matéria seca formar quase um cm^{-2} de folha, enquanto 'IAC 14-18' formou cerca de 0,6 cm^{-2} por unidade de massa seca. As outras duas cultivares apresentaram resultados intermediários. Os valores de RAF tenderam a ser maiores nas menores densidades. No segundo ciclo, o investimento em folhas caiu e todas as cultivares, independente da população estudada o RAF não foi muito diferente de 0,2 $\text{cm}^{-2}.\text{g}^{-1}$. Assim, a folha como fonte

não tem tanta prioridade para a planta depois que as raízes tuberosas estão formadas, tendo sido mais intensa a partir dos quatro meses (Figura 4.4).

Figura 4.3 - Estimativas do índice de área foliar (IAF) por meio de polinômios do segundo grau de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastante e suas respectivas densidades populacionais em dois ciclos vegetativos.



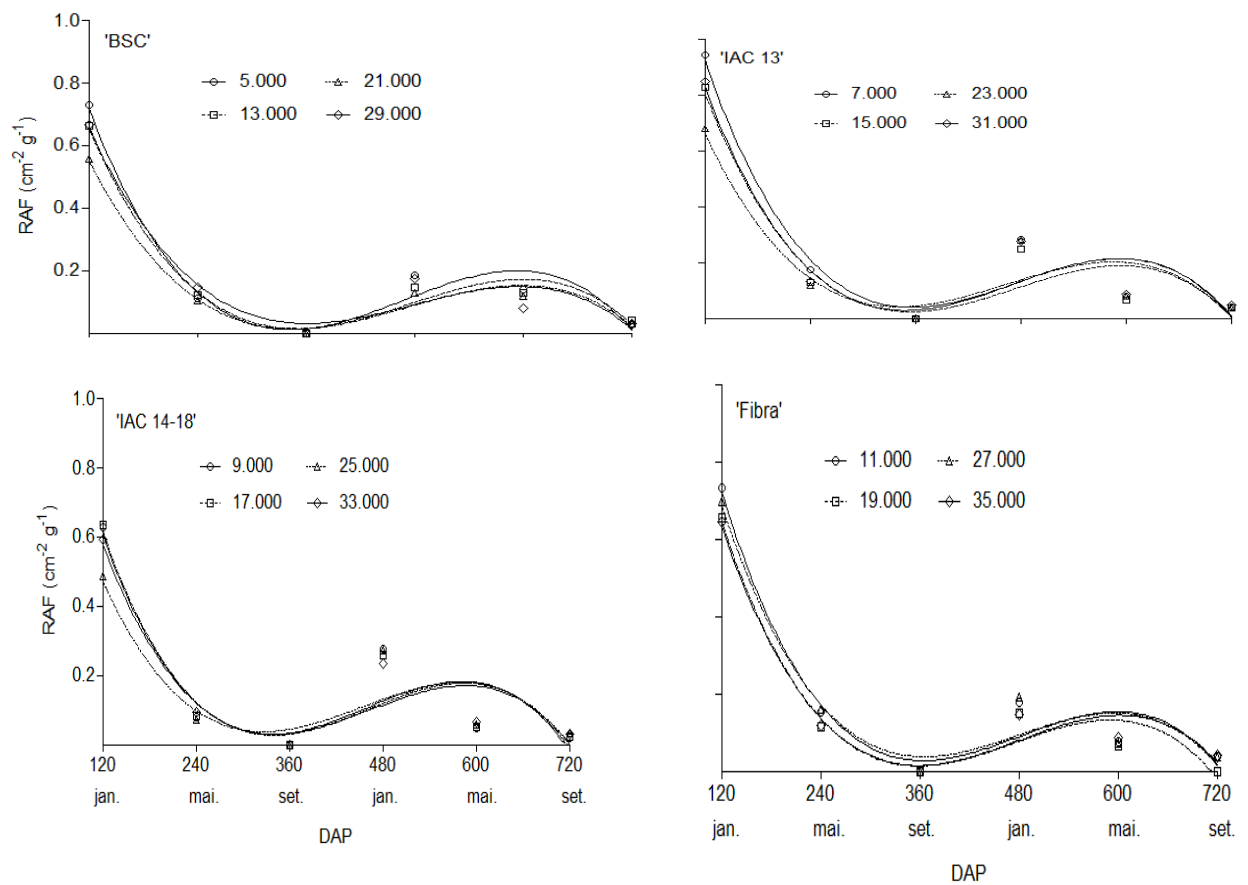
Plantas de mandioca submetidas às condições de estresse quanto de competição intraespecífica tendem a reduzir expressivamente a transpiração por meio do enrolamento (El-SHARKAWY, 2007) e abscisão foliar das folhas mais velhas (WRIGHT et al. 1983) e redução do crescimento de folhas novas através da restrição do alongamento e no número de células (ALVES; SETTER, 2004).

No presente estudo, esse comportamento foi verificado, sendo refletido na variação da RAF, o que representa uma característica favorável à adaptação da espécie sob condições de menor disponibilidade de água e que ocorre frequentemente no final dos ciclos vegetativos.

Outro aspecto que resulta no declínio das curvas de RAF é pelo fato do aparecimento de tecidos não assimilatórios, principalmente das hastes mais

lignificadas que competem decisivamente com as estruturas vegetativas pelos assimilados produzidos. Em amendoim, Alvarez et al. (2005), avaliando o crescimento de duas cultivares por meio do estudo dos índices fisiológicos, também observaram decréscimo na RAF à medida que a planta se desenvolveu, principalmente a partir dos 42 e 28 dias após a emergência, nos cultivos de outono e de verão (segundo ciclo). Estes resultados assemelham-se aos obtidos por Gomide et al., (2003) e Oliveira et al., (2000), em avaliações por meio de índices fisiológicos em *Panicum maximum* J. e *Cynodon* spp., respectivamente, pois nestes trabalhos ficou evidente a queda de RAF em relação ao aumento do desenvolvimento das plantas além de sua correlação com uma maior alocação de assimilados no desenvolvimento de raízes.

Figura 4.4 - Razão de área foliar (RAF), ($\text{cm}^{-2} \text{g}^{-1}$) de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastante, em dois ciclos vegetativos.



Portanto, estes trabalhos corroboram com os resultados encontrados nesta pesquisa, sendo que aos 120 DAP, as plantas possuíam folhas mais jovens e com maior eficiência fotossintética, evidenciada pelos altos valores de RAF. A queda nos valores com a maturidade da planta se deve ao maior translocação de carboidratos para as raízes de reserva, em detrimento da produção de folhas, durante o período de finalização do primeiro ciclo, que se deu aos 360 DAP.

A taxa de crescimento relativo (TCR) representa a quantidade de matéria seca formada a partir de uma unidade de matéria seca por dia. A TCR pode ser considerada como índice de eficiência, já que representa a capacidade da planta em produzir material novo, pode-se deduzir que ao longo do ciclo fenológico há influencia dessa variável. Além disso, Radford (1967) e Chiariello et al. (1991) argumentam que esse índice fisiológico é o mais apropriado para comparar efeitos de diferentes manejos agrônômicos, por ser relativo e não depender de pressuposições matemáticas. As curvas de regressão representam a variação de TCR em função do tempo das cultivares de mandioca em diferentes densidades (Figura 4.5).

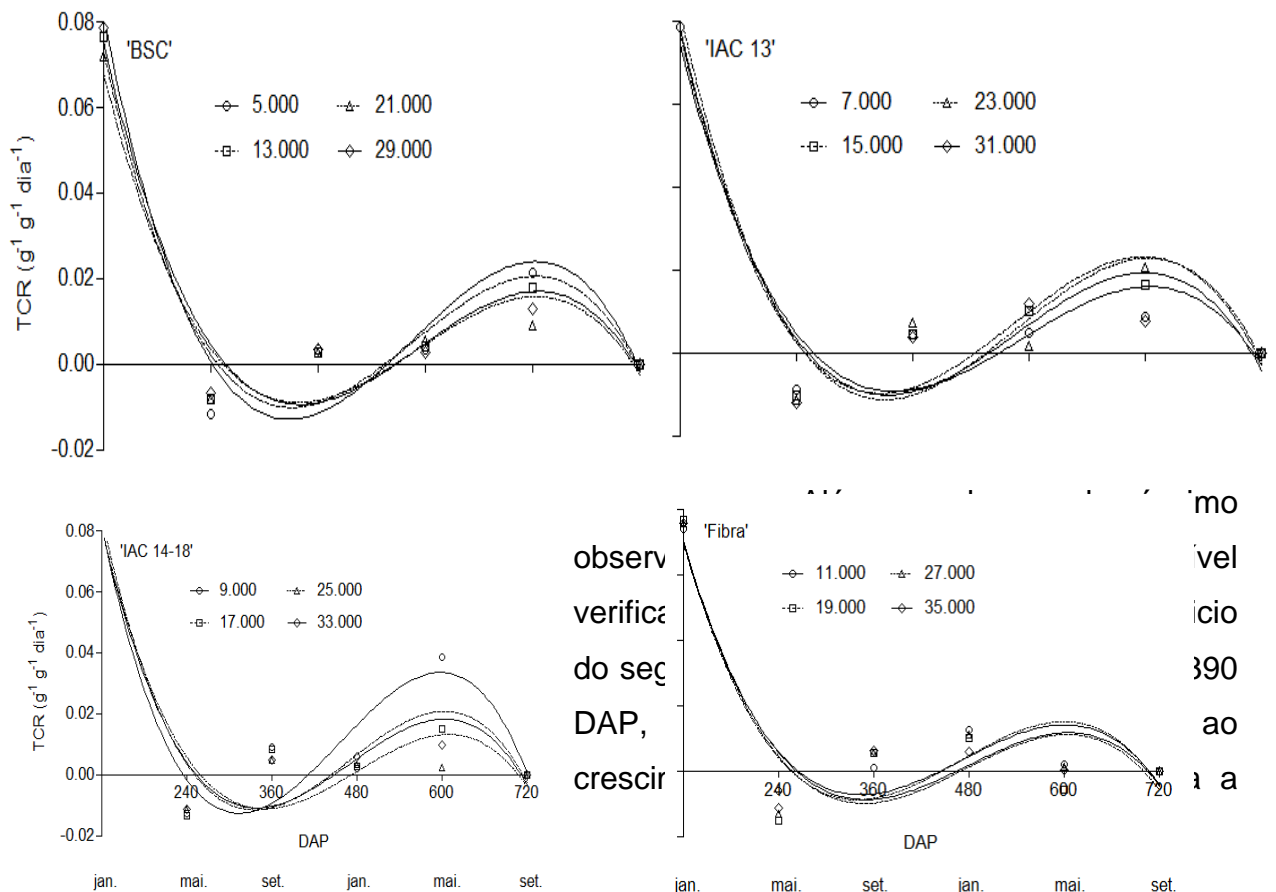
Verifica-se que a tendência geral da TCR é a sua redução a medida que ocorre o desenvolvimento do ciclo da cultura da mandioca (Figura 4.5). Em geral aos 120 DAP os valores para as cultivares estudadas, independentemente da população de plantas, situam-se entre 0,07 e 0,08 $\text{g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Esses valores decrescem e começam a ficar negativos próximo aos 240 DAT e atingiram valores mínimos no fim do primeiro ciclo nos meses de junho e julho, depois voltaram a aumentar e independentemente da população 'Branca de Santa Catarina' e 'IAC 13' apresentaram TCR próximos a 0,02 $\text{g.g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, A 'IAC 14-18' pode ser considerada como a que mais sofreu o efeito da população em TCR no segundo ciclo. Os investimentos das reservas acumuladas no novo ciclo nesta fase são cerca de 60% nas menores densidades de plantas. Na cultivar Fibra o TCR foi o menos afetado pela população de plantas.

Resultados semelhantes foram relatados por Begum e Paul (2005) em mandioca, que verificaram que a TCR decresceu devido à queda das folhas mais velhas. Não apenas a queda das folhas influencia nos valores da TCR, mas também outros fatores, como diferentes cultivares, além de variações nas condições climáticas (LINDSAY et al., 2012; HOUGHTON; THOMPSON; REES, 2013).

Este acréscimo ocorrido no início do segundo ciclo em todas cultivares se deve ao aumento de eficiência no acúmulo de material, justamente quando há translocação de fotoassimilados para as raízes tuberosas. Esse comportamento da TCR é amplamente reportado na literatura, como em Benincasa (2004), Alvarez et al., (2005) e Alves (2006).

Os valores de TCR, estimados a partir das equações, encontram-se dentro do intervalo de $-0,02$ a $0,08 \text{ g}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ dia}$ para as quatro cultivares. Uma TCR negativa representa que as plantas estavam produzindo menos energia do que estavam consumindo, dos 240 aos 420 DAP, não havendo, portanto desenvolvimento de novos órgãos, mas sim consumo das reservas (Figura 4.5). Vale ressaltar os valores negativos de TCR, revelando a alta demanda respiratória decorrente da menor biomassa vegetativa e alto desenvolvimento de raízes de reserva. Esses gastos são devidos a respiração de crescimento, devido ao transporte e a transformação dos fotoassimilados em diferentes substâncias dentro da planta, e também os gastos com respiração de manutenção.

Figura 4.5 - Taxa de crescimento relativo (TCR) ($\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastantes em suas respectivas densidades populacionais e épocas de colheita.



fotossíntese e conseqüentemente a redução da taxa de respiração. De acordo com Benincasa (2004), o crescimento resultará da produção de material suficiente para atender às necessidades metabólicas do material já existente e, ainda, para armazenar ou construir novo material estrutural, uma vez que conceitualmente, a análise de crescimento estabelece que a taxa de crescimento de uma planta é função do tamanho inicial, ou seja, o período em que se inicia a observação e que neste caso, representa o segundo ciclo de desenvolvimento das plantas de mandioca.

As descrições sobre TAL na literatura refletem a dimensão do sistema assimilador que é envolvida na produção de matéria seca, ou seja, é uma estimativa da fotossíntese líquida, e que depende dos fatores ambientais, principalmente da radiação solar. A resposta do crescimento da planta às condições ambientais serve para estudos de comparação entre as cultivares e mede a eficiência de uma planta na produção de massa da matéria seca.

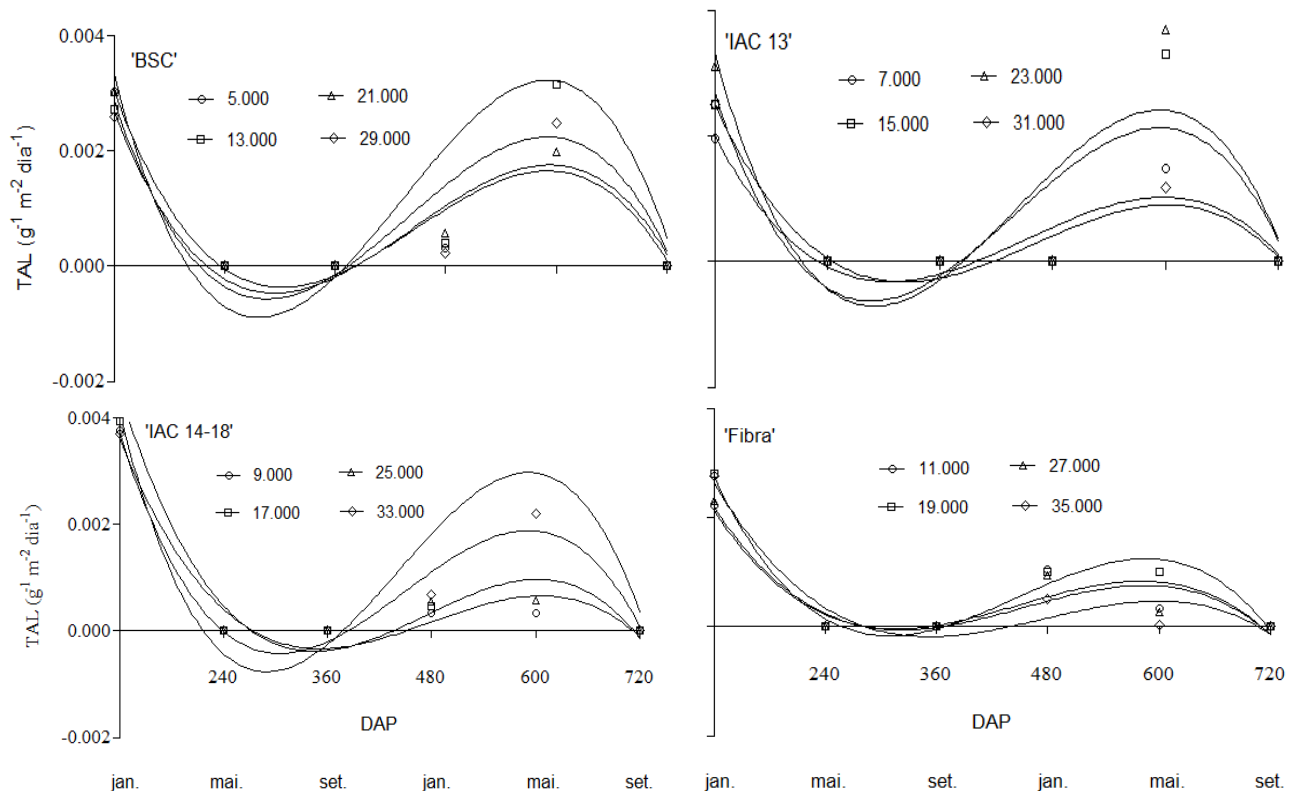
A TAL, assim como a TCR, decresceu com a idade das plantas dos 120 aos quatro aos 270 DAP (Figura 4.6). Uma vez que a TAL expressa à taxa de fotossíntese líquida, em termos de matéria seca produzida por centímetro de área foliar, por intervalo de tempo (BENINCASA, 2004), os valores negativos indicam que não houve crescimento e sim consumo de reservas. O comportamento descrito está em consonância com os relatos de Giacomini et al. (2009). Entretanto, os valores obtidos foram maiores que os verificados por Oliveira; Fiorine (2006) para mudas de mandioca provenientes de estacas em diferentes recipiente para cultivo, provavelmente devido à idade das plantas.

Os valores negativos da TAL representa respiração de manutenção pelas plantas. A respiração tem sido separada, funcionalmente, em respiração de crescimento e de manutenção. A respiração de crescimento concorre para a síntese de nova biomassa, e é proporcional à taxa fotossintética líquida, enquanto a de manutenção concorre para a reciclagem de compostos já existentes e é proporcional à biomassa vegetal (HAY; WALKER, 1989, KRAUSS et al., 1989). As perdas respiratórias são extremamente variáveis, dependendo das condições de meio e manejo, podendo alcançar até 60% do carbono fixado (KRAUSS et al., 1989).

Neste trabalho foi observado para 'BSC' de forma mais acentuada na densidade de 5.000 plantas ha⁻¹, a cultivar mostrou-se eficiente em aumentar a TAL logo no início do segundo ciclo vegetativo, atingindo o valor máximo de 0,00368

$\text{g}^{-1} \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ aos 570 DAP aproximadamente. Diferentemente na 'IAC 13', foi observado os valores máximos de TAL para as densidades populacionais intermediarias 15.000 e 23.000 com valores de 0,00234 e 0,00251 $\text{g}^{-1} \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ também aos 570 DAP, respectivamente. De maneira semelhante, para a 'IAC 14-18' nas densidades intermediarias de 17.000 a 25.000 plantas ha^{-1} foi verificado valores, 0,00281 e 0,00188 $\text{g}^{-1} \text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, respectivamente. Enquanto que para 'Fibra', o crescimento da TAL se da a partir dos 390 DAP, de forma mais suave para a curva e não diferindo significativamente entre as densidades estudadas (Figura 4.6).

Figura 4.6 - Taxa assimilatória líquida (TAL) ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) de quatro cultivares de mandioca de arquiteturas da parte aérea contrastantes em suas respectivas densidades populacionais e dois ciclos vegetativos.



Todavia, sabe-se que vários fatores são capazes de interferir, nas taxas fotossintéticas de plantas de mandioca. Assim, espera-se que as pesquisas levem ao alcance do potencial máximo de produção em nível de campo através dos índices fisiológicos da cultura. Ficou demonstrado nesta pesquisa a variação no IAF em função das diferentes cultivares e também da influência promovida em decorrência da densidade de plantas. Devido à cultura da mandioca apresentar um

ciclo de cultivo longo, a área foliar controla o acúmulo de fotoassimilados assim como a produtividade final. No entanto, como normalmente a mandioca é cultivada em solos pobres e ácidos e está sujeita a períodos secos, a cultura perde parte considerável da sua área foliar muitas vezes precocemente, o que contribui para um rápido decréscimo tanto da área foliar quanto dos parâmetros de crescimento, TCR e TAL.

Mediante estas afirmações e os resultados verificados nesta pesquisa, faz-se importante investir ainda mais em pesquisas nas cultivares capazes de manter uma área foliar ligeiramente superior aos valores ótimos, mesmo em condições desfavoráveis, como estresses hídricos prolongados ou sob condições úmidas.

4.6 CONCLUSÕES

Quando as plantas são consideradas individualmente, todas as cultivares acumularam mais massa seca total nas menores densidades de plantio.

Aos 120 dias após o plantio foi quando as plantas de mandioca obtiveram maior razão de área foliar, os valores foram maiores para 'IAC-13' e menores para 'IAC 14-18'. No segundo ciclo vegetativo as quatro cultivares estudadas, independentemente da população de planta, a translocação de assimilados para as folhas diminuiu.

As taxas de crescimento relativo das cultivares variaram de maneira mais acentuada com a população de plantas apenas no segundo ciclo, 'IAC 14-18' apresentou a maior dependência dos espaçamentos e a 'Fibra' a menor.

A TCR e a TAL decrescem no final do primeiro ciclo, depois crescem mais lentamente até o final do segundo ciclo vegetativo.

Agradecimentos

À Fundação Araucária pela concessão de bolsa de estudo e ao IAC, na pessoa da PqC. Dra. Teresa Losada Valle pelo fornecimento dos dados de campo.

4.7 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. B. **Produção e qualidade de raízes de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz), em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2003.
- AGUIAR, E. B.; VALLE, T. L.; LORENZI, J. O.; KANTHACK, R. A. D.; MIRANDA FILHO, H.; GRANJA, N. P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, v. 70, n.2, p. 561-569, 2011.
- AKINWALE, M. G.; ALADESANWA, R. D.; AKINYELE, B. O.; DIXON, A. G. O.; ODIYI, A. C. Inheritance of β -carotene in cassava (*Manihot esculenta crantz*). **International Journal of Genetics and Molecular Biology**.v. 2, n.1, p.198-201, 2010.
- ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n. 3, p.402-408, 2006.
- ALVAREZ, R. DE C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, M. O.; ALVAREZ, A. C. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 27, n. 4, p. 611-616, 2005.
- ALVES, A. A. C.; SETTER, T.L. Response of cassava leaf area expansion to water deficit: cell proliferation, cell expansion and delayed development. **Annals of Botany**, v.94, n.1, p.605-613, 2004.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA. L. S. da. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p.138-169.
- AYOOLA, O. T.; MAKINDE, E. A. Influence of cassava population density on the growth and yield performance of cassava-maize intercrop with a relayed cowpea. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.8, n.4, p.235-241, 2008.
- AYOOLA, O. T. Effects of fertilizer treatments on soil chemical properties and crop yields in a cassava based Cropping System. **Journal of Applied Sciences Research**. v.2, n.12, p.1112-1116, 2006.
- BAKER, G. R. et al. The response of cassava to water deficits at various stages of growth in the subtropics. **Journal of Agricultural Research**, v.40, n.1, p.517-528, 1989.
- BEGUM, S.; PAUL, N. K. Growth analysis of cassava (*Manihot esculenta* L.) varieties in relation to time of planting. **Bangladesh Journal Botany**. v.34, n.2, p.21-26, 2005.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas** (noções básicas). Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.

CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O.; MULLER, A. MENDONÇA, H. F.; MELLO, N.; BETTO, M. S. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de sementeira. **Ciência Rural**, v.41, n.12, p.2084-2089, 2011.

CHIARIELLO, N. R.; MOONEY, H. A.; WILLIAMS, K. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A. (Eds.). **Plant physiological ecology: fields and instrumentation**. Chapman and Hall, 1991. p.328-365.

COCK, J. H. **La Yuca, nuevo potencial para um cultivo tradicional**. Cali, Colômbia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1989. 240p.

DIAS, L. A. S.; BARROS, W. S. **Biometria Experimental**. 1. ed. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2009. 408p.

EL-SHARKAWY, M. A.; DEL, A.; HERNANDEZ, P.; HERSHEY, C. Yield stability of cassava during prolonged mid-season water stress. **Experimental Agriculture**, v.28, n.6, p.165-174, 1992.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v.56, n.1, p.481-501, 2004.

EI-SHARKAWY, M. A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.4, p.257-286, 2007.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. ver. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

ESCALANTE, A. E. J.; RODRIGUEZ, T. G. Phenology, growth and analysis and yield of beans in alkaline soils, **Annual Report of the bean Improvement Cooperative**. V.51, n.1, p.238-239, 2008.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) **Food energy-methods of analysis and conversion factors**. Rome, Italy, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GIACOMINI, A. A.; SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. de L.; ZEFERINO, C. V.; JÚNIOR, S. J. S.; TRINDADE, J. K.; GUARDA, V. A. JÚNIOR, D. N. Crescimento do capim-marandu submetido à estratégias de lotação intermitente. **Scientia Agricola**, v.66, n.6, p.733-741, 2009.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacques). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.795-803, 2003.

HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. **An introduction to the physiology of crop yield**. England: Longman Group, 1989. 292p.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v.65, n.2, p.285-295, 2006.

HEINEN, M. Analytical growth equations and their Genstat 5 equivalents. **Netherlands Journal of Agricultural Science**. v.47, n.1, 67-89, 1999.

HOUGHTON, J.; THOMPSON, K.; REES, M. Does seed mass drive the differences in relative growth rate between growth forms?. Proceedings of the Royal Society B: **Biological Sciences**. v.280, n.1, p.1762, 2013.

HOWE, J. A.; MAZIYA-DIXON, B.; TANUMIHARDJO, S. Cassava with enhanced b-carotene maintains adequate vitamin A status in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) despite substantial cis-isomer content. **British Journal of Nutrition**. v.102, n.2, p.342-349, 2009.

HUNT, R.; THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, D. Growth analysis, individual plants. **Encyclopaedia of Applied Plant Sciences**. London: Academic Press. p.579-588, 2003.

IEZZI, G.; Fundamentos de Matemática Elementar: **Complexos, Polinômios e Equações**, 8a ed., São Paulo, Atual, 2006.

KRAUSS, E.; WILSON, D.; ROBSON, M. J. Respiration: correlation with growth rate and its quantitative significance for net assimilation rate and biomass production. In: LAMBERS, H.; CAMBRIDGE, M. L.; KONINGS, H. et al. (Eds.) **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**. Hague: Netherlands, 1989. p.187-198.

LINDSAY, A. T.; CHRISTOPHER, D. P.; DREW, W. P.; REBECCA, L. A.; JENNIFER, C.; GOODENOUGH, A.; HAUTIER, Y.; HOUGHTON, J.; MARTHEWS, T.R.; OSBORNE, C. P.; PAUL-VICTOR, C.; ROSE, K. E.; SANER, P.; TAYLOR, S. H.; WOODWARD, I.; HECTOR, A.; REES, M. Plant growth rates and seed size: a re-evaluation. **Ecology**. v.93, n.6; p.1283–1289, 2012.

MARIA, I. C. de; RAMOS, N. P. Conservação e manejo do solo. In: AZEVEDO, D.M.P.de; BELTRÃO, N.E.de M. (Eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. (2 Ed.). Campina Grande: Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2007. p.97-115.

NTAWURUHUNGA, P.; DIXON, A. Quantitative variation and interrelationship between factors influencing cassava yield. **Journal of Applied Biosciences**. v 26, n.4, p.1594-1602, 2010.

OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G., GOMIDE, J. A. Análise de crescimento do capim bermuda "Tifton 85" (*Cynodon* spp). **Revista Brasileira Zootecnia**, v.29, n.6, p.1930-1938, 2000.

OLIVEIRA, M. A.; FIORINE, R. A. Análise de crescimento em mudas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) provenientes de estacas em diferentes recipientes para cultivo. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. v. 2, p.12-26, 2006.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de. **Tópicos em Ciências Agrárias**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p. 39-53.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: IAC, 1987. 33p. (IAC. Boletim Técnico, 114).

POORTER, H. Plant growth analysis: towards a synthesis of the classical and the functional approach. **Physiologia Plantarum**. v.75, n.2, p.237–244, 1989.

PORTES, T. A.; CASTRO JR., L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v.3, n.1, p.53-56, 1991.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna: Austria, 2014.

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

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; KRAULICH, B.; PINHEIRO, D.G.; ZANON JR, 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**, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. **LAB Fit Ajuste de curvas** (Regressão não-Linear e Tratamento de Dados). v.7, n.2, p.1-14, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TAKAHASHI, M.; GUERINI, V.L. Espaçamento para a cultura da mandioca. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. v.41, n.4, p.489-494, 1998.

VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G.; MAIA, R. R.; SAGRILLO, E.; SIMON, G. A.; LIMA, R.S. Avaliação de cultivares de mandioca na Região Noroeste do Paraná. **Bragantia**, v.59, n.1, p.69-75, 2000.

WRIGHT, G.C.; SMITH, R.G.; McWILLIAM, J.R. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress: I., crop growth rate and yield response. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.34, p.615-626, 1983.

5 ARTIGO C: ACÚMULO E PARTIÇÃO DE ASSIMILADOS NA MANDIOCA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE POPULACIONAL E ÉPOCA DE COLHEITA

5.1 RESUMO

A mandioca ocupa destaque entre as plantas de alta capacidade de alocação de assimilados em raízes tuberosas, mas há poucas informações sobre o acúmulo e partição de massa seca na planta, quanto em seus diferentes órgãos, inclusive avaliados entre cultivares e épocas de colheitas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influencia da população de plantas na alocação fracionária de assimilados entre duas cultivares de mandioca com arquitetura de parte aérea contrastante, cultivadas em dois ciclos vegetativos. O experimento foi conduzido no APTA, localizado em Assis, SP. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com duas repetições. As parcelas foram constituídas pelas cultivares, e as subparcelas por épocas de coletas de plantas para avaliação do acúmulo de massa seca (MS) nas folhas, ramas, cepas e raízes tuberosas. Tanto 'BSC' quanto a 'Fibra' investem pouco no acúmulo de MS nas folhas em ambos os ciclos vegetativos. Porém, dos 120 aos 360 DAP os maiores acúmulos de MS ocorrem nos órgãos vegetativos ramas e cepas para ambas as cultivares. Nas raízes tuberosas o acúmulo de MS é crescente ao longo dos dois ciclos vegetativos, sendo na 'Fibra' acumulado linearmente. As variações das taxas de acúmulo de MS foram sequenciais, ocorrendo mudanças do dreno preferencial com o decorrer do ciclo vegetativo. De maneira geral, ambas as cultivares investiram mais na formação de folhas no primeiro ciclo que no segundo, independentemente da população de plantas. O crescimento da 'BSC' é mais sazonal enquanto que da 'Fibra' é estável. A 'BSC' apresenta período maior de crescimento das raízes tuberosas, enquanto que a 'Fibra' é contínuo. A 'Fibra' é mais promissora a obter altas produtividades, pois tolera melhor o adensamento populacional e responde ao adensamento. A 'Fibra' é mais eficiente em alocar MS nas raízes tuberosas que a 'BSC'.

Palavras-chaves: *Manihot esculenta* Crantz, massa seca, taxa de crescimento, coeficiente de partição, cultivares.

ACCUMULATION AND ASSIMILATED PARTITION IN CASSAVA IN POPULATION DENSITY FUNCTION AND HARVEST SEASON

5.2 ABSTRACT

Although cassava occupy prominent among the high capacity allocation assimilated plants into roots, there is little information on the accumulation and dry matter partitioning in the plant, and in its various organs, including reviews among cultivars and harvest seasons. The objective of this study was to evaluate the influence of plant population in the fractional allocation of assimilates between two cassava cultivars with contrasting shoot architecture plants in two growing seasons. The experiment was conducted at APTA, located in Assis, SP, in Brazil. We used the experimental design of randomized blocks in a split plot with two. The plots were made by cultivars, and subplots for times of plant extraction to evaluate the dry mass (DM) in the leaves, branches, strains and tuberous roots. Both 'BSC' as the 'Fibra' invest little in MS accumulation in leaves in both growing seasons. However, between 120 and 360 DAP higher DM accumulations occur in the plant organs branches and strains for both varieties. In tuberous roots DM accumulation is growing over the two growing seasons, with the 'fiber' accumulated linearly. Variations in DM accumulation rates were sequential, occurring changes of preferential drain over the course of the season. The "BSC" has longest period of growth of tuberous roots, while 'Fibra' is continuous. The 'Fibra' is more promising to obtain high yields, for better tolerate the population density and responds to crowding. The 'Fibra' is more efficient to allocate DM in tuberous roots that 'BSC'.

Key words: *Manihot esculenta* Crantz, dry weight, growth rate, partition coefficient, cultivars.

5.3 INTRODUÇÃO

A partição de assimilados está relacionada à capacidade da planta em sintetizar fotoassimilados e alocar massa seca nos diversos órgãos (MARENCO; LOPES, 2009). Entretanto, é necessário se estudar a partição entre os diferentes órgãos da planta durante o ciclo da cultura para um melhor entendimento de como as diferentes cultivares priorizam a distribuição dos assimilados que produzem. Pesquisas têm proposto modelos de crescimento em diversas culturas agrícolas, a fim de melhor prever a partição da biomassa total entre os órgãos da planta (FOURNIER et al., 2007; DORNBUSCH et al., 2007; VERDENAL et al., 2008; VOS et al., 2010).

Contudo, o período das taxas máximas da partição de assimilados, depende de vários fatores como genótipos, condições de crescimento, clima, tipo de solo e até mesmo o número de plantas por área. Em algumas culturas, autores têm apresentados resultados da interação, negativa ou não, entre a densidade populacional e a partição e acúmulo de massa seca nas plantas cultivadas (SUSUKI; ALVES, 2006; LIMA et al., 2010; LUCENA et al., 2013; PEDÓ et al., 2013).

Em mandioca, a distribuição da massa seca ao longo do período de desenvolvimento das plantas e em seus diferentes órgãos, foi descrito por Lorenzi (1978), Oelsgle (1975) e Veltkamp (1985). Pelos resultados destes estudos, constatou-se que a translocação dos fotoassimilados ocorrem principalmente nas ramas e raízes tuberosas, e o acúmulo nas folhas tende a decrescer durante o ciclo da planta.

Devido às diferentes características entre cultivares de mandioca, é provável que a interação cultivar e densidade de plantas, influenciem na produção e partição da massa seca entre os diferentes órgãos (NJOKU; AFUAPE; EBENIRO, 2010; ADENIJI; ODO; IBRAHIM, 2011). Desse modo, entender como o número de plantas por área influencia na produção e distribuição dos fotoassimilados em mandioca permitirá a utilização de práticas de manejo mais adequadas, contribuindo para que o manejo da comunidade de plantas possa aproveitar-se a melhor produtividade possível dos recursos disponíveis do ambiente.

Sendo assim, com este trabalho, objetivou-se conseguir informações sobre como o a população de plantas influência na produção e alocação fracionária

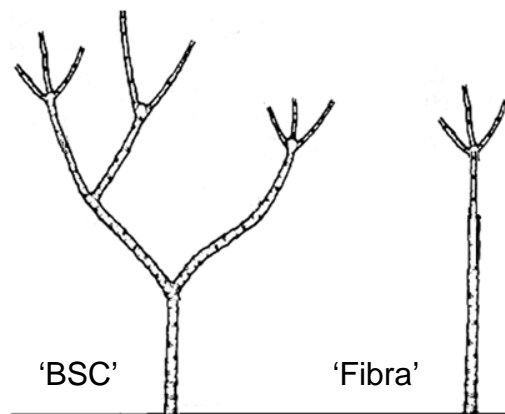
de assimilados entre duas cultivares de mandioca com arquiteturas de parte aérea contrastantes em dois ciclos vegetativos.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na antiga Estação Experimental de Assis do Instituto Agrônomo, e atual Polo Regional do Médio Paranapanema da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), no município de Assis-SP, (latitude 22° 40'S, longitude 50° 26'W e altitude média de 563m).

Foram estudadas duas cultivares de mandioca com arquitetura da parte aérea contrastante: Branca de Santa Catarina (BSC), cultivar de uso industrial com grande porte e hábito de ramificação baixa e 'Fibra', de uso industrial sem hábito de ramificar (Figura 5.1).

Figura 5.1 - Representação das arquiteturas dos dosséis das cultivares de mandioca 'BSC' e 'Fibra' utilizadas no experimento.



Para cada cultivar foram utilizadas quatro densidades populacionais espaçadas de oito mil plantas, de acordo com as recomendações de plantas por área. A 'BSC' foi plantada nas densidades de 5.000, 13.000, 21.000 e 29.000 plantas por hectare. Já para 'Fibra' foram utilizadas populações de 11.000, 19.000, 27.000 e 35.000 plantas por hectare.

As plantas foram coletadas a partir dos 120 dias após o plantio (DAP), em intervalos regulares de 120 dias até final do segundo ciclo de cultivo totalizando seis coletas. Em cada coleta, as plantas de mandioca foram separadas

em órgãos raiz, ramas, cepas e folhas. Foram amostradas apenas raízes tuberosas. As ramas foram constituídas das partes de rama fina (ponteiro) rama grossa (basal) e manivas sementes. A cepa foi considerada a porção da planta onde as raízes tuberosas ficam aderidas, crescidas da parte aérea 0,15 m acima do solo (Takahashi; Guerini, 1998). Já para as folhas, consideraram-se todos os lóbulos foliares e pecíolos. A massa seca (MS) foi determinada em subamostras dos órgãos coletados, secos em estufa a 65°C, por 72 horas, e em seguida foram obtidas as massas pelo método de gravimetria e os resultados extrapolados para $g\ m^{-2}$.

Os efeitos das épocas de coletas de plantas no acúmulo de massa seca foram avaliados por análise de regressão. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para determinar os valores instantâneos da taxa de acúmulo de massa seca de cada parte, empregou-se a derivada da primeira equação ajustada ao peso da massa seca de cada órgão vegetal, em relação a tempo (Radford 1967; Richards 1969). A distribuição da MS entre os órgãos das plantas foi calculada como percentagem de massa seca em relação à massa seca total obtida em cada colheita, ao longo dos dois ciclos de desenvolvimento, de acordo com Benincasa (2004).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de massa seca fracionada nos diferentes órgãos de plantas de mandioca em relação às densidades populacionais é diferente entre 'BSC' e 'Fibra' em função dos ciclos vegetativos. Os coeficientes de determinação das regressões polinomiais e suas respectivas equações estão expostos na figura 5.2. Entretanto, ao aplicar a análise de variância, constata-se, pelo teste F, que as superfícies quárticas se ajustaram bem aos valores médios de acúmulo de MS nas folhas para ambas cultivares.

Estes ajustes predizem o comportamento fenológico da cultura da mandioca principalmente em relação a suas folhas, sendo que desde o início das avaliações, aos 120 DAP, até o final do primeiro ciclo e se repetindo no segundo, onde há queda no acúmulo de MS em função do período de repouso fisiológico. Embora a redução da área foliar ocorra normalmente quando surgem períodos de estresse, quando encerram um ciclo vegetativo, os valores de acumulação de fotoassimilados é fortemente dependentes do nível de sombreamento da planta, do

déficit hídrico e também da temperatura como mencionados por Cock et al. (1979). A 'BSC' apresentou os maiores valores para as populações de 13.000 a 29.000 plantas ha^{-1} , com valores de 161 e 180 g m^{-2} , respectivamente, sendo que na menor população 5.000 plantas ha^{-1} o decréscimo de matéria seca nas folhas se dá a partir dos 87 g m^{-2} . De maneira semelhante, 'Fibra' apresentou o mesmo comportamento que 'BSC', diferenciando, entretanto, dos valores de acúmulo, sendo que nas densidades 19.000, 27.000 e 35.000 plantas ha^{-1} , aos 120 DAP, os totais acumulados foram 183, 220 e 224 g m^{-2} , respectivamente. Porém no mesmo período para a densidade de 11.000 plantas ha^{-1} foi verificado 103 g m^{-2} .

Aos 120 DAP as maiores densidades de plantas apresentaram o maior acúmulo de MS nas folhas. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que nessa época o dreno preferencial eram as folhas que tinham como função produzir o máximo de fotoassimilados para garantir o crescimento dos outros órgãos. Também, nessa fase a planta tinha seu crescimento pouco limitado pelos recursos do meio, estava na estação chuvosa e de temperaturas maiores, condições mais favoráveis para aproveitar a energia radiante. Esta hipótese é amparada nos resultados de pesquisas de Schons et al. (2007) e Alves; Setter (2000), isto porque é neste período de acumulação de assimilados nas folhas, que no máximo ocorre até 150 DAP aproximadamente, e a partir daí decrescem devido o surgimento e desenvolvimento de outros órgãos, como as raízes tuberosas.

Quanto à partição nas ramas também há um comportamento diferente entre as cultivares. Nas densidades extremas na 'BSC', o desempenho foi acompanhado pela abscisão das folhas. A maior produção foi verificada em 29.000 plantas ha^{-1} , com 2772 g m^{-2} aos 360 DAP, o que evidencia a relação fonte dreno entre as folhas e ramas, respectivamente (Figura 5.2). No entanto, para ambas as densidades, 13.000 e 21.000 plantas ha^{-1} , o máximo de acúmulo de MS ocorreu aos 450 DAP, com 2000 e 2500 g m^{-2} , respectivamente. Logo a 'Fibra' apresentou comportamento cúbico de partição de assimilados em todas as densidades. Semelhante à 'BSC' na maior densidade ocorreu o maior acúmulo, mas por sua vez este resultado ocorreu no final do segundo ciclo, aos 720 DAP com 3640 g m^{-2} (Figura 5.2).

Esta variação de acúmulo de MS nas ramas observada está condizente com o hábito de desenvolvimento fenológico da mandioca. Ou seja, quando decresce o acúmulo de folhas cresce nas ramas, cepas e raízes. O que

segundo Howeler (1983), faz sentido, pois a planta está constantemente mantendo o balanço entre a atividade fonte e dreno e alterando-as, o que é essencial para alcançar o máximo rendimento. Com relação aos comportamentos diferentes entre as cultivares, também está de acordo com as descrições de Lorenzi (1978) que verificou variação no acúmulo de MS não apenas nas ramas como em raízes em função do genótipo e também das condições de crescimento, como por exemplo, as ramificações.

As ramas se desenvolvem rapidamente até os 240 DAP, ou seja, do primeiro ciclo vegetativo quando as plantas entram em fase de repouso no inverno. A 'BSC' atinge o maior valor (2800 g m^{-2}) na maior densidade populacional, 29.000 plantas ha^{-1} . Quanto maior a densidade maior a quantidade de MS alocada nas ramas. Verifica-se, um leve decréscimo até janeiro e a seguir cresce novamente. Essas variações refletem a sazonalidade do crescimento vegetativo no inverno a parte apical seca e morre com aumento da temperatura surgem novos brotos na parte terminal das hastes que seria o suporte para as folhas do segundo ciclo. Apesar do aspecto visual exuberante, são hastes jovens com alto teor de água, o que reflete na pequena quantidade de MS. Como há muitas ramificações, há oscilações consideráveis.

Os acúmulos nas cepas foram influenciados pelo número de plantas, representada por um modelo de terceiro grau, com exceção da 'Fibra', com 35.000 plantas ha^{-1} , que apresentou comportamento linear (Figura 5.2). A produção máxima das cepas ocorreu aos 720 DAP para todas as densidades nas duas cultivares. Resultados de Takahashi; Guerini (1998) corroboram estes dados, entretanto, afirmam que as respostas aos espaçamentos e conseqüentemente população final de plantas, é variável, devido ao comportamento que cada cultivar de mandioca apresenta na interação com as condições edafoclimáticas e também pelo fato que as cepas não são geralmente mensuradas separadamente de outros órgãos como as ramas grossas.

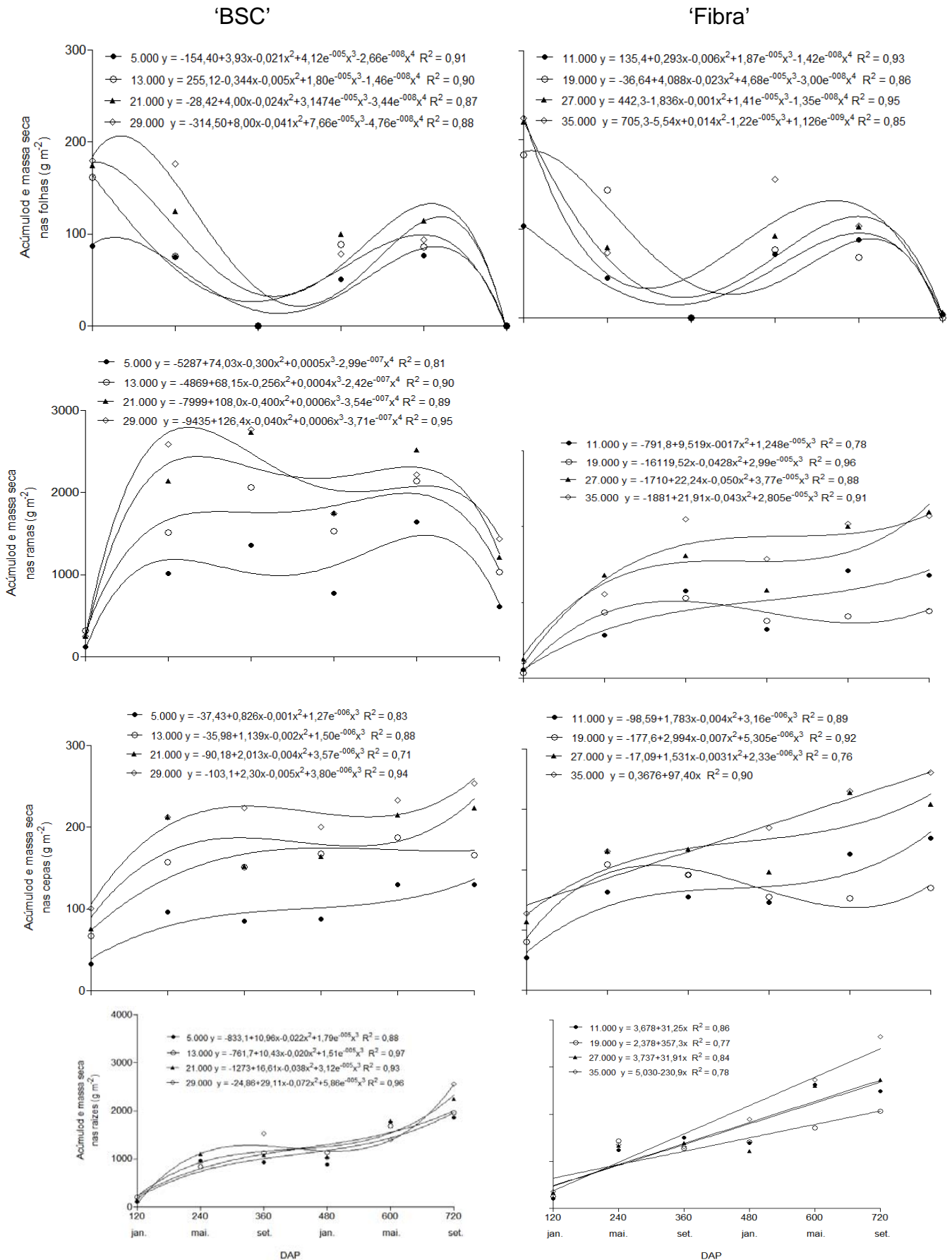
O acúmulo de MS nas raízes tuberosas da 'Fibra', nos períodos de avaliação, foram maiores, comparados à 'BSC'. Contudo, 'Fibra' apresenta acúmulo linear e com a maior produção na densidade de 35.000 plantas ha^{-1} , resultados estes já evidenciados no primeiro capítulo e corroborado por Takahashi; Guerini (1998).

Depois dos 120 DAP, a maior parte da massa seca é acumulada nas raízes que no resto da planta. Nas colheitas de 360 e 720 DAP a raiz tuberosa é o principal dreno da mandioca, portanto, durante o ciclo de crescimento, há alta correlação positiva da MS total com a massa seca das raízes tuberosas. Embora haja variações para determinação da população ideal para obtenção da máxima produtividade, essa variação ocorre principalmente pelas diferentes condições ambientais e as cultivares avaliadas nesses estudos, principalmente relacionada à arquitetura dos dosséis.

O maior acúmulo de fotoassimilados nas raízes ocorreu na população de 29.000 plantas ha⁻¹ aos 720 DAP para 'BSC', com 2550 g m⁻². Na mesma época de colheita, nas densidades de 5.000, 13.000 e 21.000 plantas ha⁻¹ produziram-se, 1800, 1900 e 2200 g m⁻², respectivamente. A variação das respostas das cultivares de mandioca em função da densidade de plantio, também foi verificada em outras pesquisas corroborando estes resultados (Howeler, 2002; Lorenzi et al., 1996; Alves 2002; Aguiar 2011).

Os resultados demonstraram a possibilidade de obtenção de maiores produções comerciais de raízes de mandioca por planta com altas densidades de plantio para cultivares que ramifiquem-se e melhores resultados em colheitas no final do primeiro ciclo aos 360 DAP. Entretanto, os resultados por área se mostram diferentes, sendo que o ideal seria reduzir a população de plantas para cultivares com estas características. Para 'BSC', em função de maior área ocupada individualmente por planta, à proximidade de uma planta a outra dentro da linha, provoca competição pelos fatores de produção presentes no ambiente, ocasionando redução na produção de raízes tuberosas.

Figura 5.2 - Acúmulo de massa seca nas folhas, ramos, cepas e raízes de plantas de mandioca 'BSC' e 'Fibra' em g m⁻² função da densidade populacional ao longo de dois ciclos vegetativos.



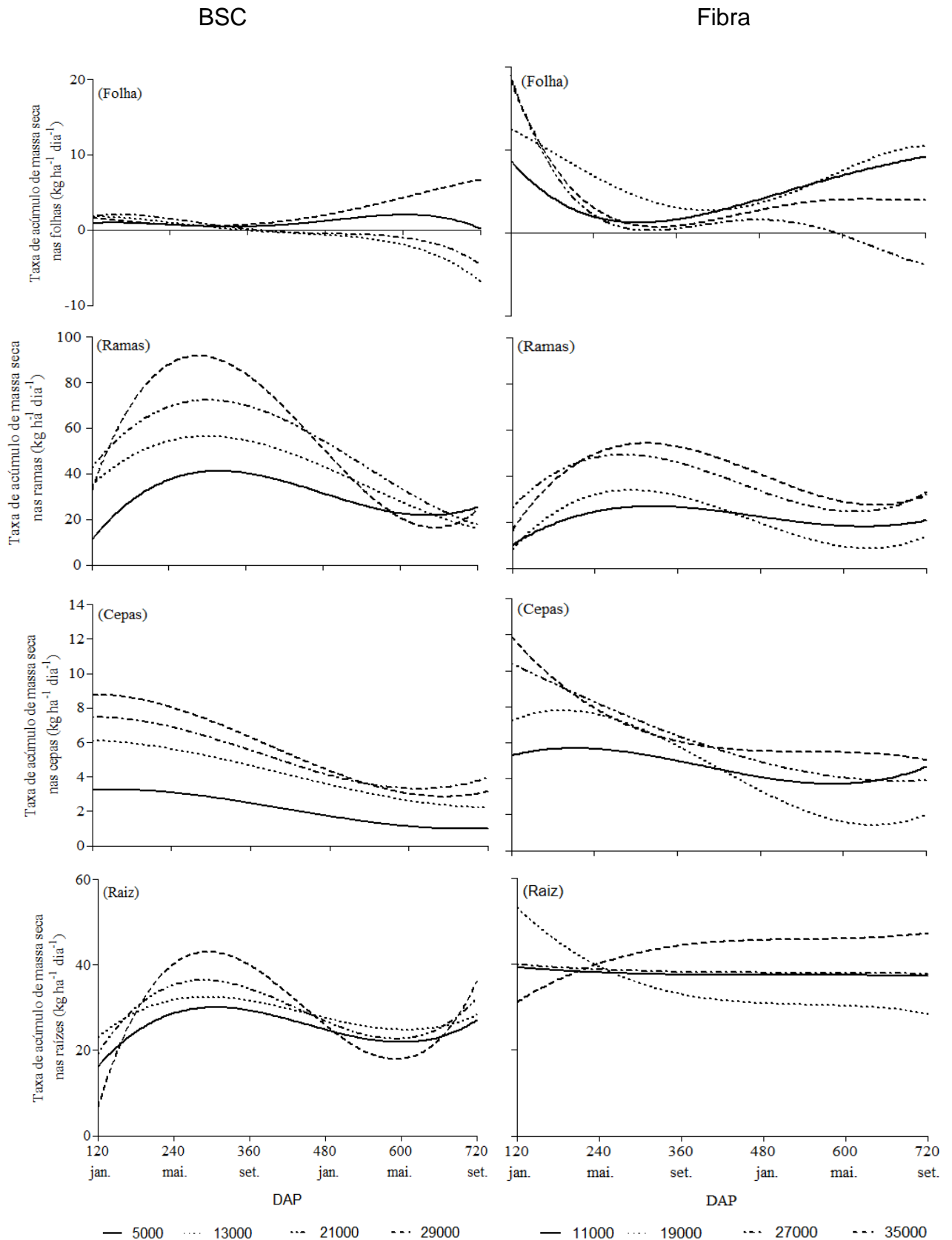
Conforme apresentado na figura 5.3, o acúmulo de MS para todos os órgãos foi sequencial. Observou-se ocorrência de mudanças do depósito metabólico preferencial de um órgão para outro, em virtude das transformações morfológicas das plantas. As correlações de crescimento entre os diversos órgãos das plantas são correlações entre taxas de crescimento e, conseqüentemente, são governadas tanto pelas condições intrínsecas de cada cultivar quanto pelas condições do ambiente.

Inicialmente, parece que apenas para 'Fibra' as folhas foram os drenos metabólicos preferenciais, porém, após algum desenvolvimento, a partir dos 240 DAP, sob todas as densidades de plantas, houve uma mudança do dreno preferencial para as ramas, cepas e raízes. Para 'BSC' observa-se um maior investimento em ramas, cepas e raízes a partir dos 120 DAP. Isto ocorre devido esta cultivar em questão possuir maior estrutura vegetativa, assim há uma taxa mínima de produção de massa seca nas folhas, com a conseqüente mudança do dreno preferencial para outros órgãos.

A influência do número de plantas por área na partição de assimilados está evidenciada na figura 5.3, sendo que em todos os órgãos e em ambas as cultivares as menores densidades apresentaram os menores taxas de acúmulos. De modo que o acúmulo de MS entre a menor e maior densidade para 'BSC', representou mais de 46% nas ramas aos 120 DAP e 50% para 'Fibra'. Assim, plantas sob competição são capazes de compensar a menor taxa de acúmulo de MS por planta, com o aumento do número de plantas, populações mais adensadas terão taxas de crescimento com menores flutuações, mas o ganho nos pontos de máxima compensará os de mínima assimilação (Figura 5.3), de tal modo que a produção final é similar (Figura 5.2).

O acúmulo de MS nas cepas foi decrescente até os 600 DAP, nas duas cultivares e para todas as densidades. No entanto, para 'Fibra', o acúmulo de MS nas cepas passou de forma crescente a partir dos 620 DAP, de forma mais pronunciada na densidade de 35.000 plantas ha⁻¹, o que está relacionado principalmente ao fato que esta cultivar investir menos em folhas e tendo como principal fonte para as raízes a cepa (Figura 5.3).

Figura 5.3 - Taxa de acúmulo de matéria seca nas folhas, ramos, cepas e raízes de duas cultivares de mandioca, 'BSC' e 'Fibra' em $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ em diferentes densidades de plantas, ao longo de dois ciclos vegetativos.

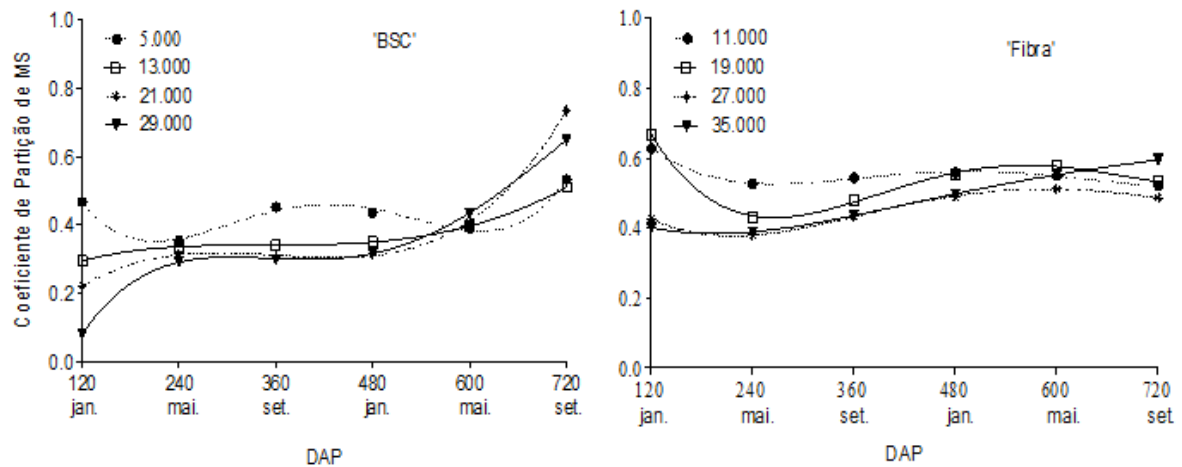


A MS nas raízes seguiu comportamento diferente entre as cultivares, com alto acúmulo nas épocas iniciais para 'BSC' e seguido por decréscimo em média de 20% até o final do primeiro ciclo (360 DAP). Para 'Fibra', entretanto, verifica-se os valores estáveis de acúmulo para as duas menores densidades e uma inversão para as maiores densidades, ou seja, aumento no acúmulo de MS nas raízes para a densidade de 35.000 plantas ha⁻¹ e queda para a densidade de 19.000 plantas ha⁻¹, sendo este comportamento das taxas de acúmulos verificadas ao longo dos dois ciclos vegetativos. O máximo da taxa de acúmulo de MS nas raízes foi de 3640 g m⁻², aos 720 DAP para a 'Fibra' e 2447 g m⁻² para 'BSC' no mesmo período.

Sendo a mandioca especializada no acúmulo de reservas nutritivas, os órgãos de reserva, as raízes tuberosas, no período de enchimento, são os principais drenos de carboidratos e de nutrientes inorgânicos móveis (TEKALIGN; HAMMES 2005, FERNANDES et al. 2010). Assim verifica-se de maneira geral que as maiores taxas de acúmulo de MS na parte aérea das plantas ocorreu juntamente com as raízes, principalmente nas avaliações iniciais. Resultados de pesquisas de El-Sharkawy (2004) assemelham-se com os estes verificados na mandioca em períodos iniciais para formação da parte aérea e ao mesmo tempo deslocando fotoassimilados para os órgãos de reserva.

As cultivares 'BSC' e 'Fibra', apesar de apresentarem coeficiente de partição de MS semelhantes entre as variações nas densidades de plantas, 'Fibra' é superior à 'BSC', durante os dois ciclos (Figura 5.4), revelaram taxas máximas de acúmulo de MS nas raízes tuberosas e na planta inteira menores, o que indica que essas cultivares são eficientes na alocação de MS, e a 'Fibra', apresenta maior capacidade de produção. Isto está relacionado com a menor área fotossintética, em razão do menor número de folhas por planta desta cultivar, que mencionado anteriormente investe pouco em folhas e mais nas raízes de reserva.

Figura 5.4 - Coeficiente de partição de MS entre a planta inteira e raízes tuberosas de cultivares de mandioca 'BSC' e 'Fibra', ao longo de dois ciclos vegetativos.



Contudo, foi observado que houve efeito direto do aumento do acúmulo nas raízes em relação à planta inteira nas cultivares principalmente nas menores densidades de plantas, este efeito é ocasionado devido à menor competição existente pelos fatores de produção nos maiores espaçamentos e ou menor número de plantas como verificado também por Tekalign; Hammes (2005) em batata e Moustakasa; Ntzanisb (2005) em plantas de tabaco.

5.6 CONCLUSÕES

De maneira geral, ambas as cultivares investiram mais na formação de folhas no primeiro ciclo que no segundo, independentemente da população de plantas.

O crescimento da 'BSC' é mais sazonal enquanto que da 'Fibra' é estável.

A 'BSC' apresenta período maior de crescimento das raízes tuberosas, enquanto que a 'Fibra' é contínuo.

A 'Fibra' é mais promissora a obter altas produtividades, pois tolera melhor o adensamento populacional e responde ao adensamento.

A 'Fibra' é mais eficiente em alocar MS nas raízes tuberosas que a 'BSC'.

Agradecimentos

À Fundação Araucária pela concessão de bolsa de estudo e ao IAC, na pessoa da PqC. Dra. Teresa Losada Valle pelo fornecimento dos dados de campo.

5.7 REFERÊNCIAS

ADENIJI, O. T.; ODO, P. E.; IBRAHIM, B. Genetic relationships and selection indices for cassava root yield in Adamawa State, Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v.6, n.13, p.2931-2934, 2011.

AGUIAR, E. B.; VALLE, T. L.; LORENZI, J. O.; KANTHACK, R. A. D.; MIRANDA FILHO, H.; GRANJA, N. P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, v.70, n.3, 2011.

ALVES, A. A. C.; SETTER, T. L. Response of cassava to water deficit: leaf area growth and abscisic acid. **Crop Science**. v.40, n.4, p.131-137, 2000.

ALVES, A.A.C. **Cassava Botany and Physiology**. In: HILLOCKS, R.J.; THRESH, J.M.; BELLOTTI, A.C. (Ed.). *Cassava: Biology, Production and Utilization*. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p.67-89.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas** (noções básicas). Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.

COCK, J.H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G.; JURI, P. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop Science**. v.10, n.1, p.271-279, 1979.

DORNBUSCH, T.; WERNECKE, P.; DIEPENBROCK, W. Description and visualization of graminaceous plants with an organ-based 3D architectural model, exemplified for spring barley (*Hordeum vulgare* L.). **The Visual Computer**, v. 23, n.1, p.569-581, 2007.

EL-SHARKAWY, M.A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v.56, n.1, p.481-501, 2004.

FERNANDES, A. M., SORATTO, R. P.; SILVA, B.L.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.45, n.8, p.826-835, 2010.

FOURNIER, C.; ANDRIEU B.; BUCK-SORLIN, G.; EVERS, J. B.; DROUET, J. L.; ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A.; VOS, J. **Functional-structural modelling of Gramineae**. In: VOS, J. MARCELIS, L. F. M. editors. *Functional structural plant modelling in crop production*. Springer. p.175-186, 2007.

HOWELER, R. H., CADAVID, L. F. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12 month growth cycle of cassava. **Field Crops Research**. v.7, n.2, p.123-139, 1983.

HOWELER, R. H. **Cassava mineral nutrition and utilization**. In: Hillocks, R. J.; Thresh, J. M.; Bellotti, A.C. (Ed.). *Cassava: Biology, Production and Utilization*. Wallingford NY: CABI Publishing, 2002. p.115-147.

LIMA, J. D.; SAKAI, R. K.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, M. Spatial arrangement, sowing density and date on dry matter and nutrient accumulation of three green manures. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p.531-540, 2010.

LORENZI, L. O. **Absorção de macronutrientes e acumulação de matéria seca para duas cultivares de mandioca**. 1978. 92 p. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Univ. de São Paulo, Piracicaba, 1978.

LORENZI, J. O.; VALLE, T. L.; MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A.; KANTHACK, R. A. D. **Variedades de mandioca para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico – IAC, 1996. 23p. (Boletim técnico, 162).

LUCENA, R. R. M.; NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, T. M. V.; BESSA, A. T. M.; LOPES, W. A. R. Acúmulo de massa seca e nutrientes pelo tomateiro 'SM-16' cultivado em solo com diferentes coberturas. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.3, p.401-409, 2013.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 3.^{ed}, 2009, 468p.

MOUSTAKASA, N. K.; NTZANISB, H. Dry matter accumulation and nutrient uptake in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). **Field Crops Research**, v.94, n.1, p.1-13, 2005.

NJOKU, D. N.; AFUAPE, S. O.; EBENIRO, C. N. Growth and yield of cassava as influenced by grain cowpea population density in Southeastern Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, n.1, p.2778-2781, 2010.

OELSLIGLE, D.D. Accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Turrialba**, v.25, n.6, p.85-87, 1975.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; LOPES, N. F.; VILLELA, F. A.; CAPPELLARI, M. R.; CASTANHO, F. R.; MAUCH, C. R. Partição de assimilados e biometria de duas cultivares de pimenta em ambiente protegido. **Scientia Agraria Paranaensis**. v.12, n.1, p.37-44, 2013.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna: Austria, 2014.

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

RICHARDS, F. J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F.C. (ed) **Plant Physiology**. A treatise. New York: Academic press, p.3-76, 1969.

SCHONS, A., STRECK, N. A., KRAULICH, B., PINHEIRO, D. G., ZANON, A. J. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p. 1586-1592, 2007.

SUSUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. S. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v.65, n.1, p.121-127, 2006.

TAKAHASHI, M.; GUERINI, V. L. Espaçamento para a cultura da Mandioca. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.41, n.4 p.489-494, 1998.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth: I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. **Scientia Horticulturae**, v.105, n.1, p.13-27, 2005.

VELTKAMP, H. J. Canopy characteristics of different cassava cultivars. **Agricultural University Wageningen Papers**, v.85, n.1, p. 47-61, 1985.

VERDENAL, A.; COMBES, D.; ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A. J. A study of ryegrass architecture as a self-regulated system, using functional–structural plant modelling. **Functional Plant Biology**. v.35, n.4, p.911-924, 2008.

VOS, J.; EVERS, J. B.; BUCK-SORLIN, G. H.; ANDRIEU, B.; CHELLE, M.; VISSER, P. H. B. de. Functional–structural plant modelling: a new versatile tool in crop science. **Journal of Experimental Botany**, v.61, n.2, p. 2101-2115, 2010.