

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E  
MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA E  
MICROPROPAGAÇÃO DE ALCACHOFRA**

**ANGÉLICA REOLON DA COSTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, março de 2011.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E  
MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA E  
MICROPROPAGAÇÃO DE ALCACHOFRA**

**ANGÉLICA REOLON DA COSTA**

**Orientador: Prof. Ph.D Magali Ferrari Grando**

**Co-orientador: Prof. Dra. Simone Meredith Scheffer Basso**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, março de 2011.



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Caracterização morfofisiológica e micropropagação de alcachofra”

Elaborada por

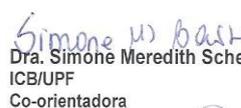
ANGÉLICA REOLON DA COSTA

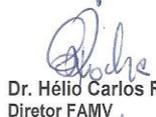
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia – Área de Produção Vegetal

Aprovada em: 25/03/2011  
Pela Comissão Examinadora

  
Dra. Magali Ferrari Grando  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientadora

  
Dr. Vilson Antonio Klein  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

  
Dra. Simone Meredith Scheffer Basso  
ICB/UPF  
Co-orientadora

  
Dr. Hélio Carlos Rocha  
Diretor FAMV

  
Dra. Eunice Oliveira Calvete  
FAMV/UPF

  
Dra. Vanina Cravero  
Universidade Nacional de Rosário, Argentina

CIP – Catalogação na Publicação

---

- C837c Costa, Angélica Reolon da  
Caracterização morfofisiológica e micropropagação  
de alcachofra / Angélica Reolon da Costa. – 2011.  
. : il. color. ; .  
Orientação: Prof<sup>o</sup> PhD. Magali Ferrari Grando.  
Co-orientação: Prof<sup>a</sup> Dra. Simone Meredith Scheffer  
Basso.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) –  
Universidade de Passo Fundo, 2011.  
1. Alcachofras – Cultivo. 2. Alcachofras –  
Sementes – Propagação in-vitro. 3. Germinação. 4.  
Botânica – Morfologia. I. Grando, Magali Ferrari,  
orientadora. II. Basso, Simone Meredith Scheffer,  
orientadora. III. Título.

CDU: 635.32

---

Catálogo: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Angélica Reolon da Costa, filha de José Jozias Rodrigues da Costa (*in memorian*) e Clarisse Maria Reolon, nasceu no município de Espumoso, estado do Rio Grande do Sul, aos onze dias do mês de junho de 1983.

Formada pela Universidade de Cruz Alta – Cruz Alta/RS em Ciências Biológicas: Licenciatura Plena em dezembro de 2005. Especialista em Biologia da Conservação e Tecnologias Ambientais pela referida universidade em dezembro de 2008.

Em março de 2009 ingressou no Curso de Pós – graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal na Universidade de Passo Fundo sob a orientação da professora Ph.D Magali Ferrari Grando e Co orientação da professora Dra. Simone Meredith Scheffer Basso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a vida. A minha mãe, Clarisse Maria Reolon, e minha irmã, Ângela Reolon da Costa, que nunca mediram esforços para me ajudar a concretizar esse sonho, que nunca deixaram de acreditar na minha capacidade, que com paciência, amor e compreensão me ajudaram a superar os momentos difíceis, e ao meu pai, José Jozias Rodrigues da Costa (*in memorian*), que mesmo distante ilumina meu caminho. Agradeço também a toda minha família, pelo apoio e carinho a mim dedicado. Por eles todos é que consegui chegar até aqui.

A Universidade de Passo Fundo, em especial à Faculdade de Agronomia, pela oportunidade e apoio durante o período de realização do trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Com muito carinho e admiração agradeço a minha orientadora, Prof. Ph.D Magali Ferrari Grando, pela amizade, confiança e compreensão nos momentos de dificuldade, que me fizeram continuar essa caminhada. A minha co - orientadora Prof. Dra. Simone Meredith Scheffer Basso, pelo apoio e momentos de aprendizagem. A Prof. Dra. Eunice Oliveira Calvete, pela força, amizade e incentivo nos momentos que mais precisei. A Prof. Dra. Lizete Augustin, pelo apoio e conhecimentos proporcionados.

Agradeço, também, a Dra. Beatriz Donida, pelo apoio e incentivo para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço às pesquisadoras da Universidade Nacional de Rosário, Dra. Stella Maris Garcia e Dra. Vanina Cravero pela consultoria científica durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos e colegas de Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Marilei, Clarício, Maico, Bruno, Marília, Tiago, Vinicius, Dieli e Raquel pela amizade, apoio e momentos de diversão.

Agradeço às amigas, Heloísa e Rosiani, por todo o carinho a mim dedicado nos momentos mais difíceis desse caminhada.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	Xi
RESUMO.....	15
<b>ABSTRACT</b> .....	18
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	20
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	25
2.1 Origem e classificação taxonômica.....	25
2.2 Utilização e importância.....	27
2.3 Características botânicas.....	31
2.4 Métodos de propagação da alcachofra.....	35
2.4.1 Propagação sexual e vegetativa.....	35
2.4.2 Micropropagação.....	38
2.5 Bancos de germoplasma e caracterização da variabilidade genética.....	42
<b>CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM ACESSOS DE ALCACHOFRA VISANDO A SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA CONSUMO <i>IN NATUA</i></b> .....	52
<b>RESUMO</b> .....	52
<b>ABSTRACT</b> .....	54
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	56
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	59
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	68
3.1 Análise de divergência genética na coleção com base em caracteres quantitativos.....	68
3.2 Caracterização da coleção de germoplasma de alcachofra com base em caracteres multicategóricos e binários.....	83
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	94
<b>CAPÍTULO II - VARIABILIDADE FENOTÍPICA EM UMA CULTIVAR COMERCIAL DE ALCACHOFRA</b> .....	96
<b>RESUMO</b> .....	96
<b>ABSTRACT</b> .....	98
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	100
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	103

<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	107
3.1 Análise de divergência genética na coleção com base em caracteres quantitativos.....	107
3.2 Caracterização da coleção de germoplasma de alcachofra com base em caracteres multicategóricos e binários.....	119
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	131
<b>CAPÍTULO III - MICROPROPAGAÇÃO DA CULTIVAR BRASILEIRA DE ALCACHOFRA - CV. NOBRE.....</b>	132
<b>RESUMO.....</b>	132
<b>ABSTRACT.....</b>	134
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	136
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	139
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	142
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	152
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	153
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	154
<b>5 APÊNDICES.....</b>	168

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I: Caracterização morfofisiológica em acessos de alcachofra visando à seleção de materiais para consumo *in natura*

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
01 Número de acessos coletados, local de origem e número de plantas por acesso.....	60
02 Identificação, origem e cor do capítulo dos 19 genótipos avaliados.....	62
03 Amplitude e contribuição relativa (CR) dos caracteres quantitativos para diversidade genética estimada pela distância de Malahanobis para 19 acessos de alcachofra (média não padronizada).....	72
04 Identificação dos grupos formados de acordo com os acessos pertencentes a cada grupo, sigla e fotos representativas de alguns acessos encontrados dentro dos grupos.....	76
05 Comparação de médias e desvios padrão para os quatro grupos formados pela análise de agrupamento.....	78

### CAPÍTULO II- Variabilidade fenotípica em uma cultivar comercial de alcachofra

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
01 Amplitude e contribuição relativa para divergência genética (CR) dos caracteres quantitativos para quarenta acessos da cv. comercial de alcachofra (dados não padronizados).....	108
02 Comparação de médias e desvios padrão para os três grupos formados pela análise de agrupamento.....	115

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I: Caracterização morfofisiológica em acessos de alcachofra visando à seleção de materiais para consumo *in natura*

<b>Figura</b>	<b>Página</b>	
01	Vista frontal da planta e aspectos detalhados de como foram obtidas as médias de altura da planta (A), altura do pedúnculo floral (B), diâmetro da planta (C).....	65
02	Vista frontal da bráctea externa mostrando em detalhes como foram obtidas as seguintes medidas: comprimento das brácteas externas (A), largura da base das brácteas externas (B), altura da base das brácteas externas (C), espessura da base das brácteas externas (D).....	66
03	Vista lateral do receptáculo floral mostrando em detalhe como foi obtida a medida de: diâmetro do fundo (receptáculo floral) (A) e espessura do fundo (B).....	66
04	Vista frontal do capítulo primário mostrando em detalhe como foi obtida a medida de: diâmetro do capítulo primário (A) e comprimento do capítulo primário (B).....	67
05	Vista frontal de capítulos primários de alcachofra, mostrando detalhes de como foram avaliados quando a característica semiquantitativa forma do capítulo principal, circular (1), elíptico (2), oval (3), triangular (4) e elíptico largo transversal (5).....	67
06	Dendrograma da similaridade entre os 19 acessos de alcachofra com base em caracteres quantitativos, obtido pelo método de agrupamento Ward, baseado na matriz de Distância de Mahalanobis.....	74
07	Porcentagem de plantas na coleção apresentando: (a) capítulo primário: circular (C1), elíptico (C2), oval (C3), triangular (C4) e elíptico largo transversal	

	(C5); (b) ponta do capítulo primário: aguda (C1), redonda (C2), plana (C3), em depressão (C4).....	85
08	Porcentagem de plantas na coleção apresentando: (a) Intensidade da cor verde nas folhas: fraco (C3), médio (C5), e escuro (C7); (b) Pigmentação antociânica da base do pecíolo: ausente (C1), fraca (C3), média (C5), forte (C7) e muito forte (C9).....	86
09	Porcentagem de plantas na coleção apresentando: (a) Formato da ponta das brácteas: agudo (C1), plano (C2) e emarginado (C3); (b) Coloração externa das brácteas: verde (C1), verde rajado de violeta (C2), violeta rajado de verde (C3), principalmente violeta (C4) e completamente violeta (C5).....	89
010	Aspectos dos capítulos de coloração verde (a), Verde rajado de violeta (b), violeta rajado de verde (c) e principalmente violeta (d) observada em acessos da coleção.....	90
011	Porcentagem de plantas na coleção com: (a) ausência de espinhos nas brácteas (C0) e com presença de espinhos nas brácteas externas (C1); b) Presença de curvatura na ponta nas brácteas (C1) e ausência de curvatura na ponta das brácteas (C9).....	92
012	Aspecto dos capítulos primários com espinhos (a) e sem espinhos (b).....	95

## CAPÍTULO II- Variabilidade fenotípica em uma cultivar comercial de alcachofra

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
01	Aspecto do campo experimental e das plantas da cv. comercial de alcachofra (a); Capítulos no período de colheita (b).....	104
02	Dendrograma da similaridade entre os 40 acessos da cv. comercial de alcachofra com base em caracteres quantitativos, obtidos pelo método do vizinho mais distante, baseado na matriz de	

	distância de Mahalanobis.....	112
03	Porcentagem de plantas na população apresentando: (a) Formato do capítulo primário: (a) Formato do capítulo primário: circular (C1), elíptico (C2), oval (C3), triangular (C4) e elíptico largo transverso (C5); (b) Formato da ponta do capítulo primário: aguda (C1), redonda (C2), plana (C3), em depressão (C4).....	120
04	Detalhe do formato da ponta do capítulo primário, em depressão (a), arredondado (b) observado em acessos da cv. comercial de alcachofra.....	121
05	Porcentagem de plantas na população apresentando: (a) Formato do capítulo primário: (a) Formato da ponta das brácteas: agudo (C1), plano (C2) e emarginado (C3); (b) Coloração externa das brácteas: verde (C1), verde rajado de violeta (C2), violeta rajado de verde (C3), principalmente violeta (C4) e completamente violeta (C5).....	123
06	Coloração das brácteas externas observada na população: verde rajado de violeta (a); verde (b) da população da cv. comercial de alcachofra.....	124
07	Porcentagem de plantas na população apresentando: (a) Formato do capítulo primário: (a) Intensidade da cor verde nas folhas: fraco (C3), médio (C5), e escuro (C7); (b) Pigmentação antociânica da base do pecíolo: ausente (C1), fraca (C3), média (C5), forte (C7) e muito forte (C9).....	125
08	Porcentagem de plantas na população apresentando: (a) Formato do capítulo primário: (a) ausência de espinhos nas brácteas (C0) e com presença de espinhos nas brácteas externas (C1); b) Presença de curvatura na ponta nas brácteas (C1) e (B) ausência de curvatura na ponta das brácteas (C9).....	127
09	Detalhe da presença de curvatura na ponta das brácteas (a) e ausência de curvatura (b) da população da cv. comercial de alcachofra.....	128
010	Acessos que agregam algumas características desejáveis ao consumo <i>in natura</i> , características quantitativas e qualitativas – A12 (a), Coloração – A26 (b).....	129

**CAPÍTULO III:** Micropropagação da cultivar brasileira de alcachofra - cv. Nobre

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
01	Etapas do preparo do material vegetal para isolamento dos ápices caulinares: Material vegetal medindo cerca de 3,0cm depois da remoção das folhas adultas e porção radicial (a); Material vegetal em assepsia, antes do isolamento dos ápices caulinares (b).....	139
02	Porcentagem de contaminação de explantes de alcachofra em meio de isolamento com três diferentes controles bactericidas. Letras iguais não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.....	144
03	Estádio de multiplicação de alcachofra cv. Nobre <i>in vitro</i> : Propágulos estabelecidos em meio de multiplicação (a); Propágulos prontos para serem transferidos para o segundo subcultivo (b); Propágulos resultantes da divisão do propágulo inicial (c).....	145
04	Taxa de multiplicação de propágulos de alcachofra em 5 meios de multiplicação no segundo e terceiro subcultivo (Letras comparam o subcultivo 2 e 3 pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro).....	148
05	Etapas do estágio de enraizamento e aclimatização: Propágulos cultivados em meio MS sem reguladores de crescimento prontos para serem transferidos para meio de enraizamento (a); Plantas enraizadas para a aclimatização (b); Plantas aclimatizadas estabelecidas em estufa semi-climatizada (c).....	150

## CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA E MICROPROPAGAÇÃO DE ALCACHOFRA

ANGÉLICA REOLON DA COSTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **RESUMO** - Para incentivar o consumo *in natura* de alcachofra no sul do Brasil, é importante a seleção e introdução de genótipos uniformes com essa aptidão. Para isso é necessário o conhecimento da variabilidade natural existente na espécie e o desenvolvimento de estratégias que permitam obter elevada uniformidade do produto. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a variabilidade em uma coleção de alcachofra, selecionar genótipos com aptidão para consumo *in natura* e estabelecer um protocolo de micropropagação para a cv. Nobre, a fim de fornecer subsídios para o melhoramento de alcachofra no Brasil. Dezenove genótipos de alcachofra, incluindo cinco cultivares comerciais, quatorzes não comerciais e quarenta acessos da cv. Verde Redonda Melhorada foram caracterizados com base em caracteres morfoagronômicos. Para o estudo de micropropagação, foram testados dois agentes desinfestantes (hipoclorito de sódio e antibiótico gentamicina) em meio de isolamento e cinco meios de multiplicação. Os explantes para a micropropagação foram obtidos de rebentos da cv. Nobre cultivada a campo. Foi constatada a existência de variabilidade genética, sendo que a maior distância de Mahalanobis ( $d=131.68.$ ) ocorreu entre Romanesca 1 e Israel 4 e a menor entre Verde redonda e Verde

---

<sup>1</sup> Bióloga, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (ppgAgro), da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

Redonda Melhorada (d=1,40). Pela análise de agrupamento, quatro grupos foram formados os quais se distinguiram principalmente pela: espessura do fundo, razão massa fresca do fundo/ massa fresca do capítulo, diâmetro do fundo, comprimento da bráctea externa, comprimento do capítulo primário, comprimento da base das brácteas, altura da planta, diâmetro da planta, diâmetro do capítulo primário e espessura da base das brácteas, sendo que o grupo I agrega os acessos com as melhores características para consumo *in natura*. Quanto à variabilidade fenotípica avaliada entre os quarenta acessos da cv. Verde Redonda Melhorada observou-se dissimilaridade genética entre os mesmos indicando a possibilidade de seleção intravarietal nessa cultivar. Em relação aos experimentos conduzidos *in vitro* com a cultivar Nobre de alcachofra, o hipoclorito de sódio (NaClO) e o antibiótico gentamicina demonstraram ser igualmente eficientes no controle de infecções bacterianas durante a fase de isolamento. No subcultivo 2 as maiores taxas de multiplicação foram observadas nos meios M4 e M2 (4,57:1 e 4,00:1, respectivamente). No subcultivo 3, o meio que apresentou a maior taxa de multiplicação foi o M2 (5,9:1), sendo superior aos demais. Na fase de enraizamento a frequência de plântulas enraizadas foi de 62%, e na fase de aclimatização o percentual de sobrevivência foi de 44,83% e 37,93 aos 30 e 60 dias do transplante, respectivamente. Esses resultados mostram a viabilidade da utilização comercial da micropropagação para esta cultivar brasileira de alcachofra.

**Palavras chaves:** Caracterização morfológica, cultivo *in vitro*, *Cynara cardunculus* *vr.* *scolymus* (L.) Fiori, divergência genética, germoplasma

## MORPHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION AND MICROPROPAGATED OF ARTICHOKE

**ABSTRACT** - To encourage consumption of fresh artichokes in southern Brazil, it is important the selection and introduction of uniform genotypes with this purpose. This requires knowledge of the natural variability existing in the species and development of strategies to achieve high product uniformity. This study was conducted to evaluate the variability in a collection of artichoke, to select genotypes with fitness for fresh consumption and to establish a micropropagation protocol for cv. Nobre in order to provide subsidies for the improvement of artichoke in Brazil. Nineteen artichoke genotypes, including five commercial cultivars, fourteen non-commercial and forty accessions of cv. Round Enhanced Green were characterized based on morphological characteristics. For the study of micropropagation, two disinfectants agents were tested (sodium hypochlorite and gentamicin antibiotic) in isolation medium and five multiplication media. The explants for micropropagation were obtained from shoots of cv. Noble. It was observe the existence of genetic variability among genotypes, being the farther of Mahalanobis distance observed between Israel and a Romanesque ( $d = 131.68$ ) and the lower distance between Round Green and Round Enhanced Green cvs. ( $d=1.40$ ). Using cluster analysis, four groups were formed, distinguishing itself by: thickness of the fund, fresh mass of the fund / fresh weight of the capitulum ratio, diameter of the capitulum fund, length of the external bract, length of the primary capitulum, length of

bracts base, plant height, plant diameter, capitulum diameter and thickness of the primary bracts. Group I accessions presented the best characteristics for fresh consumption. In relation to the phenotypic variability studied among the forty accessions of Round Enhanced Green cv. it was observed genetic dissimilarity among them, indicating the possibility of intravarietal selection in this cultivar. In relation to the *in vitro* culture experiments conducted with the Nobre artichoke cultivar, the sodium hypochlorite (NaClO) and the antibiotic gentamicin proved to be equally effective in controlling bacterial infections during the isolation. In the second subculture highest multiplication rates were observed on media M4 and M2 (4,57:1 and 4,00:1, respectively). In the third subculture, the highest rate of multiplication was observed in medium M2 (5,9:1), being superior to the others. The rooting frequency was 62%, and in the acclimatization phase, the percentage of survival was 44,83% and 37,93% at 30 and 60 days after transplantation, respectively. These results demonstrate the feasibility of commercial use of micropropagation for this Brazilian cultivar of artichoke.

**Keywords:** Morphological characterization, *in vitro* culture, *Cynara cardunculus* *vr. scolymus* (L.) Fiori, genetic diversity, germplasm

## 1 INTRODUÇÃO

A alcachofra *Cynara cardunculus* [var. *scolymus* (L.) Fiori] é uma espécie pertencente à família das Asteraceas, originada da Bacia do Mediterrâneo, de onde foi difundida para a Europa e América (FOURY, 1967).

É uma hortaliça consumida *in natura* ou industrializada. No consumo *in natura* a parte comestível são as brácteas carnosas do receptáculo floral. Para a produção de alimentos industrializados, capítulos ainda fechados e imaturos são utilizados para o preparo de conservas. Além do uso na alimentação, a alcachofra apresenta interessantes propriedades medicinais que beneficiam as atividades gastrointestinais, hepáticas e cardíacas.

Embora a propagação da cultura seja predominantemente vegetativa através de brotações que surgem na base da planta matriz, a alcachofra pode ser propagada por métodos sexuais, ou seja, por sementes, obedecendo a um sistema de alogamia. No entanto, a multiplicação por sementes não é muito difundida em função da alta segregação genética apresentada pela espécie, que leva o aparecimento de caracteres do tipo selvagem como capítulos de tamanho pequenos e espinhosos.

Estes dois sistemas de propagação, vegetativa e sexual, permitem o uso de variados métodos de melhoramento que incluem desde seleção intraclonal, intravarietal, autofecundação para obtenção de linhas puras parentais e hibridação para obtenção de híbridos F1 (COINTRY et al., 1999). A natureza biológica da alcachofra permite

ainda a clonagem de plantas elites e híbridos selecionados pelo método de brotação ou cultivo *in vitro*.

O melhoramento da alcachofra tem por finalidade alterar as frequências gênicas de uma população, aumentando a frequência de alelos favoráveis e reduzindo ou eliminando a frequência dos alelos indesejáveis nas mesmas (COINTRY et al., 1999). O melhoramento genético desta espécie ainda não é uma realidade no Brasil, limitando-se a empresas e instituições estrangeiras, que comercializam as sementes por elevados preços.

Portanto, o conhecimento da variabilidade genética disponível em uma população em relação aos caracteres de maior interesse agrônomo é de fundamental importância a fim de utilizá-los como critérios seletivos (COINTRY et al., 1999; ASPRELLI et al., 2001; CRAVERO et al., 2002). Dessa forma, a caracterização morfológica de uma população é útil na determinação dos caracteres mais importantes para a distinção de grupos de indivíduos e explicar as relações existentes entre as variáveis avaliadas, discriminando os descritores que não apresentam variabilidade na população (CRUZ & REGAZZI, 1994).

Dado que o melhoramento genético de alcachofra deve corresponder às exigências do mercado consumidor, tanto para consumo *in natura* como industrializado, a seleção deve ser aplicada não somente a caracteres quantitativos, como produtividade e data de maturação do capítulo, mas também as características qualitativas do capítulo como cor, firmeza e forma do capítulo (MAUROMICALE & COPANI, 1989). Características de produtividade e qualidade devem

ser levadas em consideração em estudos de variabilidade genética a ser utilizado em programas de melhoramento genético.

Atualmente, os melhoristas têm recomendado, para a formação de populações base, o inter cruzamento entre cultivares superiores e divergentes. Essa divergência pode ser avaliada a partir de características agronômicas, morfológicas e fenológicas.

Segundo Cruz (2006), a divergência genética pode ser avaliada por vários procedimentos biométricos para análise e processamento dos dados baseados em técnicas multivariadas. Dessa forma, uma das utilidades do uso desta técnica é estimar as medidas de dissimilaridade genética com base em variáveis quantitativas, binárias e multicategóricas entre materiais destinados à avaliação da diversidade genética.

A seleção de genótipos superiores para determinadas características é realizada com base em um grande número de caracteres, utilizados como descritores, que apresentam variabilidade, o que dificulta o agrupamento e a seleção de genótipos. Peeters & Martinelli (1989) avaliaram o potencial da análise de agrupamento para classificar um grupo de indivíduos de forma hierárquica de acordo com o grau de similaridade entre estes.

Em alcachofra a análise multivariada tem sido utilizada como ferramenta de estudo e organização da variabilidade genética de população de clones ou de famílias de autofecundação e híbridos (ASPRELLI et al., 2001; CRAVERO et al; 2002; MAURO et al., 2009). Uma estratégia útil para o melhoramento genético de plantas é sua associação com métodos de cultura de tecidos e regeneração de plantas *in vitro* (SERAFINI, 2002).

A propagação vegetativa *in vitro*, também denominada de micropropagação, devido ao tamanho dos propágulos utilizados, é a aplicação mais prática da cultura de tecidos e aquela de maior impacto econômico (GRATTAPAGLIA & MACHADO, 1998).

Segundo Lauzar & Vieth (1990), a propagação por cultura de tecidos oferece um método alternativo para produzir uma população grande, homogênea e livre de enfermidades, permitindo também a rápida instalação de genótipos selecionados em uma região específica. Esta técnica tem proporcionado resultados interessantes em outras espécies, porém alcançou pouco sucesso em alcachofra (GIL ORTEGA, 1996). Protocolos de micropropagação em alcachofra têm sido relatados para poucas cultivares (BRUTTI et al., 2000; MORONE FORTUNATO & RUTA, 2003; MORONE FORTUNATO et al., 2005).

O cultivo *in vitro* de alcachofra tem se difundido nos últimos anos por vários motivos mas os principais benefícios são: produção de mudas uniformes, com manutenção de características genéticas e livres de viroses e bacterioses. Porém, para que a técnica de micropropagação seja empregada com sucesso na produção de mudas de alcachofra, é necessário desenvolver protocolos adequados para multiplicação *in vitro* dessa cultura.

A micropropagação é realizada mediante uma série de estágios cada um com objetivos diferentes. Segundo Murashige (1974), os estádios são: o inicial (estádio 0) envolve o cultivo das plantas doadoras dos explantes; o segundo estágio (estádio I) compreende o estabelecimento da cultura asséptica; o terceiro estágio (estádio II) tem por objetivo a obtenção de grande quantidade de

plantas. O último dos estádios adotados no processo de micropropagação (estádio III) tem como objetivos o enraizamento e aclimatização das plântulas geradas *in vitro*.

A variabilidade existente na resposta morfogênética *in vitro*, não apenas entre espécies do mesmo gênero, mas também de genótipos da mesma espécie, torna necessário a definição de protocolos diferenciados de cultura de tecidos específicos para cada genótipo (GRATTAPAGLIA E MACHADO, 1998).

Segundo Caldas et al. (1998), a composição e concentração hormonal no meio de cultura são fatores determinantes no crescimento e no padrão de desenvolvimento na maioria dos sistemas de cultura de tecidos. Para isso as auxinas, citocininas e giberelinas são as classes de reguladores de crescimento mais utilizadas.

As auxinas atuam no alongamento celular, dominância apical, formação de raízes adventícias e na embriogenese somática. Os principais tipos de auxinas sintéticas são: ANA (Ácido naftalenoacético, 2-4D (ácido diclorofenolacético) já as que ocorrem naturalmente nas plantas são: AIA (ácido indolacético), e o IBA (ácido indolbutírico) (TRIGIANO & GRAY, 2010). As citocininas promovem a divisão celular, proliferação de brotos e a formação de calos, as mais comumente usadas são a zeatina, kinetina, e 2iP. Elas promovem a formação de brotos axilares. Entre as giberelinas a mais usada é o GA3 com a função estimular o alongamento da planta (TRIGIANO & GRAY, 2010).

Considerando os aspectos abordados acima, esse trabalho foi conduzido como objetivo de caracterizar, com base em descritores

morfológicos, diferentes acessos de alcachofra pertencentes à coleção de germoplasma da Universidade de Passo Fundo, a fim de acessar a variabilidade e composição genética destes. Esta caracterização permitirá a identificação e seleção de genótipos com aptidão para consumo *in natura*, para um melhor aproveitamento dos materiais existentes e identificação de progenitores que quando cruzados permitam um maior efeito heterótico na progênie e a possibilidade de obter genótipos superiores em gerações segregantes.

Também é objetivo deste trabalho estabelecer um protocolo de micropropagação adequado para a cultivar Nobre de alcachofra.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Origem e classificação taxonômica**

O gênero *Cynara* é nativo do mediterrâneo. Segundo Mauro et al. (2009), pertence ao gênero *Cynara*, o complexo de espécies *C. cardunculus* L., o qual consiste da alcachofra cultivada (var. *scolymus* (L.) Fiori), o cardo cultivado (var. *altilis* DC.) e o cardo selvagem (var. *sylvestris* (Lamk) Fiori). Estas três variedades são compatíveis geneticamente entre si e formam híbridos intervarietais férteis (BASNIZKI & ZOHARY, 1994). Ainda pertencem ao gênero *Cynara* outras seis espécies selvagens: *C. syriaca* Boiss. *C. cornigera* (Lindely) (syn. *C. sibthorpiana* Boiss.), *C. algarbiensis* Cosson, *C. baetica* (Sprengel) Pau (syn. *C. alba* Boiss.), *C. humilis* L. and *C.*

*cyrenaica* (Maire & Weiller) (WIKLUND, 1992; ROTTENBERG & ZOHARY, 1996; MAURO et al., 2009).

Segundo Rottenberg et al. (1996), barreiras reprodutivas separam o complexo *C. cardunculus* das espécies selvagens, de forma que os cruzamentos entre *C. cardunculus* e *C. syriaca*, *C. algarbiensis*, *C. baetica* ou *C. humilis* produzem poucas sementes e os híbridos são estéreis. De acordo com Rottenberg & Zohary (2005), estas quatro espécies de *Cynara* são consideradas membros de um *pool* gênico secundário da alcachofra cultivada e do cardo. Borrego (1986) reforça que o grande número de cultivares de alcachofras plantadas no mundo se deve a estudos realizados na Idade Média, na Itália, onde se encontra a maior coleção de germoplasma de alcachofra do mundo tanto *in situ*, como *ex situ*.

A alcachofra pertence à família Asteraceae e tem sua origem frequentemente associada com árabes, que dominaram a bacia do Mediterrâneo durante da Idade Média e surgiu através de um processo de domesticação de seu ancestral selvagem o cardo também conhecida como alcachofra-brava. O cardo se encontra largamente distribuído na bacia Mediterrânea central e ocidental, ocupando uma área desde o oeste do baixo mediterrâneo até Sicília e é considerado o ancestral de todas as formas cultivadas de alcachofra (COINTRY, 2001).

Outros estudos constataram que o gênero *Cynara* L. compreende 11 espécies da região do Mediterrâneo e das Canárias. As mais importantes são *Cynara scolymus* L., *Cynara cardunculus* L., *Cynara integrifolia* Vahl., *Cynara pygmaea* W., *Cynara tournefortii* B. e R. e *Cynara alba* B. (GRAU, 1982).

## 2.2 Utilização e importância

A alcachofra é uma cultura de grande relevância econômica e com importantes características nutricionais e medicinais. Como alimento, é rica em proteínas, vitamina do complexo B, vitamina A, vitamina C, potássio, cálcio, sódio, fósforo e ferro, além de ser fonte de fibras (RYDER et al., 1983).

Sua principal forma de consumo é como hortaliça, podendo ser consumida *in natura* ou industrializada. No consumo *in natura* a parte comestível são as brácteas carnosas do receptáculo floral. Para a produção de alimentos industrializados, capítulos ainda fechados são utilizados para o preparo de conservas. Seu consumo é fundamentalmente *in natura* durante o período de produção inverno-primavera (GARCIA et al., 2005; GARCIA, 2007).

Quanto às propriedades medicinais, possui compostos de importância farmacológica. As folhas são utilizadas para o preparo de medicamentos que beneficiam as atividades gastrintestinais, hepáticas, cardíacas, sistema circulatório, resistência capilar, bem como um efeito neutralizante sobre certas substâncias tóxicas, assumindo um crescente interesse econômico, sendo os mesmos produzidos em escala comercial por vários países (GAHNIAN & ASSENOV, 1976; GRAU, 1982; FERREIRA et al., 1993; BRUTTI et al., 2000).

Conforme Murayama (1972), a cinarina, o composto quinônico éster 1-4 dicaféico do ácido cínico, é o princípio medicamentoso mais conhecido e estudado da alcachofra, empregado no combate às moléstias do fígado e para aumentar, nesse órgão a ação antitóxica, é obtido das folhas mais desenvolvidas, após o

término de colheita. Além da cinarina, a alcachofra possui princípios ativos como ácido caféico que estimula a formação da bile hepática e regularizam a formação de sais e substâncias antioxidantes que ajudam no combate aos radicais livres, é antidiurético, regulando o metabolismo do colesterol e dos triglicerídeos, prevenindo, desta forma, a arteriosclerose e problemas cardíacos (PECAUT & FOURY, 1992).

Segundo Mauro et al. (2009), há um renovado interesse na cultura da alcachofra devido à presença de uma série de produtos alternativos, incluindo a inulina nas raízes (LATTANZIO et al., 2001), biofármacos nas folhas (GEBHARDT, 1997; BROWN & RICE-EVANS, 1998; PEREZ-GARCIA et al., 2000; WANG et al., 2003), óleo nas sementes e ração dos resíduos (MACCARONE et al., 1999), bem como para uso forrageiro (MONTEMURRO & CIANCI, 1976) e produção de papel e bicomustível (FOTI et al., 1999; GOMINHO et al., 2002).

Conforme Ecartín Huerto (1996), a Europa é o maior produtor de alcachofra do mundo, destacando-se em primeiro lugar com maior área de cultivo e maior produção a Itália, seguida pela Espanha e França. Do total da produção destes países 75% destina-se para o consumo interno e apenas 5% são destinados para a exportação.

Segundo Asprelli (2000), a Itália possui em torno de 51.000 ha cultivados com alcachofra, ao redor de 35% da superfície cultivada no mundo com essa hortaliça. A Espanha participa com aproximadamente 27,5% da produção mundial distribuída em cinco regiões produtoras. Na França se destacam duas zonas produtoras, que correspondem a 14% da produção mundial. Segundo o autor, o comércio internacional de alcachofra a fresco é muito baixo, em torno

de 55.000 toneladas (5% da produção mundial). A França é a principal importadora, seguida da Alemanha e Bélgica. A Espanha exporta para a indústria de conservas aproximadamente 22.500 toneladas, com destino fundamentalmente aos Estados Unidos e Canadá.

Segundo Ecartín Huerto (1996), a Califórnia (EUA) se destaca pela produção de alcachofra verde. Na América Latina, a alcachofra é cultivada na Argentina, Chile e Brasil, sendo que a Argentina é o quinto maior produtor mundial. Nesse país, por muitos anos, a área de produção era de 3.700 ha, com produção anual de 71.000 toneladas (ASPRELLI, 2000). Desde a década de 80 houve uma notável redução da área cultivada devido à desaceleração na comercialização (ZEMBO, 1996; ASPRELLI, 2000), de forma que a superfície atual é calculada em 2.000 ha, com produção aproximada de 8.500 kg/ha, que originam um ingresso anual médio de U\$S 6.375/ha (HANG, 1993; ASPRELLI, 2000).

No Brasil, a alcachofra foi introduzida pelos imigrantes europeus, principalmente italianos, há cerca de cem anos, no início do século XX (DONIDA, 2004). É cultivada no sul e sudeste, sendo São Paulo o maior produtor, responsável por 80% da área cultivada no país. A variedade mais utilizada nessa região é a “Roxa de São Roque”, que produz capítulos roxos e é destinada principalmente ao consumo *in natura* (FILHO et al., 2009).

O Rio Grande do Sul é o segundo produtor nacional de alcachofra, onde foi introduzida pela Cooperativa Tritícola Erechim Ltda. (COTREL), na região do Alto Uruguai, em 1994. Nessa instituição houve o desenvolvimento da cultivar brasileira Verde Nobre-UPF, destinada exclusivamente para fins industriais. A área

cultivada na região do Alto Uruguai chegou a aproximadamente 50 ha, distribuídos em 21 pequenas propriedades (DONIDA, 2004).

Atualmente, a produção de alcachofra ocorre em diferentes condições de ambiente, porém para a produção comercial preferem-se climas mais amenos, com temperaturas noturnas relativamente baixas e alta umidade durante a maior parte do ano, pois em climas quentes ocorre o amadurecimento precoce das gemas e endurecimento das partes comestíveis, o que afeta a qualidade da cultura para consumo comercial (SIMS et al., 1968).

A melhor época para o plantio das mudas é de abril a fins de maio, quando as chuvas são mais espaçadas e os dias mais frescos (MURAYAMA, 1983; ISECHI et al., 1998). A colheita dos capítulos é feita manualmente cortando-se a haste com 20 a 30 cm de comprimento. O ponto de colheita é quando os botões apresentarem as brácteas aderentes e carnosas (MURAYAMA, 1972; TESKE, 1995).

Nas plantações comerciais a temperatura ideal, para a alcachofra é de 15° a 18°C, sendo que poderá ter uma variação de 8°C para mais ou para menos, temperaturas abaixo de 5°C podem inibir o desenvolvimento. Em local quente ocorre abertura precoce do botão, que prejudica a qualidade da porção comestível (ISECHI et al., 1998).

Segundo Foury (1967), as alcachofras são plantas de dias longos com um foto período crítico de, cerca de, 10,5 horas. Em indivíduos propagados por sementes, a transição do estágio vegetativo para o reprodutivo depende das interações entre os três seguintes determinantes: obtenção de plântulas de tamanho adequado; temperatura baixa e fotoperíodo. As plantas de alcachofra necessitam

de 210 horas de frio par passar do estado vegetativo para o reprodutivo (GARCIA, COMUNICAÇÃO PESSOAL, 2009).

A alcachofra deve ser cultivada em lugares de solo fértil, e bem drenado (MURAYAMA, 1972). Segundo Isechi et al. (1998), a alcachofra é muito exigente em solos, preferindo condições de elevada fertilidade, profundidade e drenagem. Além de exigir água em abundância e nutrientes básicos (NPK), necessita de cálcio, magnésio e boro, não dispensando adubação orgânica, desenvolvendo-se melhor em solos com pH entre 5,5 e 6,5.

### **2.3 Características botânicas**

A alcachofra é uma planta perene de vida curta, que quando cultivada a partir da semente, forma uma roseta de folhas, seguida pelo crescimento da haste floral, que produz uma gema terminal, duas ou três gemas secundárias e várias gemas terciárias (RYDER et al., 1983; COINTRY, 2001).

A espécie possui folhas rubescentes e grandes com lóbulos profundos, cobertas por pilosidade esbranquiçada, com coloração verde escuro a acinzentada (UPOV, 2002). A parte aérea é representada por um tufo de folhas longas com aproximadamente um metro de comprimento cada folha, profundamente recortadas, formando lobos estreitos e munidos de pecíolos largos e carnosos (MURAYAMA, 1972; FILGUEIRA, 1982; BRAVO & ARIAS, 1983). As folhas apresentam normalmente heterofilia, sendo as mais próximas do capítulo, arredondadas e de menor tamanho (ASPRELLI, 2000). A planta pode alcançar 1,6 m de altura. Depois do

florescimento, as folhas murcham e surgem brotos axilares, a partir dos quais se originam novas folhas (PECAUT, 1993; COINTRY, 2001).

A alcachofra é comercializada como um capítulo (inflorescência) imaturo, que contém um grande número de flores hermafroditas (600 a 1500) dispostas sobre um receptáculo carnoso, denominado de “fundo”, protegido por brácteas superpostas (COINTRY, 2001), que são as filárias. Segundo Isechi et al. (1998), as flores do capítulo se abrem de forma centrípeta e progressiva de fora para dentro. A forma, tamanho, cor e espinhosidade dos capítulos são caracteres varietais. Segundo De pace (1981), as brácteas podem se inserir de forma independente, opostas, trirradiada ou tetrarradiadas determinado geneticamente a forma do capítulo.

Trata-se de uma planta alógama, de estrutura genética altamente heterozigota, com  $2n= 34$  cromossomos (MAUROMICALE & IERNA, 2000). Possui dicogamia do tipo protandria, ou seja, o androceu amadurece antes do gineceu, evitando a autofecundação e, conseqüentemente, a depressão endogâmica (FOURY, 1967). O estigma é receptivo cinco a sete dias depois que os grãos de pólen são liberados. Estes são viáveis por quatro a cinco dias e fertilizarão outras flores, do mesmo capítulo ou de outro capítulo permitindo a “autopolinização” no capítulo. O pólen das flores periféricas permanece viável por quatro a cinco dias e pode, dessa maneira, polinizar as flores centrais (PERRINO & PACUCCI, 1974). A viscosidade do pólen implica na necessidade de vetores bióticos, como insetos. Em conseqüência da protandria e da polinização cruzada por

insetos ocorre um incremento na percentagem de alogamia (RYDER et al., 1983; BASNIZKI & ZOHARY, 1994).

Cultivares ou mesmo clones diferentes dentro de uma mesma cultivar variam consideravelmente na quantidade e qualidade de pólen produzido, sendo que no campo o pólen perde facilmente sua viabilidade, que pode ser mantida por oito a dez dias em temperatura de 2° a 4°C (FOURY, 1967; BASNISKI & ZOHARY, 1994).

Na descrição de cultivares segundo UPOV (2002), as inflorescências podem ser, verde, verde rajado de violeta, violeta rajado de verde, e completamente violeta ou por suas variações quanto ao formato dos capítulos.

Segundo Foury (1967) & Basnizki (1985) o desenvolvimento floral da alcachofra pode ser descrito como:

- Estádio A: aparece o receptáculo floral e as brácteas. A superfície do receptáculo está coberta por células grandes que se dividem rapidamente, em primórdios subcilíndricos periféricos. Estas gemas tem cinco sépalas e cinco pétalas.

- Estádio B: o caule cresce junto com o capítulo. O receptáculo é alargado e côncavo. As pétalas formam um amontoado soldado na base. Aparecem os estames. Fecha-se a cavidade do ovário e se forma o pistilo e o estigma.

- Estádio C: o capítulo primário emerge da roseta de folhas. Na base do pistilo se formam os nectaríferos.

- Estádio D: o capítulo está pronto para ser colhido. O óvulo se vasculariza e a célula-mãe de macrósporo termina a meiose. Os pistilos e os nectaríferos têm a forma definitiva.

- Estádio E: se abrem as brácteas externas, o receptáculo se alarga, as flores têm 20 mm de altura. Os extremos dos estigmas estão soldados. Desorganizam-se as anteras e se forma o pólen. Cresce o saco embrionário junto com o tecido trófico.

- Estádio F: aparecem as brácteas centrais. Forma-se o obturador da micrópila e se constitui o saco embrionário octanucleado. Os pares de sacos polínicos se tornam frágeis. O pólen tem tamanho final entre 30 e 40  $\mu$  de cor rosado suave.

-Estádio G: Se evidenciam as sementes divergindo da flor. As flores periféricas se abrem.

Baggio et al. (2009) descreveram a biologia floral da cv. Nobre, constatando aproximadamente 1.400 flores tubuladas e hermafroditas/inflorescência. Os referidos autores estabeleceram uma escala de 15 estádios de desenvolvimento do capítulo, compreendendo desde a emissão do capítulo até a dispersão dos frutos, indicando o estágio 4 como o estágio de coleta para comercialização.

As flores formadas no capítulo são classificadas em primárias, secundárias e terciárias. É observada variação significativa entre as mesmas em relação ao número de sementes produzidas bem como quanto ao tamanho e quantidade de capítulos produzidos por planta (MAGRANER & RODRIGUEZ, 1967; MURAYAMA, 1972).

## **2.4 Métodos de propagação da alcachofra**

### **2.4.1 Propagação sexual e vegetativa**

A alcachofra pode ser propagada por sementes (sexual) ou por meio vegetativo. A propagação vegetativa é de grande importância quando se deseja multiplicar um genótipo que é altamente heterozigoto e apresenta características consideradas superiores que se perdem quando propagadas por sementes devido à segregação genética (PAIVA & GOMES, 2001). Podem ser utilizados rebentos e os talos do rizoma, em que os primeiros são plantas novas com seu próprio sistema radical (BRAVO & ARIAS, 1983). O processo de multiplicação por rebentos, também denominados “filhotes” ou mudas, é geralmente utilizado para antecipar início da colheita e reproduzir com segurança a cultivar (BORREGO, 1986; CAMARGO, 1992).

Conforme Grolli (2000), essa forma de propagação proporciona a produção de plantas uniformes e produtivas quando as condições de clima e solo são favoráveis. Apresenta vantagens como rapidez de produção da muda, reprodução fiel da planta-matriz e maior precocidade de produção. Segundo Cointry (2001), na propagação vegetativa cada genótipo obtido constitui um clone com homogeneidade fenotípica, independente da sua constituição genética, podendo um conjunto de clones formar uma população. Conforme Asprelli (2000), na propagação vegetativa, o melhoramento deve começar pela seleção dos melhores clones.

A propagação de alcachofra é preponderantemente do tipo vegetativa (CRAVERO, 2001) e oferece uma série de inconvenientes com, grande heterogeneidade no vigor e na produção em virtude de diferenças no desenvolvimento e enraizamento dos brotos (MAUROMICALE, 1984; MAUROMICALE et al., 1989).

Há também problemas fitossanitários da planta-matriz, que pode concentrar agentes patogênicos como vírus, fungos e bactérias (MAUROMICALE, 1984), baixa taxa de multiplicação (cerca de três a cinco rebentos por planta/ano, e de oito a dez nas cultivares mais prolíficas (HARBAOUI & DEBERGH, 1980; PECAUT et al., 1983), dificuldade na introdução e difusão da cultura, elevado custo de implantação do matrizeiro e escassa possibilidade de mecanização (MAUROMICALE, 1984; MAUROMICALE et al., 1989).

A constituição de uma variedade propagada por semente tem sido uma busca da pesquisa (MAUROMICALE & IERNA, 2000; GARCIA et al., 2005). Segundo Cravero (2002), a produção de sementes melhoradas pode auxiliar na superação dos inconvenientes da propagação vegetativa.

As principais vantagens de cultivares reproduzidas por sementes são: possibilidade de implantação mecânica do cultivo, redução dos custos de implantação, garantia sanitária, que impede a transmissão de enfermidades e infecções virais, possibilidade de rotação de cultura, redução do tempo de permanência da cultura na lavoura, aumento do sistema radical das plantas (MAUROMICALE & IERNA, 2000; BARZNISKY & ZOHARY, 1994).

Basnizki & Zohary (1994) apontam a possibilidade de transformar o cultivo da alcachofra em anual, podendo entrar em planos de rotação no período entre a semeadura e o final da colheita com homogeneidade no desenvolvimento das plantas que é requisito indispensável, tanto para os mercados de consumo *in natura* como para a industrialização e, ainda, rapidez na multiplicação de novas cultivares (PECAUT, 1993).

Por outro lado, a propagação por sementes não é recomendável, pois forma plantas heterogêneas, não reproduzindo exatamente os caracteres da planta-matriz, originando grande quantidade de plantas espinhosas, com capítulos de baixa consistência e qualidade, baixa precocidade (CAMARGO, 1992; GIL ORTEGA, 1996). Segundo Cravero (2001), essa heterogeneidade se deve à alta heterozigose dos clones que originam as sementes. Além disso a propagação sexual é limitada pela baixa produção de sementes.

Diante dos problemas existentes com a multiplicação sexual e vegetativa, a micropropagação surge como uma alternativa para a produção de mudas de alta qualidade sanitária, com elevada uniformidade entre os clones.

Segundo Cravero (2001), a micropropagação permite produzir uma população grande, homogênea e livre de enfermidades, permitindo, também, a rápida instalação de genótipos selecionados em uma região específica (LAUZAR & VIETH, 1990). Esta técnica tem proporcionado resultados interessantes em outras espécies, o que ainda não se alcançou em alcachofra (GIL ORTEGA, 1996).

### 2.4.2 Micropropagação

A propagação vegetativa *in vitro*, também denominada de micropropagação, por causa do tamanho dos propágulos utilizados, é a aplicação mais prática da cultura de tecidos e aquela de maior impacto econômico (GRATTAPAGLIA & MACHADO, 1998).

No caso da alcachofra, isso tem se difundido por vários motivos, como possibilidade de aumento rápido do número de indivíduos geneticamente idênticos a partir de plantas selecionadas, produção de mudas durante todo o ano, mesmo em regiões nas quais as plantas não apresentam condições para a propagação sexuada, produção de plantas com elevada qualidade sanitária, em geral livres de bactérias, fungos e nematóides, obtenção de plantas altamente homogêneas a partir de plantas heterozigotas, possibilitando o aproveitamento da heterose, sem as limitações da produção de semente, possibilidade de conservação de germoplasma, garantindo a biodiversidade e melhoramento genético de plantas por meio da associação de métodos de cultura de tecidos e regeneração de plantas *in vitro* (SERAFINI, 2002).

Segundo o autor, o objetivo dessa técnica é a obtenção de plantas geneticamente idênticas à planta-matriz, em geral, selecionada pelas suas qualidades agronômicas e composição química dentre uma população heterogênea.

A micropropagação é realizada mediante uma série de estádios, cada um com objetivos diferentes (MURASHIGE, 1974). O estágio inicial (Estádio 0) envolve o cultivo de plantas doadoras de explantes, o segundo ( Estádio I) compreende o estabelecimento da

cultura asséptica, onde é preciso definir o tipo de explante a ser utilizado e o estímulo necessário ao seu crescimento em condições de isolamento *in vitro*; o terceiro (Estádio II) tem por objetivo a obtenção de grande quantidade de plantas, a partir de rotas organogênicas ou embriogênicas, diretas ou indiretas, em sucessivas subculturas e o último (Estádio III) tem como objetivos o enraizamento e aclimatização. No Estádio II é possível aumentar e manter o estoque de plantas em condições *in vitro* por tempo ilimitado. Este aumento no estoque de plantas depende basicamente da técnica utilizada, do tipo de explante, do número e intervalo dos subcultivos e da taxa de multiplicação que é obtida em cada subcultivo.

A variabilidade existente na resposta morfogênica *in vitro*, não apenas entre espécies do mesmo gênero, mas também de genótipos da mesma espécie, leva à necessidade de se definirem protocolos diferenciados da cultura de tecidos (GRATTAPAGLIA & MACHADO, 1998). Os tecidos com alto potencial morfogênico podem se diferenciar diretamente em gemas, sem passar pela fase de calo, num processo denominado organogênese direta, ou pelo processo de diferenciação das gemas para a formação de um novo órgão, que é precedido da formação de calos. A partir das células não organizadas do calo surgem gemas adventícias e se desenvolvem em novas partes aéreas, esse processo denomina-se organogênese indireta (GRATTAPAGLIA & MACHADO, 1998).

Segundo Caldas et al. (1998), a composição e concentração hormonal no meio de cultura determinam o crescimento e o padrão de desenvolvimento na maioria dos sistemas de cultura de

tecidos. Para isso, as auxinas, citocininas e giberelinas são as classes de reguladores de crescimento mais utilizadas.

As auxinas atuam no alongamento celular, dominância apical, formação de raízes adventícias e embriogenese somática. Os principais tipos de auxinas sintéticas são: ANA (ácido naftalenoacético, 2-4D (ácido diclorofenolacético), ao passo que as que ocorrem naturalmente nas plantas são: o AIA (ácido indolacético) e o IBA (ácido indolbutírico) (TRIGIANO & GRAY, 2010). Conforme esses autores, as citocininas promovem a divisão celular, proliferação de brotos e a formação de calos, sendo que as mais utilizadas são a zeatina, kinetina, 2iP. Elas promovem a formação de brotos axilares. Entre as giberelinas, a mais usada é o GA3, com a função estimular o alongamento da planta.

Brutti et al. (2000) afirmaram que as pesquisas sobre propagação *in vitro* de alcachofra estão limitadas às cultivares européias e à cv. Green Globe. Segundo Mauromicale & Ierna (2000), pesquisas relacionadas à micropropagação de alcachofra têm sido limitadas a um grupo restrito de cultivares, sendo utilizada para propagação comercial somente na Itália.

A difusão desta prática em escala comercial esbarra no elevado custo comercial das mudas produzidas por cultura de meristemas (MAUROMICALE & IERNA, 2000). Assim, a micropropagação, já amplamente utilizada com sucesso em numerosas espécies, é uma técnica ainda recente em alcachofra. Nessa espécie os estudos iniciaram na década de setenta e tem encontrado algumas dificuldades, como a dificuldade de esterilização do material utilizado como fonte de explante, em virtude da proximidade dos órgãos

utilizados com contaminantes do solo, como bactérias, e a dificuldade de formação e indução de raízes.

Além disso, a baixa taxa de multiplicação é considerada uma limitação da micropropagação de alcachofra (BRUTTI et al., 2000). No entanto, na Itália tem ocorrido sucesso em protocolos para assepsia, isolamento, multiplicação e enraizamento *in vitro*, bem como aclimatização com o uso de micorrizas de genótipos precoces de alcachofra (MORONE FORTUNATO, 1982; MORONE FORTUNATO & TAGARELLI, 1989; MORONE FORTUNATO & RUTA, 2003; MORONE FORTUNATO et al., 2005).

Boscardin et al. (2007), ao avaliarem meios de isolamento de ápices caulinares da cv. Nobre, e agentes bactericidas no meio de cultura, para controle das contaminações iniciais, concluíram que a gentamicina ( $20 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e o hipoclorito de sódio ( $1 \text{ ml.L}^{-1}$ ) foram os mais efetivos. Da mesma forma, Suzin et al. (2008), ao tratarem brotos com diferentes agentes bactericidas, observaram que, tanto o cloreto de mercúrio a 1% como o hipoclorito de sódio a 50%, resultaram em índices de contaminação bem inferiores ao tratamento-controle, onde não foi usado nenhum tipo de agente desinfestante.

Quanto à fase de multiplicação *in vitro*, Augustin et al. (2006) avaliaram três meios de cultura para a cv. Nobre, obtendo uma taxa de multiplicação de 2,68 quando se utilizou o meio de multiplicação constituído de MS +  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  IBA +  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  Kinetina. Visando aumentar as taxas de multiplicação dessa cultivar. Grandó et al. (2009) obtiveram melhores resultados na ausência de ANA, com taxa de multiplicação de aproximadamente 2,5:1, considerada ainda baixa para produção comercial de plantas em larga

escala. Estes resultados sugerem a necessidade de avaliação de diferentes tipos e combinações de reguladores de crescimento no estágio de multiplicação para esta cultivar.

A aclimatização das mudas oriundas do cultivo *in vitro* foi estabelecida por Comin et al. (2007), que recomendaram o uso do substrato comercial Mecplant e temperatura de 10°C para a eficiente recuperação das plantas.

A micropropagação é uma alternativa para produção de mudas uniformes, com manutenção de características genéticas e livres de viroses e bacterioses. Porém, para que a técnica de micropropagação seja empregada com sucesso na produção de mudas de alcachofra, é necessário desenvolver protocolos adequados para multiplicação *in vitro* dessa cultura.

## **2.5 Bancos de germoplasma e caracterização da variabilidade genética**

A manutenção de bancos de germoplasma é uma prática de grande importância para disponibilizar a variabilidade genética aos programas de melhoramento genético.

Na conservação da biodiversidade genética são utilizadas comunidades e amostras populacionais representativas. Essas amostras podem estar constituídas de diferentes estruturas orgânicas. Dentro das coleções relacionadas com a conservação da diversidade genética, considera-se coleção de germoplasma aquela que mantém genótipos, genes e alelos de uma espécie em particular, obtida de diferentes locais e organizada em estruturas adequadas para promover

a sua conservação, podendo ser utilizados para trabalhos de melhoramento (MORALES et al., 1996).

Segundo Morales & Valois (1996), a principal fonte de germoplasma a ser conservado é a biodiversidade, onde se encontram os recursos genéticos de interesse. O germoplasma que compõe as coleções de recursos genéticos reúne o conjunto de materiais de uma espécie.

Assim, define-se germoplasma como o material que constitui a base física da herança e se transmite de uma geração para outra, através de células reprodutivas. No sentido mais abrangente, germoplasma pode ser considerado como a soma total dos materiais hereditários de uma espécie, e, em seu sentido utilitário, é usado para definir um indivíduo ou clone representando um tipo, espécie ou cultura passível de ser mantido em um repositório (ALLARD, 1970; MORALES & VALOIS, 1996).

Segundo Morales & Valois (1996), acesso de germoplasma é o termo utilizado para qualificar toda a amostra de germoplasma que representa a variação genética de uma população ou indivíduo propagado clonalmente.

A utilização eficiente do potencial genético do germoplasma requer conhecimento detalhado dos acessos, embora seja desejável que todo o germoplasma disponível seja caracterizado e avaliado, os esforços devem ser dirigidos para prioridades fundamentadas em objetivos bem definidos (MORALES et al., 1996).

Conforme Morales et al. (1996), na conservação e uso de germoplasma é fundamental que sejam estabelecidos procedimentos que permitam identificar e estimar a variabilidade genética, obter

amostras representativas das populações, conservar a variabilidade genética existente e, principalmente, caracterizar e avaliar germoplasma com a finalidade de estimar seu potencial utilitário e manter disponíveis as amostras representativas da variação genética.

No melhoramento genético, é de fundamental importância o conhecimento da variabilidade genética disponível em uma população em relação aos caracteres de maior interesse agrônomo, assim como estimar os valores de herdabilidade para os diferentes caracteres, a fim de utilizá-los como critérios seletivos (CRAVERO et al., 2002).

Estudos de caracterização de germoplasma visam o maior conhecimento do germoplasma conservado. Conforme Nass et al. (2001) a caracterização pode ser morfológica, reprodutiva, agrônoma, bioquímica, citogenética e molecular.

A caracterização de germoplasma refere-se à observação, mensuração e documentação de características herdáveis em uma coleção, sendo que os dados permitem identificar e classificar os acessos, construir um catálogo de descritores rico em informações biológicas, e entender a diversidade genética da espécie estudada (NASS, 2007; FALEIRO, 2008). A caracterização tradicional baseia-se em descritores morfológicos que possibilitam a separação dos acessos da coleção.

De acordo Moreira et al. (1994), na classificação dos acessos, pode-se realizar o agrupamento destes com base em suas similaridades genéticas, facilitando o manuseio da coleção em programas de melhoramento.

Conforme Cui et al. (2001), divergência genética está relacionada ao grau em que as populações se distanciam umas das outras quanto a um conjunto de caracteres. Desta forma, estudos de divergência genética oferecem parâmetros para o melhor aproveitamento das interações existentes entre um conjunto de variáveis e para a identificação de progenitores, que quando cruzados permitam maior efeito heterótico na progênie e maior probabilidade de se obter genótipos superiores, em populações segregantes (CRUZ, 1990; CRUZ & REGAZZI, 1994; FALCONER & MACKAY, 1996).

Outro fato a ser considerado é que a superioridade dos híbridos é proporcional à distância genética entre os seus progenitores, assim quanto maior for a divergência entre eles maior será a variabilidade resultante na população segregante e maior a probabilidade de reagrupar os alelos em novas combinações favoráveis. Essa distância é avaliada por meio da análise da divergência genética. Nas espécies onde esta relação é verificada, os melhoristas podem contar com um critério rápido e fácil na escolha dos progenitores para os programas de hibridação (MOREIRA et al., 1994; BENIN et al., 2003).

Segundo Cruz (2006), a divergência genética tem sido avaliada por vários procedimentos biométricos. Uma das utilidades do uso dessa técnica é estimar as medidas de dissimilaridade genética com base em variáveis quantitativas, binárias e multicategóricas entre materiais genotípicos.

As técnicas de agrupamento são utilizadas para reunir acessos por meio de algum critério que apresentam similaridade no padrão de comportamento em relação a um conjunto de caracteres.

Os critérios de agrupamento variam de método para método, mas geralmente mantêm o princípio de estabelecer grupos em que a homogeneidade é maior que aquela que existe entre os grupos (CRUZ, 2006). A similaridade pode ser ilustrada por meio de dendrogramas, em que se têm ramificações de forma que o número de acessos de um grupo aumenta gradativamente em função do nível.

A utilização dos métodos de agrupamento requer medidas de similaridade e dissimilaridade. A escolha de uma ou de outra é feita subjetivamente levando em consideração vários fatores como a natureza das variáveis ou as escalas das medidas (FERREIRA, 1993). Em estudos de divergência genética avaliam-se caracteres com grau significativo de correlação, empregando-se a distância generalizada de Mahalanobis mais robusta para esta finalidade (ARUNACHALAM, 1981), desde que os dados obtidos sejam retirados de delineamentos estatísticos que possuam repetições, gerando a matriz de covariância residual.

A caracterização morfológica da coleção é feita, de maneira geral, descrevendo-se as variações entre diferentes populações ou acessos, com posterior classificação em grupos similares para as características observadas (BURT et al., 1980; MOREIRA et al., 1994). A caracterização morfológica dos acessos mantidos em uma coleção e a investigação das relações de vínculo genético entre os acessos são fundamentais para o uso desses em programas de melhoramento, porém, no Brasil, a caracterização de acessos em bancos de germoplasma com base em marcadores morfológicos tem sido muito limitada (FALEIRO et al., 2008). Os autores enfatizam que a caracterização de germoplasma com base em

características agronômicas é particularmente útil em espécies de importância econômica, pois os dados obtidos atraem a atenção direta dos programas de melhoramento.

Segundo Nass (2007) e Walter et al. (2005), os descritores morfológicos têm sido complementados com outros critérios visto que apresentam algumas limitações tais como: pouco polimorfismo o que dificulta o processo de classificação exigindo um grande número de descritores para possibilitar a classificação adequada; algumas características morfológicas podem estar sujeitas as variações ambientais; a caracterização agromorfológica é intensiva em tempo e recursos para sua execução o que tem tornado essa tarefa muito difícil e intimidado a sua execução.

Várias listagens de descritores para diversas culturas já tem sido publicadas a fim de facilitar e uniformizar as atividades de caracterização e avaliação. Ambas as atividades resultam na tomada de dados de uma série de caracteres (descritores) que auxiliam o usuário a identificar os acessos com as características desejadas para sua utilização no melhoramento de plantas.

Descritores podem ser definidos como os atributos ou características inerentes aos acessos de um banco de germoplasma possibilitando a diferenciação entre acessos de uma mesma cultura, para tanto se deve tomar cuidado para não exagerar na quantidade de descritores utilizados (NASS et al., 2001).

Querol (1993) definiu a caracterização como sendo a coleta de dados, sobretudo qualitativos para descrever e com isso diferenciar acessos de uma mesma espécie, o processo de caracterização permite a identificação de caracteres de alta

herdabilidade cuja expressão é pouco influenciada pelas condições ambientais. A avaliação dos acessos envolve caracteres quantitativos, isto é, controlados por muitos genes e que são altamente influenciados pelas condições ambientais (NASS et al., 2001).

De maneira geral, a caracterização morfológica consiste na anotação de descritores botânicos facilmente visíveis ou mensuráveis e que em princípio expressam-se em todos os ambientes. A caracterização fixa-se em aspectos morfológicos e fenológicos, observados de forma sistemática por meio do uso de listas descritivas que conduzem à discriminação dos acessos (VALLS, 1988).

Segundo a UPOV (2002), 57 características vegetativas, fenológicas e produtivas da alcachofra devem ser utilizadas como descritores morfológicos para caracterização de cultivares visando a proteção das mesmas.

Segundo Mauromicale (1984) e Mauro et al. (2009), a maior parte da produção comercial de alcachofra é baseado no cultivo de clones perenes propagados vegetativamente. O número total de clones geneticamente distintos em cultivo é difícil de determinar com precisão, mas apenas 11–12 são considerados serem de maior importância comercial (BASNIZKI & ZOHARY, 1994). Estes clones têm sido discriminados um do outro com base na morfologia do capítulo forma, tamanho, presença/ausência de espinhos (PORCEDDU et al., 1976) e/ou tempo de colheita (MAUROMICALE & IERNA, 2000).

Dellacecca et al. (1976) detalharam um coleção de 115 cultivares de alcachofra para distintos caracteres morfológicos e produtivos. A variabilidade entre os cultivares foi devido

principalmente à precocidade, floração, ramificação do caule floral, altura e rapidez de emissão do capítulo. Os capítulos se diferenciaram pela forma, volume, cor, espinhosidade, tamanho e forma das brácteas e do receptáculo floral. A maioria destes caracteres apresenta uma herança de tipo poligênica (DE PACE, 1981). As diferenças poligênicas entre indivíduos de uma população de plantas de alcachofra são mais acessíveis que as devido a genes simples (SINNOT, 1935).

Em alcachofra, diversos trabalhos empregando a caracterização morfológica e análise de agrupamento foram realizados com a finalidade de selecionar indivíduos com genótipos superiores a serem utilizados em programas de melhoramento (ASPRELLI et al., 2001; CRAVERO et al., 2002; MAURO et al., 2009).

Em trabalho realizado por Cravero et al. (2002), os caracteres mais importantes para evidenciar a variabilidade total entre as famílias S1 de alcachofra foram: largura e comprimento das folhas, peso e número de capítulos secundários, altura do capítulo principal, peso do fundo do capítulo principal e número de dias de colheita.

Asprelli et al. (2001), ao analisaram características vegetativas, produtivas e de qualidade de clones de alcachofra de diferentes procedências, observaram alta variabilidade, sendo possível também avaliar o componente genético destas características pelo cálculo da herdabilidade. A análise de agrupamento permitiu agrupar os clones em cinco grupos com características homogêneas, sendo possível identificar grupos com maior rendimento, maior porte de planta e melhor qualidade de capítulo. Os autores concluíram que a seleção de plantas superiores poderiam se basear em poucas

características como rendimento de mercado, peso e forma do capítulo primário.

Mauro et al. (2009) coletaram 24 acessos silvestres de pequenas propriedades no interior da Sicília para estudo de variabilidade genética e molecular e verificaram que a maior variação foi em relação ao peso do capítulo principal, havendo correlação entre o peso fresco do capítulo primário e a produção total.

A existência de variabilidade genética que propicie à seleção de genótipos superiores somada a possibilidade de multiplicação vegetativa e hibridações permite o desenvolvimento do melhoramento e posterior manutenção da uniformidade dos híbridos e clones (CONTRY et al., 1999).

O estudo e a análise da variabilidade genética disponível é um dos primeiros passos para o melhoramento de qualquer espécie. Segundo Cointry (2001), o melhoramento de alcachofra deve deter-se em duas possibilidades: (a) na geração de um *pool* de germoplasma com variabilidade genética significativa e a posterior seleção dos genótipos superiores, segundo os critérios de seleção fixados e a (b) utilização dos indivíduos selecionados para obter clones superiores propagados por brotações ou para geração de tanto de linhas homozigotas obtidas por diferentes sistemas de endocruzamento, seguido pela produção de híbridos F1, ou uma nova variedade de polinização aberta.

Dado que o melhoramento genético de alcachofra deve responder as exigências do mercado consumidor tanto para consumo *in natura* como industrializado, a seleção deve aplicar-se não somente a caracteres quantitativos como produtividade e data de maturação do

capítulo, mas também as características qualitativas do capítulo como cor, firmeza e forma do capítulo (MAUROMICALE & COPANI, 1989). Desta forma, características de produtividade e qualidade devem ser levadas em consideração em estudos de variabilidade genética a ser utilizado em programas de melhoramento genético.

## CAPÍTULO I

### CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM ACESSOS DE ALCACHOFRA VISANDO A SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA CONSUMO *IN NATURA*

ANGÉLICA REOLON DA COSTA<sup>1</sup>

<sup>2</sup>**RESUMO** - Para incentivar o consumo *in natura* de alcachofra no sul do Brasil é importante a seleção de genótipos destinados a esta finalidade. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a variabilidade genética em uma coleção constituída de 19 genótipos de alcachofra estabelecida na Universidade de Passo Fundo, a fim de selecionar materiais aptos para o consumo *in natura*. A coleção foi constituída por acessos oriundos de hortas domésticas da região norte do Rio Grande do Sul, por variedades comerciais e materiais internacionais. Os materiais foram avaliados quanto a vinte caracteres quantitativos, seis multicategóricos e dois binários. Os dados quantitativos foram submetidos às análises de variância e multivariada, mediante a estimativa da distância Mahalanobis, contribuição relativa para divergência genética e agrupamento hierárquico pelo método Ward. Para as variáveis multicategóricas e binárias caracterizou-se a população quanto à porcentagem de plantas presentes em cada classe das variáveis avaliadas. Os caracteres com maior contribuição relativa para a divergência genética foram: espessura do fundo, razão massa fresca do fundo/massa fresca do

---

<sup>1</sup>Bióloga, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (ppgAgro) da FAMV/UPF, Área de concentração em Produção Vegetal.

capítulo, diâmetro do fundo, comprimento da bráctea externa, comprimento do capítulo primário, comprimento da base das brácteas, altura da planta, diâmetro da planta, diâmetro do capítulo primário, comprimento de folhas e espessura da base das brácteas, representando 79,54% da variabilidade. A análise de agrupamento revelou a existência de quatro grupos, sendo o grupo I agregou os acessos com as melhores características para consumo *in natura*. Os genótipos Romanesca 1, Verde redonda, Verde Redonda Melhorada e Violeta de Sicília podem ser utilizados como progenitores em cruzamentos dentro de um programa de melhoramento ou para a multiplicação clonal .

**Palavras chave:** Avaliação de germoplasma, caracterização morfológica, *Cynara cardunculus* [var. *scolymus* (L.) Fiori], divergência genética

**MORPHOPHYSIOLOGY CHARACTERIZATION IN ACCESS  
OF ARTICHOKE SEEKING THE SELECTION OF  
MATERIALS FOR USE *IN NATURA***

**ABSTRACT** - To encourage consumption of fresh artichoke in southern Brazil, it is important to select genotypes for this purpose. This work was designed with the purpose to assess the genetic variability in a collection consisting of 19 artichoke genotypes established at University of Passo Fundo, in order to select materials suitable for fresh consumption. The collection consisted of accession coming from home gardens, commercial varieties and international materials. The materials were evaluated for twenty-four quantitative traits, six semiquantitative and two binaries. Quantitative data were subjected to analysis of variance and multivariate analysis by estimating the Mahalanobis distance, the relative contribution to genetic divergence and hierarchical clustering by the Ward method. For binary and multicategoric variables the population was characterized in relation to the percentage of plants in each variables class. Traits with the highest relative contribution to divergence were: thickness of the fund, rate fresh weight mass of the fund/fresh weight of capitulum ratio, the fund diameter, length of the external bract, length of the primary capitulum, length of the bracts base, plant height, plant diameter, diameter of the capitulum leaf length and thickness of the base of the bracts, representing 79.54% of the variability. Cluster analysis revealed four groups, group I aggregated the accessions with the best characteristics for fresh consumption. The

access Romanesque 1, Round Green, Round Improved Green and Violet of Sicily can be used as parents in crosses within a breeding program or for clonal multiplication.

**Keywords:** Germoplasm evaluation, morphological characterization, *Cynara cardunculus* [var. *scolymus* (L.) Fiori], genetic divergence

## 1 INTRODUÇÃO

A alcachofra é uma hortaliça consumida *in natura* ou industrializada. No consumo *in natura* a parte comestível são as brácteas carnosas do receptáculo floral. Para a produção de alimentos industrializados, capítulos ainda fechados são utilizados para o preparo de conservas. Além do uso na alimentação, a alcachofra apresenta interessantes propriedades medicinais que beneficiam as atividades gastrintestinais, hepáticas e cardíacas.

Segundo Cointry et al. (1999), o melhoramento da alcachofra deve basear-se na criação de um *pool* de germoplasma viável, na seleção de indivíduos superiores a partir desse *pool* gênico e na utilização dos indivíduos selecionados para criar uma variedade superior ou para criação de linhas e híbridos através de cruzamentos. Ainda, segundo o autor, um passo importante à constituição de genótipos com uniformidade varietal é a multiplicação *in vitro*.

Portanto, do ponto de vista do melhoramento genético, o conhecimento da variabilidade genética disponível em uma população em relação aos caracteres de maior interesse agrônômico é de fundamental importância a fim de utilizá-los como critérios seletivos (COINTRY et al., 1999; ASPRELLI et al., 2001; CRAVERO et al., 2002). Desta forma, a caracterização morfológica do germoplasma existente e disponível é uma das etapas básicas para se proceder a seleção e o melhoramento genético.

A caracterização de germoplasma refere-se à observação, mensuração e documentação de características herdáveis em uma coleção, os dados coletados permitem identificar e classificar os

acessos e construir um catálogo de descritores rico em informações biológicas, portanto objetiva entender a diversidade genética da espécie estudada (NASS, 2007).

A caracterização tradicional baseia-se em descritores morfológicos que possibilitam a separação dos acessos da coleção. Várias listagens de descritores para diversas culturas já tem sido publicadas a fim de facilitar e uniformizar as atividades de caracterização e avaliação. Para a cultura da alcachofra foram estabelecidas 57 características vegetativas, fenológicas e produtivas da cultura que devem ser utilizadas como descritores morfológicos para caracterização de cultivares visando à proteção das mesmas (UPOV, 2002). A tomada de dados a respeito desses caracteres ou descritores auxilia o usuário a identificar os acessos com as características desejadas para sua utilização no melhoramento de plantas. Descritores podem ser definidos como os atributos ou características inerentes aos acessos de um banco de germoplasma possibilitando a diferenciação entre acessos de uma mesma cultura, para tanto se deve tomar cuidado para não exagerar na quantidade de descritores utilizados (NASS et al., 2001).

A necessidade de interpretar e avaliar simultaneamente diversos caracteres torna necessária a utilização de técnicas de análise estatística especiais. Da mesma forma, a seleção de plantas visando o melhoramento genético, exige a análise de um grande número de caracteres que visam satisfazer as exigências do mercado consumidor (CRAVERO et al., 2002).

Segundo Cruz (2006), a divergência genética tem sido avaliada com base em técnicas multivariadas a fim de estimar as

medidas de dissimilaridade genética com base em variáveis quantitativas, binárias e multicategóricas, entre materiais genotípicos destinados para a avaliação. Segundo Cravero et al. (2002), as técnicas estatísticas como a análise multivariada além de permitir a análise de várias características simultaneamente, ainda permite o aproveitamento das interações existentes entre um conjunto de variáveis. Estes modelos estatísticos permitem a separação dos acessos da coleção em grupos conforme o grau de similaridade dos mesmos.

Nesse sentido, a análise de agrupamento constitui um instrumento adequado para maior parte das inter-relações presentes em um conjunto de variáveis, possibilitando a identificação de genótipos com maior homogeneidade, determinando assim quais das características avaliadas têm maior contribuição relativa para a separação dos diferentes genótipos (SUGIYARTO et al., 1984; CRUZ, 1990; ARIYO, 1993; AMARAL JUNIOR et al., 1996).

Em alcachofra, a análise multivariada tem sido utilizada como ferramenta de estudo e organização da variabilidade genética de população de clones ou de famílias de autofecundação e híbridos (ASPRELLI et al., 2001; CRAVERO et al., 2002; MAURO et al., 2009).

O cultivo de alcachofra roxa de boa qualidade para consumo *in natura* representa uma alternativa econômica considerável para os produtores. Desta forma, o desenvolvimento da cultura da alcachofra na região norte do Rio Grande do Sul surge como uma alternativa para o aproveitamento da mão-de-obra familiar e para a fixação do homem ao campo, oferecendo um novo produto

alimentício que possui propriedades medicinais. Além de evitar o êxodo rural, o desenvolvimento da cultura poderá promover um impacto econômico e ambiental, mediante a viabilização econômica das pequenas propriedades, devido à rentabilidade da cultura e quebra da monocultura da soja.

Para implementação da cultura na região há necessidade de identificação de genótipos de alcachofra roxa com características de interesse econômico e aptos para o consumo *in natura*, bem como, bem como a disponibilização de mudas de boa qualidade aos produtores.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de caracterizar, com base em descritores morfológicos, uma coleção de germoplasma de alcachofra, a fim de acessar a variabilidade genética, bem como selecionar e indicar genótipos com aptidão para consumo *in natura*. Com isso, é possível o melhor aproveitamento dos materiais existentes, identificar progenitores que quando cruzados permitam um maior efeito heterótico na progênie e a possibilidade de obter genótipos superiores em gerações segregantes.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV da Universidade de Passo Fundo/RS a 28°15' S, 52°24" W e a 687 metros de altitude, no período de abril a dezembro de 2009. O clima da região é subtropical úmido (Cfa), segundo Köppen (MORENO, 1961).

Inicialmente, foi organizada uma coleção de germoplasma, com a introdução de cultivares comercial e acessos sem origem

definida, obtidos em hortas domésticas, Feira do Produtor, Feira Ecológica de Passo Fundo e materiais internacionais cedidos pela Cooperativa de Erechim Ltda. Além disso, realizou-se uma coleta de material roxo, da variedade São Roque, no município de São Roque, São Paulo ( Tabela 1).

**Tabela 1** – Identificação, local de origem e número de plantas dos acessos da coleção de germoplasma Passo Fundo/RS, FAMV- UPF, 2009

<b>Acessos</b>	<b>Local de origem ou Cultivar</b>	<b>Número de plantas por genótipo</b>
A1	Roxa de São Roque/São Paulo	2
A2	Romanesca 1/ Argentina	10
A3	Romanesca 2/ Argentina	3
A4	Violeta de Sicília/ Itália	6
A5	Passo Fundo	2
A6	Passo Fundo – Delci	5
A7	Passo Fundo	1
A8	Espumoso horta 1	16
A9	Espumoso horta 2	3
A10	Espumoso horta 3	4
A11	Colorado	21
A12	Erechim	21
A13	Salvador do Sul	21
A14	Passo Fundo	1
A15	Passo Fundo - Gelson	6
A16	Passo Fundo	1
A17	Passo Fundo	1
A18	São Valentin, Passo Fundo	5
A19	São Valentin, Passo Fundo	semeadas na próxima estação
A20	Passo Fundo	semeadas na próxima estação
A21	Passo Fundo	2
A22	Passo Fundo	2
A23	Espumoso viveiro	20
A24	Israel 3	6
A25	Israel 4	3
A26	Israel 20	4
A27	Violeta Romana	19
A28	Roxa Romana	40
A29	Roxa Redonda	66
A30	Verde redonda	40
A31	Verde red. melhorada	86

Os exemplares foram constituídos de brotos jovens obtidos das plantas mães disponíveis no local de coleta, bem como de mudas oriundas de sementes, no caso de algumas cultivares comerciais. Os exemplares obtidos em forma de brotos, foram catalogados, identificados mediante termo de doação do germoplasma por parte do doador.

A preparação do solo foi feita conforme as recomendações da COTREL (Cooperativa Tritícola de Erechim Ltda) para o estabelecimento da cultura de alcachofra. Realizou-se aplicação prévia de calcário e subsolagem profunda cruzada, com aplicação de adubação base que se constituiu em 30 m<sup>3</sup>/ha de cama de aviário e adubação química complementar em uma quantidade de 300 kg/ha de 05-30-15.

As plantas foram estabelecidas em abril, maio e junho com espaçamento entre plantas de 60 cm e entre camaleões de 1 m, e foram dispostas em grupos de acordo com o genótipo a que pertencia. No campo foram realizados tratamentos culturais (adubação, irrigação e tratamento fitossanitário) necessários para manutenção da coleção.

Do total de 31 acessos apenas os acessos com no mínimo três repetições foram avaliados. Assim neste estudo foram avaliados 19 acessos incluindo cinco cultivares comerciais (Tabela 2). Para fins de avaliações estatísticas foram escolhidos acessos com no mínimo três plantas, sendo que destas foi avaliado o capítulo primário em estágio comercial, estágio D (Foury, 1967) e estágio 4 (Baggio et al., 2009).

**Tabela 2** - Identificação, origem e cor do capítulo dos 19 genótipos avaliados, Passo Fundo/RS, FAMV- UPF, 2009

<b>Sigla</b>	<b>Origem</b>	<b>Cor do capítulo</b>
G1 Violeta de Sicília	Itália	Roxa
G2 Romanesca 1	Argentina	Roxa
G3 Romanesca 2	Argentina	Roxa
G4 Roxa romana	Semente comercial	Roxa
G5 Roxa redonda	Semente comercial	Roxa
G6 Violeta romana	Semente comercial	Roxa
G7 Espumoso viveiro	Espumoso	Verde
G8 Espumoso horta 1	Espumoso	Verde
G9 Espumoso horta 2	Espumoso	Verde
G10 Espumoso horta 3	Espumoso	Verde
G11 Erechim	Erechim	Verde
G12 Delci	Passo Fundo	Verde
G13 Colorado	Colorado	Verde
G14 Gelson	Passo Fundo	Verde
G15 Israel 3	Israel	Roxa
G16 Israel 4	Israel	Roxa
G17 Israel 20	Israel	Roxa
G18 Verde redonda	Semente comercial	Verde
G19 Verde redonda M.	Semente comercial	Verde

Os acessos foram caracterizados conforme os descritores de alcachofra (UPOV 2002), sendo vinte quantitativos, dois binários e seis multicategóricos. As características quantitativas avaliadas foram:

- Altura da planta (AP), desde o solo até a extremidade do capítulo primário;
- Diâmetro da planta (DP), medido de um extremo das folhas maiores até o extremo das folhas opostas;
- Comprimento do pedúnculo floral (CPF), desde o solo até a inserção do capítulo primário;
- Diâmetro da haste principal (DTP), medido dez centímetros abaixo da inserção do capítulo primário;
- Número de folhas (NF) foi considerado todas as folhas no momento da colheita;

- Comprimento de folhas (CF), medida da maior folha desde sua inserção no talo até a extremidade oposta;
- Largura de folhas (LF), medida da parte mediana da maior folha;
- Número de brotações laterais (NBL) total de brotações formado após o período de colheita;
- Massa fresca do capítulo primário (PFC);
- Comprimento do capítulo primário (CCP);
- Diâmetro do capítulo primário (DCP);
- Comprimento da base das brácteas (CBB), medida da porção comestível das brácteas;
- Largura da base das brácteas (LBB), medida da porção comestível das brácteas;
- Espessura da base das brácteas (EBB), medida da porção comestível das brácteas;
- Comprimento da bráctea externa (CBE), da extremidade inferior até a extremidade superior da bráctea.
- Espessura do fundo (EF);
- Massa fresca do fundo (PF);
- Diâmetro do fundo (DF);
- Número de capítulos secundários (NCS) coletados por planta;
- Razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário (RP).

Para os caracteres multicategóricos foram atribuídos códigos seqüenciais numéricos, (UPOV, 2002). As seguintes características multicategóricas foram avaliadas:

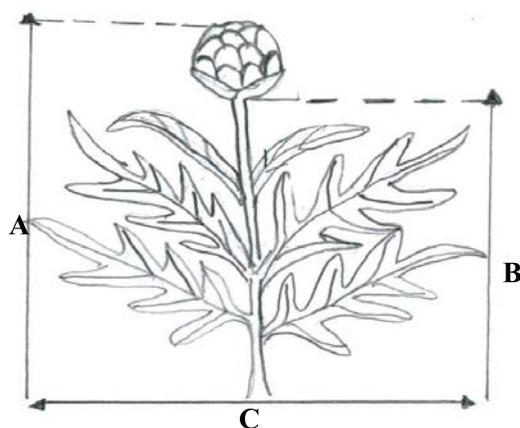
- Forma do capítulo primário (FCP): C1- circular, C2- elíptico, C3- oval, C4- triangular e C5- elíptico largo transverso;
- Formato da ponta do capítulo (FPC): C1- aguda C2- redonda, C3- plana 4- depressão;
- Intensidade da cor verde nas folhas (ICV): C3- claro C5- médio, C7- escuro;
- Pigmentação antociânica do pecíolo (PAC): C1- ausente, C3- fraca, C5- média, C7- forte, C9- muito forte;
- Formato da ponta das brácteas externas (FPB): C1- agudo, C2- plano, C3- emarginado;
- Coloração externa das brácteas (CEB): C1- verde, C2- verde rajado de violeta, C3- violeta rajado de verde, C4- principalmente violeta, C5- completamente violeta.

Quanto às características binárias também foram atribuídos códigos seqüenciais numéricos (UPOV, 2002), as seguintes avaliações foram realizadas:

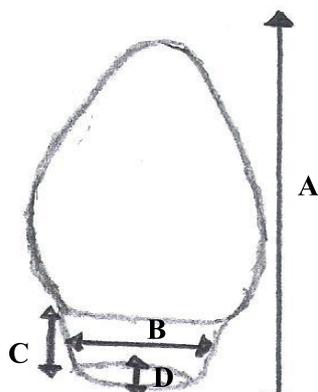
- Presença de espinhos nas brácteas (PSB): C0- ausente, C1- presente;
- Curvatura da ponta das brácteas (CPB): C1- ausente, C9- presente.

As figuras 1 a 5 apresentam o aspecto geral da estrutura da planta, do capítulo primário, das brácteas externas e do fundo,

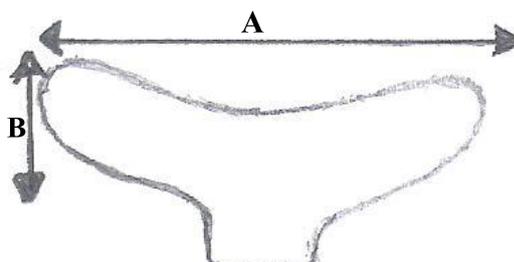
mostrando em detalhes o modo com que foram tomadas as medidas dos caracteres quantitativos: altura da planta, comprimento do pedúnculo floral, diâmetro da planta, largura da base das brácteas externas, altura da base das brácteas externas, espessura da base das brácteas externas, diâmetro do fundo e espessura do fundo, bem como os parâmetros utilizados para definir formato de capítulo (UPOV, 2002).



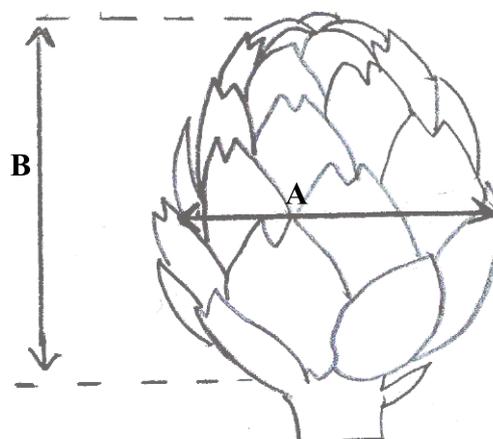
**Figura 1-** Vista frontal da planta e aspectos detalhados de como foram obtidas as medidas da altura (A), comprimento do pedúnculo floral (B) e diâmetro da planta (C). Fonte: UPOV (2002).



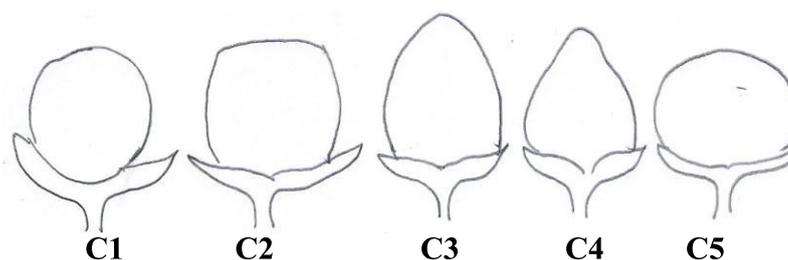
**Figura 2** - Vista frontal da bráctea externa, mostrando como foram obtidas as medidas de comprimento das brácteas externa (A), largura da base das brácteas externas (B), altura da base das brácteas externas (C), espessura da base das brácteas externas (D). Fonte: UPOV (2002).



**Figura 3** - Vista lateral do receptáculo floral mostrando em detalhe como foram obtidas as medidas de diâmetro do fundo (receptáculo floral) (A) e espessura do fundo (B). Fonte: UPOV (2002).



**Figura 4** - Vista frontal do capítulo primário mostrando em detalhe como foram obtidas as medidas de diâmetro do capítulo primário (A) e comprimento do capítulo primário (B). Fonte: UPOV (2002).



**Figura 5** - Vista frontal de capítulos primários de alcachofra, mostrando detalhes de como foram avaliados quando a característica semiquantitativa forma do capítulo primário, circular (C1), elíptico (C2), oval (3), triangular (C4) e elíptico largo transversal (C5), Fonte: UPOV (2002).

Os dados quantitativos foram submetidos à análise de variância, seguida da análise multivariada. Nessa última, foi obtida a matriz de distância de Mahalanobis, contribuição relativa dos caracteres

para a divergência genética e um dendrograma, utilizando-se o método de Ward. A partir da análise de agrupamento, os grupos constituídos foram comparados entre si pela análise de variância e comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade de erro, sendo os grupos constituíram os tratamentos e os acessos as repetições. Para os dados multicategóricos e binários a população foi caracterizada quanto à porcentagem de acessos encontrados para cada classe dos caracteres avaliados. As análises estatísticas foram realizadas pelos programas estatísticos Genes (Cruz, 2001) e COSTAT (CoHort SoftWare, 2003).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Análise de divergência genética na coleção com base em caracteres quantitativos**

A análise de variância evidenciou diferenças altamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre os acessos para a maioria das variáveis analisadas (Apêndice 1). Estes resultados indicam a existência de variabilidade genética entre os acessos da coleção de germoplasma avaliada. As variações que se observaram entre acessos de plantas, podem ser causadas por diferenças genéticas, ambientais e ocasionalmente pela interação genótipo X ambiente (TAMARIN, 1996).

Foi observado que há diferenças de comportamento entre os acessos com relação aos valores médios das características avaliadas, sendo esta diferença bastante acentuada entre os indivíduos em geral, sugerindo a existência de variabilidade também dentro dos

genótipos avaliados, que é um fator limitante no planejamento de um programa de melhoramento quando se busca a uniformidade do produto (Apêndice 2).

Os acessos apresentaram diferença significativa para altura de planta, diâmetro de planta, comprimento do pedúnculo floral, diâmetro do talo principal, largura de folha e comprimento de folha (Apêndice 1).

A massa fresca dos capítulos primários mostrou variabilidade significativa entre os acessos, com valores extremos inferiores de 47,09g e superiores de 280,04g.

Asprelli et al. (2001), avaliando uma população de clones de alcachofra encontraram variabilidade para massa de capítulos primários, com valores extremos inferiores de 120 g (cv. Green Globe) e superiores de 313 g (clone 51-B-2).

O menor valor de massa fresca dos capítulos primários observado no presente trabalho foi menor que o obtido por Asprelli et al. (2001). Este resultado pode ser atribuído aos acessos eram materiais não comerciais de origem desconhecida, os quais apresentam capítulos de menor tamanho e não possuem aptidão para consumo *in natura*. Da mesma forma, o valor superior para esse caractere foi inferior ao observado pelos referidos autores, indicando a necessidade de introdução de genótipos melhores, para esta característica, na coleção.

Conforme Asprelli et al. (2001) o diâmetro dos capítulos reflete o tamanho dos mesmos, enquanto que o comprimento dos capítulos define o formato, grande variação para essas características

também foi encontrada pelos autores em estudo realizado em uma população de clones.

Houve variabilidade fenotípica quanto às partes comestíveis dos capítulos primários. O diâmetro, espessura e massa fresca do fundo, contribuíram significativamente para a variação entre os acessos (Apêndice 1). Estes resultados mostram a possibilidade de seleção de acessos com fundos de maior tamanho, sendo esta uma característica agrônômica importante para o mercado *in natura*.

Asprelli et al. (2001) observaram, avaliando 25 clones de alcachofra oriundos de diferentes países, as seguintes variações: de 42 a 73 mm para diâmetro do capítulo principal; de 19 a mais de 30 mm para espessura do fundo e de 30 a 113 g para massa fresca do fundo do capítulo primário.

Os acessos apresentaram variabilidade para as dimensões das brácteas externas. Asprelli et al. (2001), encontraram variabilidade fenotípica para as dimensões das brácteas entre diferentes clones. A existência de acessos com superioridade para essas variáveis é altamente relevante no processo seletivo visando à obtenção de genótipos com aptidão para o mercado *in natura*, e que poderão ser utilizados como progenitores em futuros cruzamentos.

O número de capítulos secundários variou entre os acessos de 0 (G4) - Roxa Romana e (G5) - Roxa Redonda a 7 (G12) - Delci. O acesso G12 produziu mais capítulos secundários comparados com outros acessos (Apêndice 2). As cultivares roxas produziram pouco ou nenhum capítulo secundário, sugerindo que o clima e/ou a época de plantio não foram adequados para estas, já que são mais cultivadas na região de São Paulo. Esta característica deve ser melhor investigada

em experimentos subseqüentes, com maior homogeneidade de época de plantio e forma de propagação.

Os acessos variaram significativamente para número de brotações laterais, indicando que não houve distribuição uniforme entre os acessos, tão pouco dentro dos acessos. Os acessos mais prolíficos foram G1 - Violeta de Sicília, G2 - Romanesca 1, G16 - Israel 4, G18 - Verde Redonda e G19 - Verde Redonda Melhorada (Apêndice 2).

Número de brotações laterais e número de capítulos secundários foram características que variaram também dentro dos acessos, uma vez que o coeficiente de variação (Apêndice 1) e desvio padrão (Apêndice 2), foi alto para estas características. Quanto à razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário, também se observa variabilidade entre os acessos.

Atualmente os melhoristas têm recomendado para a formação de populações base, o inter cruzamento entre cultivares superiores e divergentes, essa divergência pode ser avaliada a partir de características agrônômicas, morfológicas e fenológicas.

Os resultados da análise descritiva dos caracteres avaliados, valor máximo e mínimo e a contribuição relativa de cada um dos caracteres quantitativos para a divergência genética na coleção estão apresentados na tabela 3.

**Tabela 3-** Amplitude e contribuição relativa (CR) dos caracteres quantitativos para diversidade genética estimada pela distância de Malahanobis para 19 acessos de alcachofra (dados não padronizados), Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009

<b>Caractere quantitativo</b>	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>	<b>CR (%)</b>
Altura da planta (m)	1,11	0,38	5,28
Diâmetro da planta (m)	1,27	0,47	6,66
Comprimento do pedúnculo floral (cm)	0,97	0,31	0,004
Diâmetro da haste principal (cm)	1,70	0,60	2,72
Número de folhas	25,6	9,66	0,75
Comprimento de folhas (cm)	0,95	0,33	6,35
Largura de folhas (cm)	0,46	0,16	1,27
Número de brotações laterais	4	0	3,57
Massa fresca do capítulo primário (g)	280,04	47,09	1,77
Comprimento do capítulo primário (cm)	10,83	5,0	7,55
Diâmetro do capítulo primário (cm)	13,5	5,25	6,26
Comprimento da base das brácteas (mm)	23,70	11,47	7,32
Largura da base das brácteas (mm)	30,77	14,89	2,68
Espessura da base das brácteas (mm)	7,74	2,87	5,69
Comprimento da bráctea externa (mm)	78,02	28,61	8,34
Espessura do fundo (mm)	15,55	6,59	9,23
Massa fresca do fundo (g)	85,07	15,24	3,55
Diâmetro do fundo (mm)	82,90	39,4	8,42
Número de capítulos secundários	7	0	4,04
Razão massa fresca do fundo/capítulo(g)	0,46	0,11	8,44

A análise multivariada determinou que os caracteres morfológicos com maior contribuição relativa para a diversidade genética da coleção foram: espessura do fundo, razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo, diâmetro do fundo, comprimento da bráctea externa, comprimento do capítulo primário, comprimento da base das brácteas, diâmetro da planta, diâmetro do capítulo primário, comprimento de folhas, espessura da base das brácteas e altura da planta representando 79,54% da variabilidade presente entre os acessos de alcachofra da coleção.

Muitas destas características estão envolvidas na qualidade do capítulo para consumo *in natura*, como espessura do fundo, razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo, diâmetro do fundo, comprimento do capítulo primário, comprimento da base das brácteas, diâmetro do capítulo primário e espessura da base das brácteas.

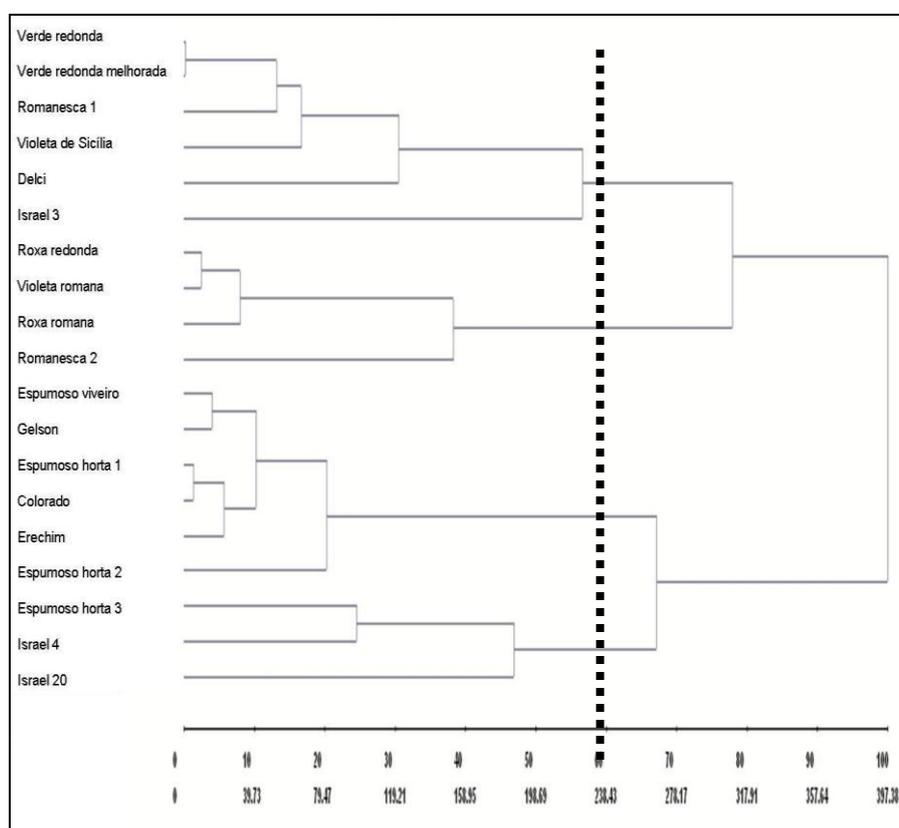
Em estudo de Porceddu et al. (1976), a partir da avaliação de 78 variedades provenientes de distintas zonas de cultivo foi observado que a maior variação existente foi determinada por caracteres de herança quantitativa como massa fresca e forma do capítulo, comprimento do pedúnculo floral, precocidade e duração da colheita. Já, Asprelli et al. (2001) determinaram que as variáveis associadas com a forma e peso da massa fresca do capítulo e do fundo, assim como o rendimento de mercado eram as que melhores explicavam a variação existente em uma população de clones de alcachofra.

Os acessos mais divergentes foram (G2) - Romanesca 1 e (G16) - Israel 4, com distância de 131,68, enquanto que os para os acessos mais similares Verde Redonda e Verde Redonda Melhorada a distância de Mahalanobis foi de 1,40 (Apêndice 3). Tal similaridade pode ser explicada pelo fato de que a Cultivar Verde Redonda Melhorada, se originou de um processo de seleção dentro da Cultivar Verde Redonda.

A seleção de genótipos superiores para determinadas características é realizada em função de um grande número de caracteres utilizados como descritores que apresentam grande variabilidade, o que dificulta o agrupamento e a seleção de genótipos.

Nesse sentido técnicas de agrupamento têm sido utilizadas para reunir acessos, por meio de algum critério, que apresentam similaridade no padrão de comportamento em relação a um conjunto de caracteres.

Com base na matriz de distância Mahalanobis foi gerado um dendrograma, fazendo-se um corte vertical a uma distância de ligação de 60 no agrupamento hierárquico com base nas características avaliadas observou-se a formação de quatro grupos (Figura 6).



**Figura 6** - Dendrograma da similaridade entre os 19 acessos de alcachofra com base em caracteres quantitativos, obtido pelo método de agrupamento Ward, baseado na matriz de distância de Mahalanobis, Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009.

O grupo I inclui os materiais obtidos por propagação sexual e com coloração de capítulo verde ao verde rajado violeta, e materiais como Romanesca 1, genótipo mais cultivado no mundo para consumo *in natura*, Violeta de Sicília, ambos obtidos por propagação assexual. Incluídos nesse grupo ainda encontram-se os acessos G12 coletado em Passo Fundo (Delci) e G15 coletado em Israel (Israel 3).

O grupo II constitui-se das cultivares comerciais Roxa Romana, Roxa Redonda e Violeta Romana as quais continham capítulos espinhosos, de coloração violeta e propagadas por sementes, e do acesso Romanesca 2 material coletado na Argentina.

O grupo III foi formado por acessos de origem desconhecida que foram coletados em hortas domésticas da região, onde eram cultivados com finalidades medicinais e caracterizam a forma mais silvestre da cultura.

O grupo IV destacou-se pela presença de materiais oriundos de inflorescências coletadas em Israel (G16 - Israel 4 e G17 - Israel 20) e Espumoso horta 3 (G8). A tabela 4 apresenta um resumo dos grupos formados, bem os acessos pertencentes a cada grupo, sigla e fotos dos principais representantes de cada um dos grupos formados pelo método de agrupamento.

**Tabela 4** - Identificação dos quatro grupos formados de acordo com os acessos pertencentes a cada grupo, sigla e fotos representativas de alguns acessos encontrados dentro dos grupos, Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009

<b>Grupo</b>	<b>Representantes</b>	<b>Sigla</b>	<b>Fotos</b>
Grupo I	Verde redonda Melhorada	G19	
	Verde Redonda	G18	
	Romanesca 1	G2	
	Violeta de Sicília	G1	
	Delci	G12	
	Israel 3	G15	
Grupo II	Roxa Redonda	G5	
	Violeta Romana	G6	
	Roxa Romana	G4	
	Romanesca 2	G3	
Grupo III	Espumoso Viveiro	G7	
	Gelson	G14	
	Espumoso horta 2	G9	
	Colorado	G11	
	Erechim	G13	
	Espumoso horta 1	G8	
Grupo IV	Espumoso horta 3	G10	
	Israel 4	G16	
	Israel 20	G17	

O resultado da análise de variância demonstrou que existe diversidade altamente significativa entre os grupos para a maioria das características quantitativas avaliadas, com exceção da variável largura de folhas. Tampouco existe variabilidade entre os grupos para espessura de fundo.

Menor grau de variabilidade foi encontrado para as variáveis número de folha e espessura do fundo, as quais não contribuíram significativamente para a variação encontrada entre os grupos (Apêndice 4).

Existiu variabilidade altamente significativa entre os grupos para as características vegetativas altura de planta, diâmetro de planta, comprimento do pedúnculo floral, diâmetro da haste principal, comprimento de folhas e número de brotações laterais e significativa para número de folhas.

Entre os quatro grupos formados as variáveis relacionadas aos capítulos primários como: massa fresca dos capítulos primários, diâmetro dos capítulos primários e comprimento dos capítulos primários também contribuíram significativamente para a variabilidade encontrada.

Com relação às características comprimento da base das brácteas, largura da base das brácteas, espessura da base das brácteas e comprimento das brácteas externas, os resultados obtidos demonstram diversidade altamente significativa entre os grupos.

As variáveis massa fresca do fundo, diâmetro do fundo, número de capítulos secundários e razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário também contribuíram significativamente para a variabilidade encontrada.

Em trabalho realizado por Cravero et al. (2002) as variáveis que mais contribuíram para a variabilidade entre os grupos de famílias formados foram altura de planta, diâmetro do talo principal, comprimento do pedúnculo floral.

**Tabela 5** - Comparação de médias e desvios padrão para os quatro grupos formados pela análise de agrupamento, Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009

Var.	GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV
AP	0,80 <sup>a</sup> ± 0,25	0,45 <sup>b</sup> ± 0,08	0,75 <sup>a</sup> ± 0,13	0,81 <sup>a</sup> ± 0,08
DP	0,87 <sup>a</sup> ± 0,20	0,65 <sup>b</sup> ± 0,18	0,72 <sup>b</sup> ± 0,11	0,89 <sup>ab</sup> ± 0,42
CPF	0,68 <sup>a</sup> ± 0,23	0,36 <sup>b</sup> ± 0,10	0,69 <sup>a</sup> ± 0,19	0,70 <sup>a</sup> ± 0,08
DTP	1,52 <sup>a</sup> ± 0,33	1,35 <sup>ab</sup> ± 0,25	1,08 <sup>c</sup> ± 0,21	1,10 <sup>bc</sup> ± 0,37
NF	19,06 <sup>a</sup> ± 6,77	12,66 <sup>b</sup> ± 3,84	18,06 <sup>ab</sup> ± 4,03	18,57 <sup>ab</sup> ± 4,46
CF	0,63 <sup>a</sup> ± 0,13	0,43 <sup>b</sup> ± 0,12	0,49 <sup>b</sup> ± 0,08	0,56 <sup>ab</sup> ± 0,14
LF	0,30 <sup>a</sup> ± 0,13	0,24 <sup>a</sup> ± 0,13	0,25 <sup>a</sup> ± 0,04	0,25 <sup>a</sup> ± 0,08
NBL	3,17 <sup>a</sup> ± 2,01	0,91 <sup>b</sup> ± 1,37	0,64 <sup>b</sup> ± 1,33	1,57 <sup>ab</sup> ± 1,98
PFC	246,27 <sup>a</sup> ± 61,40	155,64 <sup>b</sup> ± 40,46	84,89 <sup>c</sup> ± 43,40	91,49 <sup>bc</sup> ± 77,51
CCP	9,25 <sup>a</sup> ± 1,43	9,75 <sup>a</sup> ± 1,26	6,15 <sup>b</sup> ± 1,04	7,58 <sup>b</sup> ± 2,24
DCP	11,38 <sup>a</sup> ± 2,10	8,62 <sup>b</sup> ± 1,15	7,19 <sup>b</sup> ± 1,34	7,74 <sup>b</sup> ± 2,19
CBB	17,09 <sup>ab</sup> ± 3,18	15,17 <sup>bc</sup> ± 3,72	14,89 <sup>c</sup> ± 2,89	20,14 <sup>a</sup> ± 4,78
LBB	29,52 <sup>a</sup> ± 5,85	27,26 <sup>ab</sup> ± 3,22	19,53 <sup>c</sup> ± 3,38	23,49 <sup>bc</sup> ± 6,59
EBB	4,87 <sup>b</sup> ± 1,37	3,99 <sup>b</sup> ± 1,13	5,86 <sup>a</sup> ± 0,91	6,44 <sup>a</sup> ± 1,71
CBE	61,05 <sup>a</sup> ± 11,84	66,52 <sup>a</sup> ± 12,52	39,12 <sup>b</sup> ± 7,81	46,48 <sup>b</sup> ± 13,15
EF	10,64 <sup>a</sup> ± 1,95	10,44 <sup>a</sup> ± 1,40	11,07 <sup>a</sup> ± 2,10	11,39 <sup>a</sup> ± 3,71
PF	60,19 <sup>a</sup> ± 20,98	42,29 <sup>b</sup> ± 8,08	30,35 <sup>b</sup> ± 14,40	26,04 <sup>b</sup> ± 26,20
DF	66,81 <sup>a</sup> ± 9,74	53,99 <sup>b</sup> ± 12,33	53,41 <sup>b</sup> ± 10,20	48,85 <sup>b</sup> ± 16,77
NCS	2,01 <sup>a</sup> ± 2,23	0,41 <sup>b</sup> ± 0,79	3,35 <sup>a</sup> ± 1,30	1,71 <sup>ab</sup> ± 1,49
RP	0,25 <sup>b</sup> ± 0,08	0,27 <sup>b</sup> ± 0,06	0,36 <sup>a</sup> ± 0,12	0,26 <sup>b</sup> ± 0,09

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP), comprimento do pedúnculo floral (CPF), diâmetro do talo principal (DTP), número de folhas (NF) comprimento de folhas (CF), largura de folhas (LF), número de brotações laterais (NBL), massa fresca do capítulo primário (PFC), comprimento de capítulo primário (CCP), diâmetro de capítulo primário (DCP), comprimento da base das brácteas (CBB), largura da base das brácteas (LBB), espessura da base das brácteas (EBB), comprimento das brácteas externas (CBE) espessura do fundo (EF), massa fresca do fundo (PF), diâmetro do fundo (DF), número de capítulos secundários (NCS), razão massa fresca do fundo/capítulo primário (RP).

O grupo I foi constituído por acessos que mostraram valores maiores para: massa fresca dos capítulos primários, diâmetro dos capítulos primários, massa fresca do fundo e diâmetro do fundo, sugerindo que haja alta correlação entre os caracteres massa fresca/diâmetro do capítulo primário e massa fresca/diâmetro do fundo.

Resultados obtidos por Cravero et al. (2002) confirmam a presença de forte correlação entre essas variáveis. A variável massa fresca de capítulos primários é um bom indicador de rendimento, e capítulos de maior massa fresca e diâmetro resultam em fundos maiores, característica importante para o mercado *in natura*, havendo possibilidade de seleção de acessos com aptidão para consumo *in natura* neste grupo a fim de serem utilizados como genitores em futuros cruzamentos ou para clonagem.

O segundo grupo se diferenciou dos demais por apresentar maior comprimento de capítulo primário e comprimento das brácteas externas, porém não diferiu estatisticamente do grupo I. Os acessos deste grupo apresentaram, em média, menor altura de planta, e menor comprimento do pedúnculo floral, sendo a massa fresca do capítulo primário e largura da base da bráctea intermediários entre os grupos e tendência a baixo número de capítulos secundários.

Estes resultados sugerem que comprimento de capítulo primário e comprimento das brácteas externas possam estar correlacionados e confirmam o proposto por De Pace (1981) de que a altura dos capítulos depende do comprimento das brácteas, assim brácteas de maior tamanho originaram capítulos de maior altura, sendo que as dimensões das brácteas se devem a uma direção preferencial no desenvolvimento do capítulo, estando controlada geneticamente.

Os acessos incluídos no grupo III diferiram significativamente dos outros três grupos por apresentar maior razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário e maior espessura da base da bráctea que os grupos I e II. No entanto

apresentou menor diâmetro da haste principal, massa fresca do capítulo primário, comprimento do capítulo primário, largura da base das brácteas e comprimento das brácteas externas comparado aos grupos I e II.

Este grupo incluiu apenas acessos de origem desconhecida. Os acessos deste grupo demonstraram valores inferiores para as principais características de interesse seletivo, porém apresentam valores maiores para a razão massa fresca de fundo/massa fresca de capítulo e espessura das brácteas as partes comestíveis da alcachofra, também possuem maior tendência de produzir capítulos secundários que os demais grupos o que poderia ser interessante na seleção de genótipos a serem utilizados como genitores em futuros cruzamentos, com o objetivo de melhorar materiais para o mercado *in natura*.

O quarto e último grupo contemplou acessos com valores médios inferiores ao grupo I para: diâmetro da haste principal, massa fresca do capítulo primário, diâmetro do capítulo primário, massa fresca do fundo, diâmetro do fundo e inferior aos grupos I e II para: comprimento do capítulo primário, largura da base das brácteas e comprimento das brácteas externas. Interessantemente os grupos III e IV apresentaram espessura da base da bráctea maior que o grupo I e II, onde se agruparam materiais mais propícios para consumo *in natura*.

Com base nestes resultados, os grupos se destacaram por apresentarem: Grupo I- maior massa fresca do capítulo primário, diâmetro do capítulo primário, peso e diâmetro do fundo; Grupo II- maior comprimento de capítulo primário e comprimento das brácteas externas em comparação com os grupos III e IV, menor altura de

planta e menor comprimento do pedúnculo floral e tendência a baixo número de capítulos; Grupo III- maior razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário comparado com todos os grupos e menor diâmetro da haste principal, massa fresca do capítulo primário, comprimento do capítulo primário, largura da base das brácteas e comprimento das brácteas externas quando comparado aos grupos I e II; Grupo IV- maior espessura da base da bráctea e valores médios inferiores aos grupos I e II para a maioria das características.

Lopez Anido et al. (1998), observaram que as variáveis mais representativas para cada um dos grupos foram: diâmetro e massa fresca de capítulo secundários (grupo 1), dias de colheita, número de capítulos secundários e rendimento total (grupo 2), altura de capítulos primários e secundários (grupo 3), e largura e comprimento de folhas (grupo 4). Para o conjunto de famílias avaliado em 1998 por Cravero et al. (2002) as variáveis mais representativas de cada um dos grupos foram: diâmetro e peso dos capítulos secundários (grupo 1), dias de colheita, número de capítulos secundários e rendimento total (grupo 2), altura do capítulo primário e secundário e relação altura/diâmetro (grupo 3) e comprimento e largura das folha (grupo 4).

A seleção de genótipos com aptidão pra consumo *in natura* é baseada em caracteres relacionados às dimensões do capítulo à base das brácteas, e ao receptáculo floral, pois estas são as partes comestíveis da alcachofra, nesse sentido o grupo I constituiu-se de genótipos com maior aptidão para consumo *in natura*.

Os grupos III e II, por se apresentarem inferiores aos demais em relação a algumas características de interesse econômico,

fato não desejável na seleção de genótipos para consumo *in natura*, podem ser descartados em futuros cruzamentos visando à obtenção de genótipos superiores.

Estes resultados sugerem que a caracterização e diferenciação de acessos de alcachofra podem basear-se em poucos caracteres agronomicamente importantes como: comprimento da base das brácteas, espessura da base das brácteas, espessura do fundo, diâmetro do capítulo primário, diâmetro do fundo e comprimento do capítulo primário. Indicando que esses caracteres resultam nos melhores descritores da variabilidade existente nessa coleção e poderiam ser utilizados como principais critérios de avaliação e seleção em ensaios posteriores.

Caracteres com menor contribuição relativa para a divergência genética como, comprimento do pedúnculo floral, número de folhas e largura de folhas poderiam ser descartados para futuras avaliações.

Existe a possibilidade de seleção nessa coleção, porém a existência de variabilidade dentro dos acessos e a falta de conhecimento sobre esta são fatores limitantes para esse processo, assim sugere-se a realização de estudos que permitam acessar essa variabilidade permitindo assim aumentar a eficiência do processo seletivo.

### **3.2 Caracterização da coleção de germoplasma de alcachofra com base em caracteres multicategóricos e binários**

Em relação ao formato do capítulo, 34,4% dos acessos apresentou capítulos circulares, enquanto que para as classes elíptica 31,2 e oval 32,8%, já na classe elíptico largo transverso essa porcentagem foi de 1,6% (Figura 7a). A população não apresentou capítulos triangulares.

Houve presença de variabilidade para esta característica entre os acessos avaliados, e a presença de acessos com formato adequado de capítulo para consumo *in natura*, ou seja, circular. O formato do capítulo está diretamente relacionado com a dimensão de suas partes comestíveis (brácteas e receptáculo floral) e depende das medidas e dimensões do capítulo, assim os capítulos de formato oval possuíam maior altura e menor diâmetro enquanto que os capítulos de formato circular caracterizaram-se por menor altura e maior diâmetro de capítulo (DE PACE, 1981).

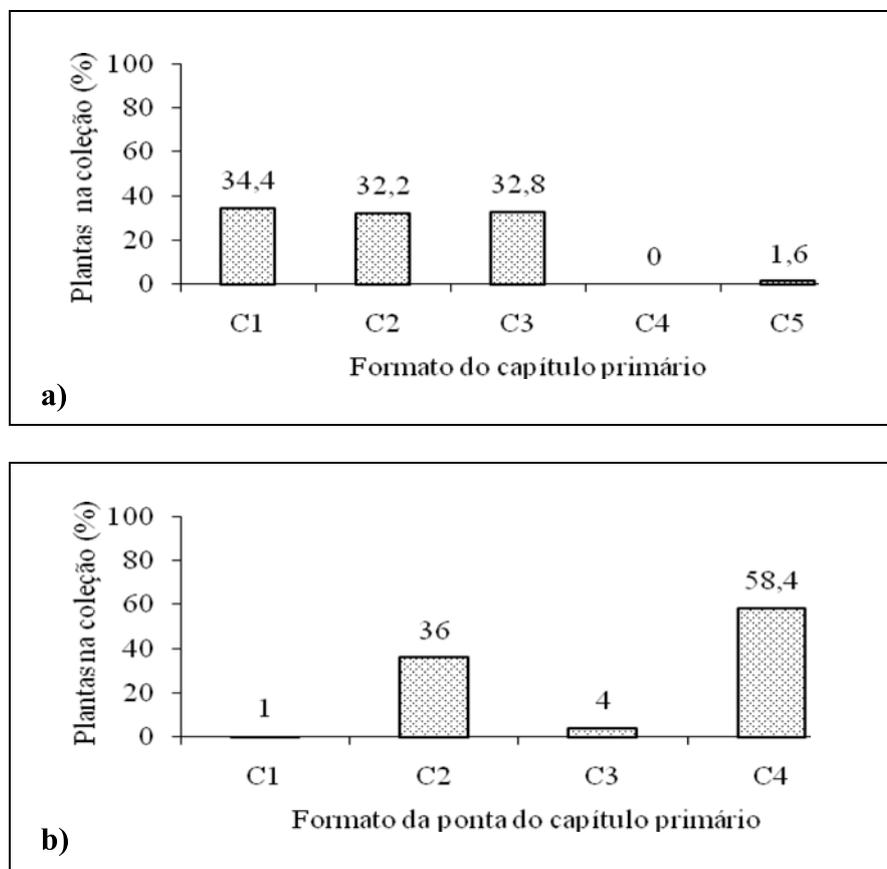
Neste estudo os acessos que apresentaram formato ideal de capítulo para consumo *in natura* (circular) foram: Romanesca 1, Verde Redonda e Verde Redonda Melhorada. A grande variabilidade observada dentro de cada acesso para esse caractere implica na existência de genótipos diferentes, pois se todas as plantas tivessem o mesmo genótipo (clone) à variação seria totalmente devido a efeitos ambientais.

Grande variação foi observada quanto ao formato da ponta do capítulo primário, sendo encontrados acessos nas quatro classes descritas pela UPOV (2002) para esse caractere.

Porém uma maior porcentagem de plantas apresentou formato da ponta do capítulo primário, em depressão (Figura 7b), o que não é desejável em materiais destinados ao consumo *in natura*, pois propicia a entrada de microorganismos resultando na diminuição da qualidade do capítulo.

Para o mercado *in natura* preferem-se capítulos com formato da ponta arredondado, como os acessos: Romanesca 1, Verde Redonda, Verde Redonda Melhorada.

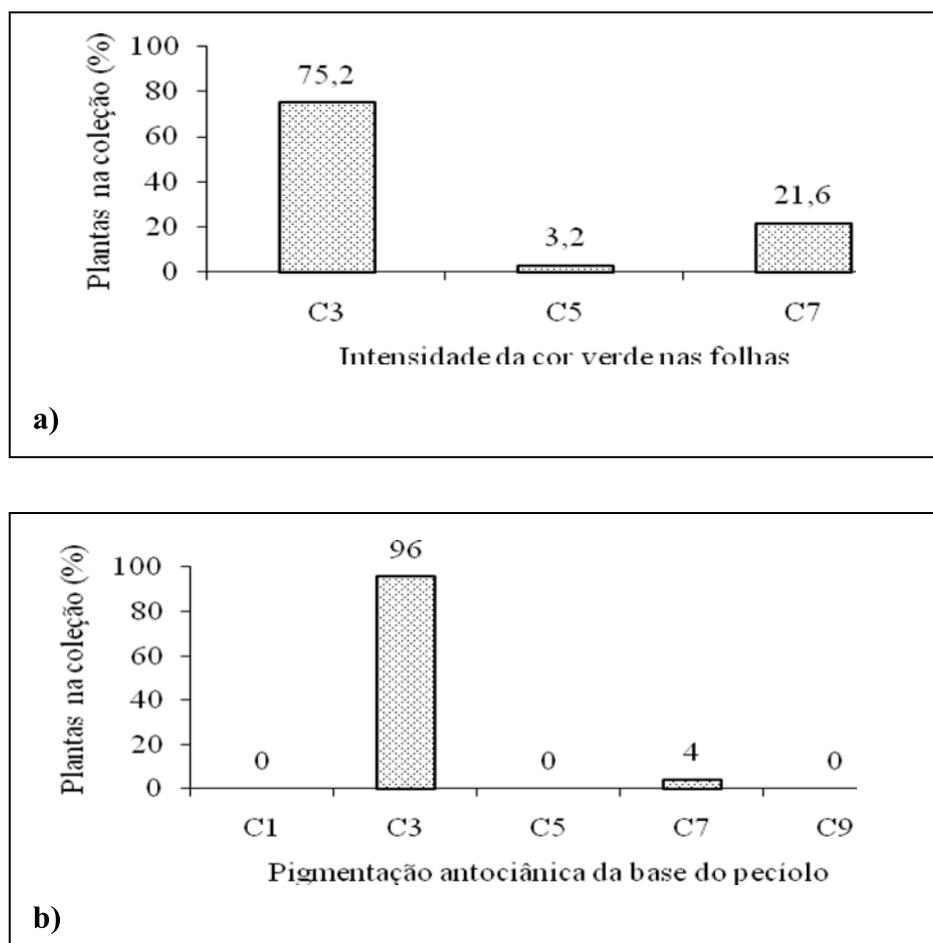
Foi observado que os acessos que apresentaram maior quantidade de plantas com formato de capítulo circular e ponta do capítulo primário arredondada estão incluídos no grupo I, o qual apresentou melhores características quantitativas de interesse ao consumo *in natura*.



**Figura 7-** Porcentagem de plantas na coleção apresentando: (a) capítulo primário: circular (C1), elíptico (C2), oval (C3), triangular (C4) e elíptico largo transversal (C5); (b) ponta do capítulo primário: aguda (C1), redonda (C2), plana (C3), em depressão (C4), Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009.

Para intensidade da coloração verde nas folhas, observou-se a presença de maior quantidade de plantas com folhas verde claro (Figura 8a). Considerando que para a seleção de materiais aptos para consumo *in natura* essa característica não é significativa, esta poderia ser descartada em futuras avaliações.

Para coloração antociânica da base do pecíolo uma maior porcentagem de plantas foi encontrada na classe C2, que se refere à fraca coloração de antocianina (Figura 8b).



**Figura 8** - Porcentagem de plantas na coleção apresentando: (a) Intensidade da cor verde nas folhas: fraco (C3), médio (C5), e escuro (C7); (b) Pigmentação antociânica da base do pecíolo: ausente (C1), fraca (C3), média (C5), forte (C7) e muito forte (C9), Passo Fundo/RS, FAMV- UPF, 2009.

Quanto ao formato da ponta das brácteas, a porcentagem de plantas encontradas na população para as seguintes classes aguda, plana e emarginada foram: 52,8%, 37,6% e 9,6% respectivamente (Figura 9a). Os que os acessos com formato da ponta das brácteas agudo, os que possuíam espinhos nas brácteas, sendo que estes poderiam ser descartados na seleção de materiais, para futuros cruzamentos.

Os seguintes acessos poderiam ser excluídos na seleção de genitores para cruzamentos visando à obtenção de genótipos superiores para o consumo *in natura*: Roxa Romana, Roxa Redonda, Violeta Romana, Espumoso horta 1, Espumoso horta 2, Espumoso horta 3, Colorado, Erechim, Delci.

A maioria destes acessos é de origem desconhecida, e estão incluídos no grupo III, que quanto às características quantitativas foi o que menos se destacou. No grupo II encontram-se as variedades roxas que mesmo sendo comerciais, exibem muitas características indesejáveis ao mercado *in natura*, como a presença de espinhos, demonstrando a carência de genótipos superiores para esta finalidade e a necessidade do desenvolvimento de variedades propagadas por sementes com maior uniformidade com relação aos caracteres mais importantes ao consumo *in natura*.

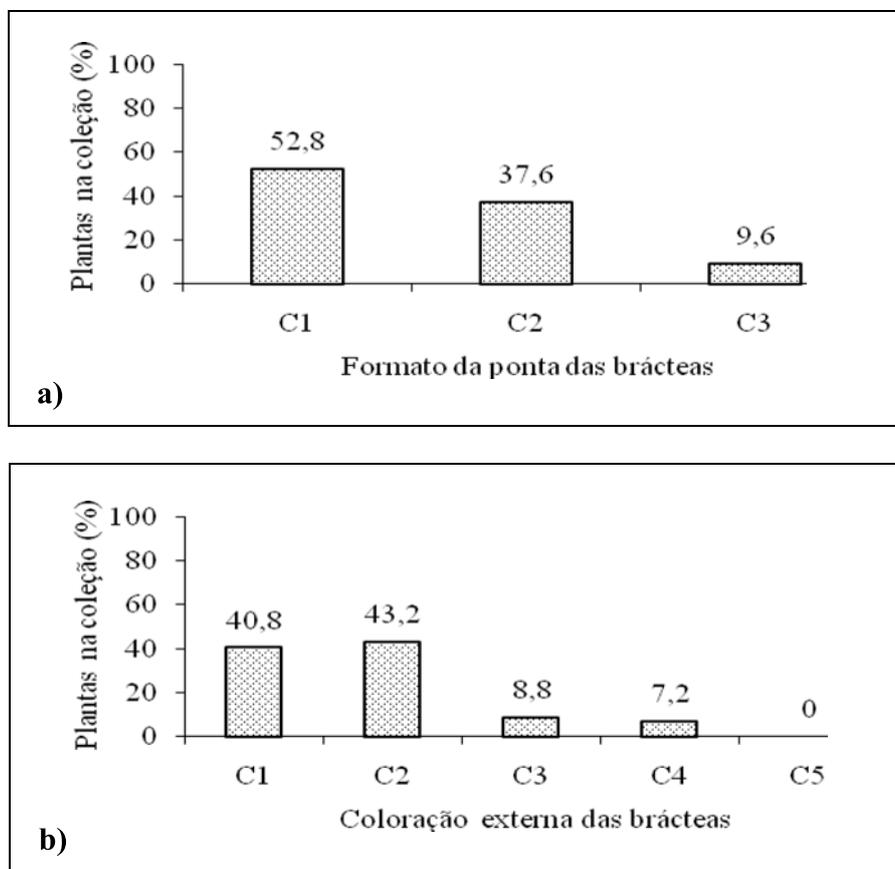
Segundo Mauromicale & Copane (1989) e Macua (1996), o melhoramento genético desta espécie, visando à obtenção de genótipos para consumo *in natura* dever atender as exigências do mercado. Nesse sentido, a coloração externa do capítulo é de grande importância, sendo que na França, Itália, Argentina e Brasil a

preferência do mercado *in natura* é por capítulos de coloração mais violeta.

Foi observada maior porcentagem de plantas com coloração externa das brácteas verde rajado de violeta (43,2%), verde (40,8 %), violeta rajado de verde (8,8%), principalmente violeta (7,2%) e para completamente violeta (0%) (Figura 9b), o que se justifica pelo fato da maioria dos acessos da coleção serem constituídos de variedades comerciais nacionais Verde Redonda e Verde Redonda Melhorada e acessos de origem desconhecida, que representam a forma mais silvestre da cultura, sugerindo a necessidade do desenvolvimento de genótipos melhorados com relação a essa característica para melhor atender as exigências do mercado nacional destinado ao consumo *in natura*.

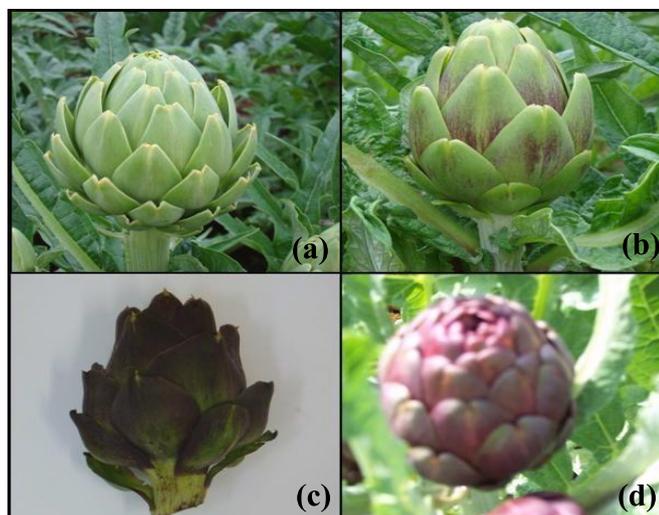
Os acessos Verde Redonda e Verde Redonda Melhorada, pertencentes ao grupo I, apresentaram coloração antociânica na base dos capítulos e capítulos, com coloração das brácteas externas verde rajado de violeta e violeta rajado de verde, enquanto que para o acesso Romanesca 1 a coloração das brácteas externas foi do verde rajado de violeta ao violeta rajado de verde.

Os acessos Roxa Romana, Roxa Redonda e Violeta Romana que constituem o grupo II, apresentam coloração principalmente violeta, porém como dito anteriormente possuem espinhos na ponta dos capítulo primários. Esses materiais poderiam fazer parte de blocos de cruzamentos visando à incorporação de genes de coloração roxa.



**Figura 9** - Porcentagem de plantas na coleção apresentando: (a) Formato da ponta das brácteas: agudo (C1), plano (C2) e emarginado (C3); (b) Coloração externa das brácteas: verde (C1), verde rajado de violeta (C2), violeta rajado de verde (C3), principalmente violeta (C4) e completamente violeta (C5), Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009.

A figura 10 mostra aspectos dos capítulos de coloração verde (a), Verde rajado de violeta (b), violeta rajado de verde (c) e principalmente violeta (d) observada em acessos da coleção.



**Figura 10** - Aspectos dos capítulos de coloração verde (a), Verde rajado de violeta (b), violeta rajado de verde (c) e principalmente violeta (d) observada em acessos da coleção, Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009.

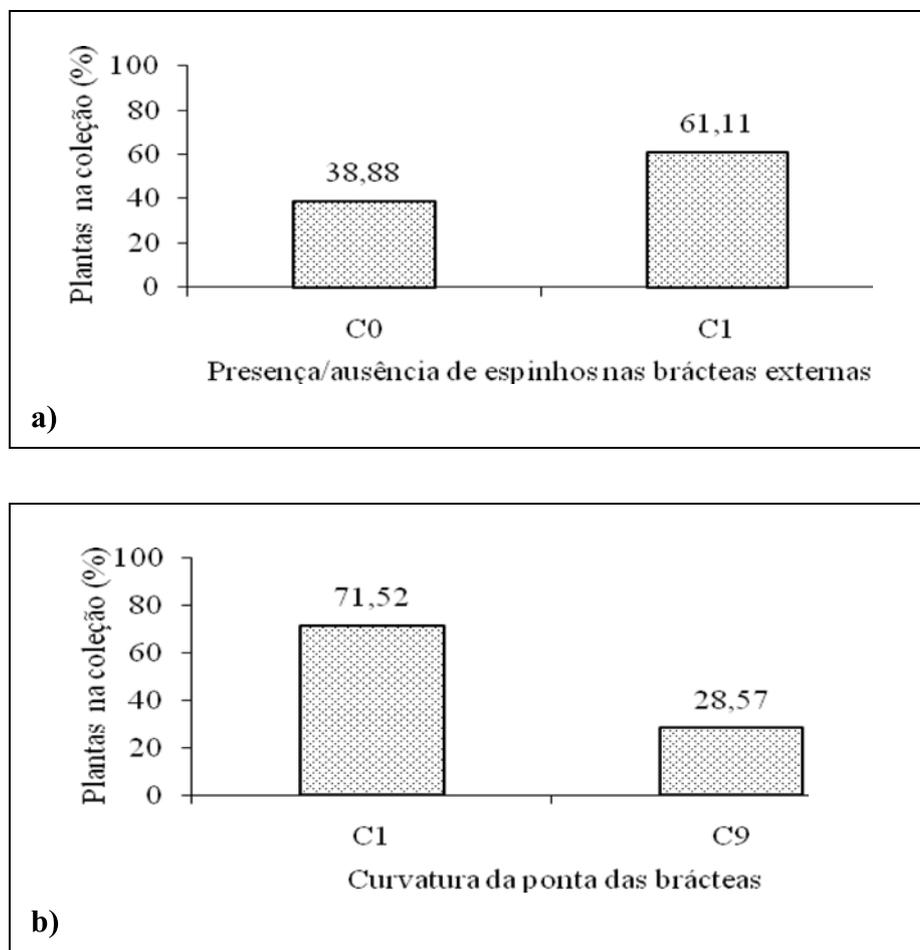
A característica coloração de capítulo de alcachofra é determinada por no mínimo dois genes. O padrão de herança para esse caractere foi estudado por Cravero et al. (2005) a hipótese proposta pelos autores foi que a determinação deste caractere estaria regida por dois pares de alelos, existindo uma dominância completa em cada um dos loci e uma relação epistática recessiva entre estes. Existindo três colorações básicas de capítulo: verde (com somente a presença de pigmentos clorofílicos), violeta (somente presença de antocianinas) e rajado (presença de ambos os pigmentos).

Para as características binárias avaliadas, a população de acessos apresentou 38,88% de plantas sem espinhos na ponta das brácteas e 61,11% de plantas com espinhos na ponta das brácteas

(Figura 11a), sugerindo que a maioria dos acessos pertencentes à coleção de germoplasma avaliada podem ser descartados na seleção de acessos para futuros cruzamentos ou seleção de clones visando à obtenção de genótipos aptos ao mercado *in natura*, visto que a presença de espinhos nas brácteas é uma característica altamente indesejável.

Na coleção avaliada os seguintes acessos não apresentaram espinhos na ponta das brácteas: Romanesca 1, Verde Redonda e Verde Redonda Melhorada incluídos no grupo I. Também foi observado que estes acessos além de serem superiores aos outros grupos para as características quantitativas também apresentaram outros caracteres qualitativos importantes como formato circular, ponta do capítulo primário arredondada, e coloração verde rajado de violeta (Figura 12).

Com relação à determinação genética dessa característica, Pecaute & Foury (1992) afirmam que a presença e ausência de espinhos é determinada por um gene dominante, sendo que a presença de espinhos é dada pelo alelo recessivo desse gene, de forma que a maioria das plantas são heterozigotas para esse caractere.



**Figura 11** - Porcentagem de plantas na coleção apresentando: (a) ausência de espinhos nas brácteas (C0) e com presença de espinhos nas brácteas externas (C1); b) Presença de curvatura na ponta nas brácteas (C1) e ausência de curvatura na ponta das brácteas (C9), Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009.



**Figura 12** - Aspecto dos capítulos primários com espinhos (a) e sem espinhos (b), Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009.

Com relação à curvatura na ponta das brácteas, 71,53% apresentou curvatura normal (sem curvatura) e 28,57% da população apresentou curvatura na ponta das brácteas, sendo esta outra característica indesejável quando se busca materiais com aptidão para consumo *in natura*, pois esse aspecto pode comprometer a qualidade do capítulo (Figura 11b).

A seleção dentro de uma população de alcachofra não deve basear-se apenas em caracteres quantitativos agrônômicos, mas também deve se ancorar nas características qualitativas dos capítulos, principalmente as relacionados ao formato do capítulo primário, coloração externa das brácteas, e presença de espinhos. Nesse sentido estes resultados sugerem que existe grande variabilidade na coleção de germoplasma de alcachofra também para caracteres qualitativos, e a existência de genótipos com o ideótipo adequado para consumo *in natura*.

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que o grupo I reúne os genótipos com características quantitativas e qualitativas

desejáveis ao consumo *in natura*, neste grupo estão incluídos os seguintes genótipos: Romanesca 1, Verde Redonda e Verde Redonda Melhorada. Nota-se que esses genótipos se sobressaem por apresentar maior massa fresca e diâmetro de capítulos primários, maior massa fresca e diâmetro de fundo, formato de capítulo globular, sem espinhos, formato da ponta do capítulo arredondada, todas as características importantes a serem consideradas na seleção de genótipos superiores ao mercado *in natura*.

O acesso G12 (Delci) apesar de se destacar quanto às características quantitativas, poderia ser descartado na seleção com base em caracteres qualitativos por apresentar formato da ponta das brácteas agudo e curvatura na ponta das brácteas.

Foi observada variação também entre as plantas de um mesmo acesso, assim para complementar esse estudo preliminar sugere-se a realização de um ensaio que tenha por finalidade acessar a variabilidade encontrada dentro dos acessos, bem como o estudo da herança e análise de correlação entre os caracteres vegetativos, produtiva e de qualidade. A análise desta variabilidade é de grande importância quando se deseja estabelecer estratégias de melhoramento que incluem hibridação, pois permite a identificação de progenitores ou grupo de progenitores que gerem um efeito heterótico elevado em sua descendência e para prever que tipo de descendência ira formar-se (CRUZ, 1990; VIANA, 1990; FALCONER & MACKAY, 1996).

#### 4 CONCLUSÕES

Há variabilidade genética na coleção de germoplasma de alcachofra da Universidade de Passo Fundo, sendo possível selecionar acessos com aptidão para consumo *in natura* nessa coleção

Os caracteres morfológicos quantitativos que mais contribuem para a divergência genética são espessura e diâmetro do fundo, razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo, comprimento da bráctea externa e do capítulo principal, comprimento e espessura das brácteas externas, diâmetro da planta e do capítulo principal, comprimento da folha e altura de planta.

É possível agrupar os acessos em quatro grupos distintos, sendo que o grupo I agrega acessos com melhores características para consumo *in natura*.

## CAPÍTULO II

### VARIABILIDADE FENOTÍPICA EM UMA CULTIVAR COMERCIAL DE ALCACHOFRA

ANGÉLICA REOLON DA COSTA<sup>1</sup>

<sup>3</sup>**RESUMO** – Este trabalho objetivou avaliar a variabilidade fenotípica numa população de quarenta indivíduos, obtidos por sementes, de uma cv comercial de alcachofra verde, mediante caracteres morfoagronômicos quantitativos, multicategóricos e binários. As sementes foram semeadas em tubetes e as plantas desenvolvidas a campo entre abril e dezembro de 2009 em Passo Fundo, RS. As plantas foram avaliadas no estágio comercial. Os dados quantitativos foram submetidos à análise multivariada, mediante o cálculo da distância de Mahalabobis, contribuição relativa para divergência genética e agrupamento pelo método de UPGMA. Para as variáveis multicategóricas e binárias a população foi caracterizada quanto à porcentagem de plantas presentes em cada classe. A distância entre os indivíduos variou de 3 a 50,88 indicando elevada variabilidade intrapopulacional. O caractere com maior contribuição relativa para divergência genética foi à massa fresca do capítulo primário, que, juntamente com a massa fresca do fundo, comprimento da bráctea externa, dias decorridos entre o plantio e a colheita dos capítulos, diâmetro do fundo e número de folhas, totalizou 98,33%

---

<sup>1</sup>Bióloga, mestranda do Programa de Pós- Graduação em Agronomia (ppgAgro) da FAMV/UPF, Área de concentração em Produção Vegetal.

para a variabilidade total. A análise de agrupamento permitiu a formação de três grupos distintos. Variação foi observada quanto à intensidade da coloração verde nas folhas, formato do capítulo primário, da ponta do capítulo primário e ponta das brácteas externas, presença de espinhos nas brácteas externas e coloração externa das brácteas. As características multicategóricas e binárias se mostraram de fundamental importância para a seleção de acessos destinados ao consumo *in natura*. A elevada variabilidade nessa cultivar permite a seleção de plantas com características superiores visando aumentar a frequência de alelos favoráveis dentro da população, ou ainda realizar a propagação clonal das plantas selecionadas.

**Palavras chaves:** análise multivariada, seleção intravarietal, variabilidade genética

## **PHENOTYPIC VARIABILITY IN A COMMERCIAL ARTICHOKE CULTIVAR**

**ABSTRACT** - The objective of this work was to evaluate the phenotypic variability in a population of forty individuals, established from seeds of a commercial green artichoke cultivar by evaluating quantitative morphological multicategoric and binaries traits. Seeds were sown in tubets and plants developed in the field, between April and December 2009, in Passo Fundo/RS. The plants were evaluated at commercial stage. Quantitative data were subjected to multivariate analysis, by calculating the Mahalanobis distance, the relative contribution to genetic divergence and clustering by UPGMA method. For multicategoric and binary variables the population was characterized by taking in account the percentage of plants in each class. The distance between individuals ranged from 3 to 50.88, indicating high variability within population. The character with the highest relative contribution to genetic divergence is the fresh mass of the primary chapter, which together with the weight of the fund, the length of the external bract, days elapsed between planting and harvesting of the capitulum, the fund diameter and number of leaves, contributed with 98.33% to the total variability. Cluster analysis allowed the formation of three distinct groups. Variation was observed in the intensity of green color in leaves, shape of the primary capitulum, the tip of the primary capitulum and tip of the external bracts, presence of spines on the external bracts and external color of the bracts. Multicategoric and binary characteristics proved to be of fundamental importance for the selection of accessions for

consumption *in natura*. The high variability observed within cultivar allows selection of plants with superior characteristics to increase the frequency of favorable alleles in the population, or even to perform the clonal propagation on of selected plants.

**Keywords:** multivariate analysis, intravarietal selection, genetic variability

## 1 INTRODUÇÃO

A alcachofra (*Cynara cardunculus* [var. *scolymus* (L.) Fiori]) é uma espécie herbácea, alógama que possui importantes propriedades nutricionais e medicinais, além de agregar elevado valor econômico. Trata-se de uma planta de estrutura genética altamente heterozigota com  $2n = 34$  cromossomos (MAUROMICALE & IERNA, 2000).

A alcachofra pode ser propagada por sementes (sexual) ou por rebentos (assexual), sendo que, em nível comercial, predomina o método de propagação vegetativo, já que essa técnica permite a manutenção das características genéticas da planta matriz, o que é de extrema importância quando se deseja manter genótipos superiores dentro de determinada espécie vegetal.

Quando propagada por sementes, a alcachofra produz descendência altamente heterozigota, pois, por ser uma espécie de fecundação cruzada, apresenta elevados níveis de segregação genética, o que geralmente leva o aparecimento de caracteres recessivos como presença de espinhos nos capítulos comprometendo a qualidade dos mesmos para fins comerciais (COINTRY et al., 1999).

As cultivares de alcachofra comercializadas em forma de sementes disponíveis no mercado, são, na sua maioria, resultante de uma população de polinização aberta, o que resulta em uma intensa variabilidade intrapopulacional. Essa variabilidade potencial, apesar de gerar a indesejável desuniformidade varietal, pode ser utilizada no melhoramento genético mediante seleção de indivíduos superiores para propagação clonal ou para uso em cruzamentos sexuais.

Segundo Cointry et al. (1999), a existência de variabilidade genética em alcachofra, somada a possibilidade de propagação vegetativa ou sexual, permite o emprego de diferentes estratégias de melhoramento que mantenham a uniformidade dos clones ou que promovam a criação de novos clones por hibridização sexual.

A possibilidade de propagação por sementes permite a aplicação de processos seletivos que conduzam a uniformidade morfológica, sobretudo para caracteres como forma e dimensão da folha, tamanho e forma do capítulo principal, assim como ampla duração do ciclo. Para isso é indispensável à existência de variabilidade genética para estes caracteres. Se esta variabilidade está presente na cultivar, pode-se aplicar um esquema de seleção intravarietal. Do contrário, poder-se-á recorrer a hibridações entre clones, selecionando posteriormente, entre os descendentes, plantas superiores que podem dar origem a novos clones ou ser utilizados para a criação de variedades multiplicadas por semente na forma de linhas ou híbridos (COINTRY et al., 1999).

Segundo Cointry et al. (1999), o melhoramento da alcachofra tem por finalidade alterar as freqüências gênicas de uma população, aumentando a freqüência de alelos favoráveis e reduzindo ou eliminando a freqüência dos alelos indesejáveis nas mesmas. O melhoramento genético desta espécie ainda não é uma realidade no Brasil, limitando-se a empresas e instituições estrangeiras, que vendem as sementes por elevados preços.

A existência de variabilidade genética é pré-requisito para o estabelecimento de qualquer programa de melhoramento. A

magnitude da variabilidade existente em uma população pode ser determinada por medidas de similaridade genética que é possível através da caracterização morfoagronômica da mesma.

Conforme Moreira et al. (1994), o grau com que as populações se distanciam uma da outra com relação a um conjunto de caracteres é determinada pela divergência genética encontrada entre estas. A importância destes estudos para o melhoramento vegetal deve-se ao fato de que a superioridade dos híbridos é proporcional à distância genética entre os seus respectivos progenitores. Deste modo, nas espécies onde esta relação é verificada, os melhoristas podem contar com um critério rápido e fácil na escolha dos progenitores para os programas de hibridação.

As técnicas de agrupamento podem ser utilizadas para distribuir os indivíduos de uma população em grupos mais homogêneos, formando grupos de plantas com características similares, bem como para a seleção e identificação de progenitores que quando cruzados aumentem a probabilidade de obter genótipos superiores em gerações segregantes.

Em alcachofra, a análise multivariada tem sido utilizada como ferramenta de estudo e organização da variabilidade genética de população de clones ou de famílias de autofecundação e híbridos (ASPRELLI et al., 2000; CRAVERO et al., 2002, MAURO et al., 2009).

O presente estudo teve como objetivos avaliar a magnitude da variabilidade fenotípica em uma população de uma cultivar comercial de alcachofra estabelecida por semente, a fim de selecionar os materiais com aptidão para o consumo *in natura*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de uma cultivar comercial de alcachofra foram semeadas em tubetes no mês de janeiro de 2009, em Erechim, pela Cooperativa de Tritícola de Erechim Ltda (COTREL). As mudas desenvolvidas foram transplantadas para o campo, junto a coleção de germoplasma de alcachofra da UPF (Figura 1). A população foi constituída por quarenta acessos e estabelecida em 16 de abril de 2009 em área junto ao setor de horticultura da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV da Universidade de Passo Fundo/RS a 28°15' S, 52°24" W e a 687 metros de altitude. O clima da região é subtropical úmido (Cfa), segundo Köppen (MORENO, 1961).

A preparação do solo foi feita conforme as recomendações para o estabelecimento da cultura de alcachofra, a correção dos componentes químicos do solo foi realizada mediante coleta e análise prévia do solo, em conformidade com as necessidades nutricionais da planta. Com aplicação de calcário e adubação base constituída por: 30 m<sup>3</sup>/ha de cama de aviário e adubação química complementar em uma quantidade de 300 kg/ha de 05-30-15, para descompactação do solo realizou-se subsolagem profunda cruzada. O espaçamento entre plantas foi de 60 cm e entre camaleões de 1 m. No campo foram realizados todos os tratamentos culturais (adubação, irrigação e tratamento fitossanitário) necessários para manutenção dessa população.



**Figura 1-** Aspecto do campo experimental e das plantas da cv. comercial de alcachofra (a); Capítulos no período de colheita (b), Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009.

Os acessos da população foram avaliados quando atingiram estágio comercial, estágio D, conforme Foury (1967) & Basnizki (1985) ou estágio 4, como descrito por Baggio et al. (2009). Os acessos pertencentes foram caracterizados conforme os descritores de alcachofra UPOV (2002). Avaliou-se 29 caracteres morfológicos e agronômicos sendo 21 quantitativos, dois binários e seis multicategóricos. As características quantitativas avaliadas foram:

- Altura da planta (AP), desde o solo até a extremidade do capítulo primário;
- Diâmetro da planta (DP), medido de um extremo das folhas inferiores até o extremo das folhas opostas;
- Comprimento do pedúnculo floral (CPF), desde o solo até a inserção do capítulo primário;
- Diâmetro da haste principal (DTP), medido dez centímetros abaixo da inserção do capítulo primário;
- Número de folhas (NF) foi considerado todas as folhas no momento da colheita;

- Comprimento de folhas (CF), medida da maior folha desde sua inserção na haste até a extremidade oposta;
- Largura de folhas (LF), medida da parte mediana da maior folha;
- Número de brotações laterais (NBL) total de brotações formado após o período de colheita;
- Dias após o transplante (DIC) contados a partir da implantação a colheita do capítulo primário;
- Massa fresca do capítulo primário (PFC);
- Comprimento do capítulo primário (CCP);
- Diâmetro do capítulo primário (DCP);
- Comprimento da base das brácteas (CBB), medida da porção comestível das brácteas;
- Largura da base das brácteas (LBB), medida da porção comestível das brácteas;
- Espessura da base das brácteas (EBB), medida da porção comestível das brácteas;
- Comprimento da bráctea externa (CBE), da extremidade inferior até a extremidade superior da bráctea. Brácteas da quarta fileira foram usadas para as avaliações;
- Espessura do fundo (EF);
- Massa fresca do fundo (PF);
- Diâmetro do fundo (DF);
- Número de capítulos secundários (NCS) coletados por planta;

- Razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo (RP).

Para os caracteres multicategóricos foram atribuídos códigos sequenciais numéricos, de acordo com descritores oficiais de alcachofra (UPOV, 2002). As seguintes características multicategóricas foram avaliadas:

- Forma do capítulo primário (FCP) onde: C1- circular, C2- elíptica, C3- oval, C4- triangular, C5- elíptico largo;
- Formato da ponta do capítulo (FPC) onde: C1- aguda, C2- redonda, C3- plana, C4- depressão;
- Intensidade da cor verde nas folhas (ICV) onde: C3- claro, C5- médio, C7- escuro;
- Pigmentação antociânica do pecíolo (PAC) onde: C1- ausente, C3- fraca, C5- média, C7- forte, C9- muito forte;
- Formato da ponta das brácteas externas (FPB) onde: C1- agudo, C2- plano, C3- emarginado;
- Coloração externa das brácteas (CEB) onde: C1- verde, C2- verde rajado de violeta, C3- violeta rajado de verde, C4- principalmente violeta, C5- completamente violeta.

Quanto às características binárias também foram atribuídos códigos sequenciais numéricos, de acordo com descritores oficiais de alcachofra (UPOV, 2002), as seguintes avaliações foram realizadas:

- Presença de espinhos nas brácteas (PSB) onde: C0- ausente, C1- presente;
- Curvatura da ponta das brácteas (CPB) onde: C1- ausente, C9- presente.

Os dados quantitativos foram submetidos análise multivariada, através da distância de Mahalanobis (dados quantitativos) e contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética (C.R). Através da matriz de distâncias foi obtido o dendrograma, utilizando-se o método de ligação vizinho mais distante. A partir da análise de agrupamento, os grupos constituídos foram comparados entre si pela análise de variância ANOVA e comparação de médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro, sendo que os grupos constituíram os tratamentos e os indivíduos as repetições.

Para os dados multicategóricos e binários a população foi caracterizada quanto à porcentagem de acessos encontrados para cada classe dos caracteres avaliados. As análises estatísticas foram realizadas pelos programas estatísticos Genes (Cruz, 2001) e COSTAT (CoHort Software, 2003).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Análise de divergência genética na coleção com base em caracteres quantitativos**

Foi observada diversidade morfológica entre os acessos da população da cultivar comercial de alcachofra avaliada (Tabela 1). A

diferença entre os valores máximos e mínimos encontrados entre plantas desta população é um indicativo da existência da variabilidade dentro da cultivar e todas as características avaliadas mostraram grande amplitude de variação.

Os caracteres morfológicos quantitativos com maior contribuição relativa (CR) foram: massa fresca do capítulo primário, massa fresca do fundo, comprimento da bráctea externa, dias de implantação a colheita, diâmetro do fundo, e número de folhas, contribuindo 98,33% para a variabilidade total presente na população de alcachofra avaliada. A característica massa fresca do capítulo primário contribui 79,88% para a diversidade genética encontrada enquanto que os demais caracteres com maior CR tiveram contribuição de apenas 18,45% da variação observada na população.

**Tabela 1** - Amplitude e contribuição relativa para divergência genética (CR) dos caracteres quantitativos para quarenta acessos da cv. comercial de alcachofra (dados não padronizados), Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009

<i>Caractere</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>	CR (%)
Altura da planta (m)	1,5	0,3	0,0011
Diâmetro da planta (m)	1,3	0,48	0,0011
Comprimento do pedúnculo floral (cm)	1,8	0,3	0,0016
Diâmetro do talo principal (cm)	2,3	1,0	0,0024
Número de folhas	42,0	8,0	1,161
Comprimento de folhas (cm)	0,98	0,42	0,0003
Largura de folhas (cm)	0,9	0,1	0,0007
Número de brotações laterais	6	0	0,1003
Dias após o transplante	207,0	170,0	3,349
Massa fresca do capítulo primário (g)	376,54	158,84	79,88
Comprimento do capítulo primário (cm)	13,5	6,5	0,0532
Diâmetro do capítulo primário (cm)	15,8	7,5	0,103
Comprimento da base das brácteas (mm)	26,0	10,0	0,2906
Largura da base das brácteas (mm)	57,76	20,35	0,9852
Espessura da base das brácteas (mm)	7,41	2,22	0,0377
Comprimento da bráctea externa (mm)	96,57	39,15	3,832
Espessura do fundo (mm)	14,55	7,51	0,0873

...continuação

**Tabela 1** - Amplitude e contribuição relativa para divergência genética (CR) dos caracteres quantitativos para quarenta acessos da cv. comercial de alcachofra (dados não padronizados), Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009

<i>Caractere</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>	CR (%)
Massa fresca do fundo (g)	115,88	35,89	8,425
Diâmetro do fundo (mm)	89,69	50,75	1,661
Número de capítulos secundários	3	0	0,0231
Razão massa fresca fundo/capítulo (g)	0,44	0,14	0,0001
<b>Total</b>			<b>100%</b>

Os resultados são semelhantes aos obtidos por Asprelli et al. (2001), que determinaram que as variáveis associadas com o massa fresca dos capítulos primários, massa fresca do fundo e dias decorridos entre o plantio e a colheita foram os que melhor explicaram a variação encontrada entre 25 clones. Mauro et al. (2009), avaliando 24 acessos de alcachofra coletados em diferentes regiões da Sicília, observaram que as variáveis com maior contribuição relativa para a divergência genética foram a massa fresca do capítulo primário, dias de implantação a colheita, produção total e razão diâmetro transversal e longitudinal do capítulo primário.

Já para Lanteri et al. (2005), a massa fresca, diâmetro e comprimento dos capítulos primários foram os que melhor representaram a divergência fenotípica da cv. Spinoso Sardo. Caracteres como massa fresca do capítulo primário, massa fresca e diâmetro do fundo são características diretamente envolvidas na produtividade e qualidade do capítulo, indicando ser possível

selecionar plantas com melhor qualidade para fins de consumo *in natura*.

Asprelli et al. (2001), encontraram elevada correlação entre o massa fresca do capítulo primário e o rendimento total da planta, determinando que o rendimento total esteve relacionado principalmente com o número de capítulos/planta, massa fresca dos capítulos primários e secundários. Por sua vez, López Anido et al. (1998) encontraram que os caracteres associados com o rendimento foram o número de capítulos coletados, o massa fresca dos capítulos primários e secundários e a massa fresca do fundo.

Neste trabalho, os acessos mais divergentes foram A12 e A14 (DM= 58,88) mostrando alta divergência na população da cultivar estabelecida por sementes, o que pode ser útil ao programa de melhoramento da espécie, considerando que quanto maior a distância genética entre os progenitores maior o efeito heterótico. Os acessos mais similares foram A6 e A10 (DM=3,08) (Apêndice 5). Os valores máximos e mínimos para as características de maior contribuição relativa como: massa fresca do capítulo primário, dias de implantação a colheita, número de folhas, comprimento da bráctea externa, peso do fundo, e diâmetro do fundo estão descritos na tabela 1.

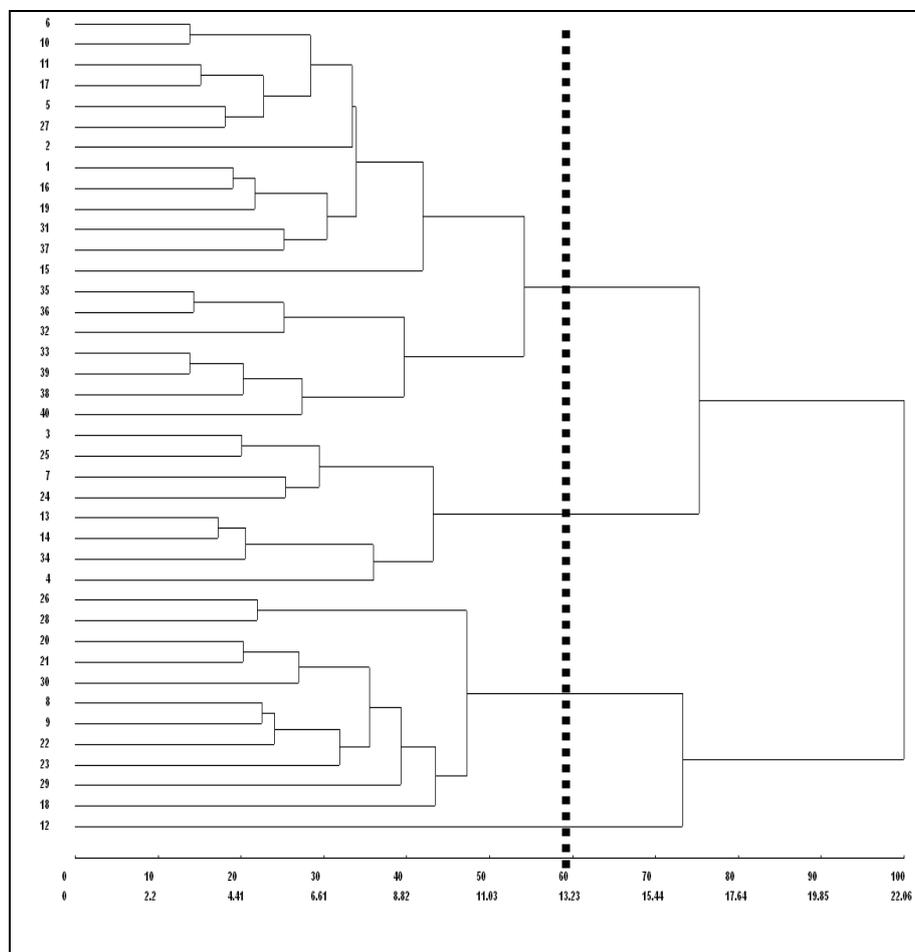
A maior parte dos caracteres avaliados não é independente entre si, mas se encontram associados uns aos outros devido a fatores estritamente genéticos ou fisiológicos ou por uma combinação de ambos (PORCEDDU et al., 1976; CRAVERO et al., 2002). Nesse sentido as técnicas de análise de agrupamento constituem uma ferramenta importante para o melhor aproveitamento das intercorrelações existentes em um grupo de variáveis, possibilitando a

identificação de genótipos que se destaquem dos outros (AMARAL JUNIOR, et al., 1996; CRUZ, 2006) .

Técnicas de análise de agrupamento foram aplicadas por Asprelli et al. (2001), Cravero (2002) e Mauro et al. (2009) a fim de determinar descritores quantitativos mais importantes a serem considerados como critérios seletivos e de avaliação de genótipos de alcachofra.

Com base na matriz de distância de Mahalanobis foi gerado um dendrograma, fazendo-se um corte vertical a uma distância de ligação de 60 no agrupamento hierárquico com base nas características avaliadas observa-se a formação de três grupos distintos (Figura 2).

Um dos acessos avaliados (A12) não se agrupou em nenhum dos grupos formados, o que se justifica pelo fato desse acesso ter apresentado massa fresca de capítulo primário superior a média dos demais acessos (376,54g) e conseqüentemente valores maiores para as características relacionadas, diâmetro do capítulo primário (14,5 cm), diâmetro do fundo (89,69mm), massa fresca do fundo (115,88g), razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário (0,30g).



**Figura 2** - Dendrograma da similaridade entre os 40 acessos da cv. comercial de alcachofra com base em caracteres quantitativos, obtidos pelo método do vizinho mais distante, baseado na matriz de distância de Mahalanobis, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009.

A existência de variabilidade genética é a base para o melhoramento vegetal, o estudo e o conhecimento dessa diversidade são de fundamental importância quando se deseja selecionar em uma população indivíduos superiores. Assim, os principais componentes

responsáveis pela variabilidade encontrada entre os grupos foram acessados mediante análise de variância.

Os resultados da análise de variância mostraram que há significativa variabilidade entre os grupos para as seguintes características: altura da planta, diâmetro da planta, comprimento do pedúnculo floral, número de folhas, comprimento de folhas (Apêndice 6).

Variação significativa entre os grupos também foi observada para o período de implantação a colheita, considerando que a passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo depende da interação de distintos fatores como temperatura, fotoperíodo e vernalização e que todos os acessos foram submetidos às mesmas condições ambientais pode-se deduzir que essa variação tem origem genética. Dellacecca et al. (1976) também encontraram grande variabilidade para esse caractere entre plantas de uma mesma variedade.

Outras importantes fontes de variabilidade entre os grupos foram às características relacionadas aos capítulos primários como: comprimento do capítulo primário, comprimento da base das brácteas, largura da base das brácteas, comprimento das brácteas externas e número de capítulos secundários. Estes resultados mostram a importância de estudar a variabilidade existente dentro de variedades comerciais propagadas por sementes, quando se deseja selecionar plantas individuais com características desejáveis de rendimento e qualidade.

A variabilidade encontrada entre os grupos, considerando que os acessos pertencem a uma mesma variedade comercial

propagada por sementes, pode estar atribuída à alta taxa de segregação observada em plantas alógamas, quando propagadas por sementes. Nesse sentido Gil Ortega (1996) relata que plantas propagadas por sementes produzem descendência mais heterogênea, resultando em plantas de qualidade inferior como capítulos pequenos e espinhosos. Por outro lado o desenvolvimento de variedades propagadas por sementes atualmente tem sido principal objetivo do melhoramento da espécie. Conforme Cointy et al. (1999) e Garcia et al. (2007), a produção de materiais híbridos multiplicados por sementes abre uma oportunidade de cultivá-la anualmente de maneira à integrar um plano de rotação de cultura, homogeneidade no desenvolvimento das plantas e rapidez na multiplicação de novas cultivares, favorecendo a expansão da cultura.

As características como diâmetro da haste principal, largura de folhas, número de brotações laterais, massa fresca do capítulo primário, diâmetro do capítulo primário, espessura da base das brácteas, espessura do fundo, massa fresca do fundo, diâmetro do fundo e razão massa fresca do fundo/capítulo não contribuíram significativamente para a variabilidade, ou seja, os acessos dessa população não variam para estas características importantes para o consumo *in natura*.

Esses resultados são interessantes, uma vez que características como massa fresca do capítulo primário e massa fresca do fundo que na análise multivariada apresentaram maior contribuição relativa para a divergência genética encontrada na população, não foram significativas para a análise de variância. Tais resultados podem ser explicados observando que o acesso A12, por não se agrupar em

nenhum dos grupos formados não foi incluído na análise de variância, refletindo nos resultados obtidos pela mesma.

Com a finalidade de melhor caracterizar os grupos, na tabela 2 serão apresentados a comparação de médias e os desvios padrão para os grupos I, II e III em relação aos caracteres quantitativos avaliados.

**Tabela 2** - Comparação de médias e desvios padrão para os três grupos formados pela análise de agrupamento, Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009

<b>Variáveis</b>	<b>Grupo I</b>	<b>Grupo II</b>	<b>Grupo III</b>
<b>AP</b>	0,75 <sup>ab</sup> ± 0,14	0,71 <sup>b</sup> ± 0,18	0,90 <sup>a</sup> ± 0,23
<b>DP</b>	0,75 <sup>b</sup> ± 0,14	0,71 <sup>b</sup> ± 0,11	1,03 <sup>a</sup> ± 0,15
<b>CPF</b>	0,63 <sup>b</sup> ± 0,16	0,59 <sup>b</sup> ± 0,15	0,82 <sup>a</sup> ± 0,29
<b>DTP</b>	1,49 <sup>a</sup> ± 0,28	1,40 <sup>a</sup> ± 0,22	1,58 <sup>a</sup> ± 0,35
<b>NF</b>	17,38 <sup>ab</sup> ± 4,66	15,30 <sup>b</sup> ± 4,74	21,88 <sup>a</sup> ± 7,65
<b>CF</b>	0,59 <sup>b</sup> ± 0,06	0,55 <sup>b</sup> ± 0,11	0,68 <sup>a</sup> ± 0,12
<b>LF</b>	0,27 <sup>a</sup> ± 0,12	0,25 <sup>a</sup> ± 0,16	0,38 <sup>a</sup> ± 0,17
<b>NBL</b>	3,77 <sup>a</sup> ± 2,09	3,00 <sup>a</sup> ± 1,83	3,00 <sup>a</sup> ± 1,94
<b>DIC</b>	193,84 <sup>ab</sup> ± 2,08	196,50 <sup>a</sup> ± 7,25	185,58 <sup>b</sup> ± 14,79
<b>PFC</b>	258,21 <sup>a</sup> ± 59,46	276,93 <sup>a</sup> ± 51,72	248,47 <sup>a</sup> ± 53,58
<b>CCP</b>	8,74 <sup>b</sup> ± 1,28	10,29 <sup>a</sup> ± 0,95	9,38 <sup>ab</sup> ± 1,54
<b>DCP</b>	11,58 <sup>a</sup> ± 1,96	12,13 <sup>a</sup> ± 2,47	11,46 <sup>a</sup> ± 1,72
<b>CBB</b>	17,57 <sup>ab</sup> ± 2,49	19,74 <sup>a</sup> ± 3,29	16,23 <sup>b</sup> ± 3,34
<b>LBB</b>	27,18 <sup>b</sup> ± 3,58	33,55 <sup>a</sup> ± 9,20	30,2 <sup>ab</sup> ± 4,36
<b>EBB</b>	4,81 <sup>a</sup> ± 1,16	5,57 <sup>a</sup> ± 0,93	4,52 <sup>a</sup> ± 1,24
<b>CBE</b>	57,35 <sup>b</sup> ± 10,45	69,98 <sup>a</sup> ± 12,61	62,11 <sup>ab</sup> ± 11,15

...continuação

**Tabela 2** - Comparação de médias e desvios padrão para os três grupos formados pela análise de agrupamento, Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009

Variáveis	Grupo I	Grupo II	Grupo III
EF	12,00 <sup>a</sup> ± 1,52	11,52 <sup>a</sup> ± 1,34	10,45 <sup>a</sup> ± 2,02
PF	63,36 <sup>a</sup> ± 19,95	68,17 <sup>a</sup> ± 16,79	59,69 <sup>a</sup> ± 17,01
DF	70,41 <sup>a</sup> ± 7,31	71,68 <sup>a</sup> ± 6,44	65,76 <sup>a</sup> ± 8,50
NCS	1,15 <sup>b</sup> ± 0,99	1,60 <sup>ab</sup> ± 0,70	2,00 <sup>a</sup> ± 0,79
RP	0,24 <sup>a</sup> ± 0,07	0,24 <sup>a</sup> ± 0,04	0,24 <sup>a</sup> ± 0,04

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro. Altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP), comprimento do pedúnculo floral (CPF), diâmetro do talo principal (DTP), número de folhas (NF) comprimento de folhas (CF), largura de folhas (LF), número de brotações laterais (NBL), massa fresca de capítulo primário (PFC), dias de implantação a colheita (DIC), comprimento de capítulo primário (CCP), diâmetro de capítulo primário (DCP), comprimento da base das brácteas (CBB), largura da base das brácteas (LBB), espessura da base das brácteas (EBB), comprimento das brácteas externas (CBE) espessura do fundo (EF), massa fresca do fundo (PF), diâmetro do fundo (DF), número de capítulos secundários (NCS), razão massa fresca do fundo/capítulo primário (RP).

O grupo I caracterizou-se por ser inferior ao grupo III quanto: diâmetro da planta, comprimento do pedúnculo floral, comprimento de folhas, comprimento de capítulos primários, largura da base das brácteas, comprimento das brácteas externas e número de capítulos secundários.

Os acessos incluídos nesse grupo também são inferiores aos acessos pertencentes ao grupo II para as características comprimento do capítulo primário, largura da base das brácteas e comprimento das brácteas externas.

O grupo II demonstrou ser mais promissor que o grupo III para: comprimento da base das brácteas. Esse grupo apresentou maior período de dias após o transplante quando comparado com o grupo III, o que não é desejável, pois essa diferença no período de implantação a

colheita pode ser devido à interação de diversos fatores ambientais como temperatura, fotoperíodo e vernalização. Esse grupo não diferiu estatisticamente do grupo I para essas características.

O segundo grupo se caracterizou por apresentar valores médios inferiores ao grupo III para os caracteres vegetativos altura de planta, diâmetro de planta, comprimento do pedúnculo floral, número de folhas e comprimento de folhas

O terceiro e último grupo foi constituído por acessos com médias superiores aos grupos I e II para as variáveis diâmetro da planta, comprimento do pedúnculo floral e comprimento de folha, todas as características vegetativas e superior ao grupo II com relação aos caracteres altura de planta, e número de folhas. Não diferindo dos grupos I e II para comprimento do capítulo primário, largura da base das brácteas e comprimento da base das brácteas, massa fresca e diâmetro do capítulo primário, espessura e diâmetro do fundo e razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário entre outras características importantes ao consumo *in natura*.

O grupo III também apresentou menor período de implantação à colheita, quando comparado com o grupo II não diferindo estatisticamente do grupo I.

Sendo assim esse grupo reúne acessos com maior número de caracteres desejáveis ao consumo *in natura* quando comparado aos grupos I e II, bem como maior vigor vegetativo no que se refere ao diâmetro da planta, comprimento do pedúnculo floral e comprimento de folha.

Segundo Cravero et al. (2002) um maior vigor vegetativo pode estimular a capacidade metabólica da planta resultando no incremento do número de inflorescências produzidas por planta.

A variação encontrada entre os grupos para todas as características que mostraram diferenças significativas pode ser de ordem fisiológica ou devido a fatores genéticos, levando em consideração que todas as plantas foram submetidas às mesmas condições ambientais, e que plantas originadas da propagação por sementes não possuem o mesmo genótipo.

O acesso A12 que não se agrupou em nenhum dos grupos apresentou valores superiores as médias dos grupos para as variáveis: massa fresca do capítulo primário e conseqüentemente valores maiores para as características relacionadas, diâmetro do capítulo primário, diâmetro do fundo, massa fresca do fundo, e razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário o que justifica o fato deste acesso ter ficado isolado.

Contatou-se que os caracteres, relacionados com a massa fresca do capítulo primário e massa fresca do fundo, foram os que mais contribuíram para a divergência genética na população, CR = 88% e para o isolamento do acesso A12 do restante da população. Pode-se afirmar também que o acesso A12 superior aos grupos com relação aos caracteres de interesse seletivo. Devido a esse fato, estes caracteres poderiam ser utilizados como marcadores morfológicos para a seleção de capítulos de alcachofra com aptidão para consumo *in natura*.

O estudo da diversidade genética com base em caracteres morfológicos exige a avaliação de muitos caracteres o que demanda

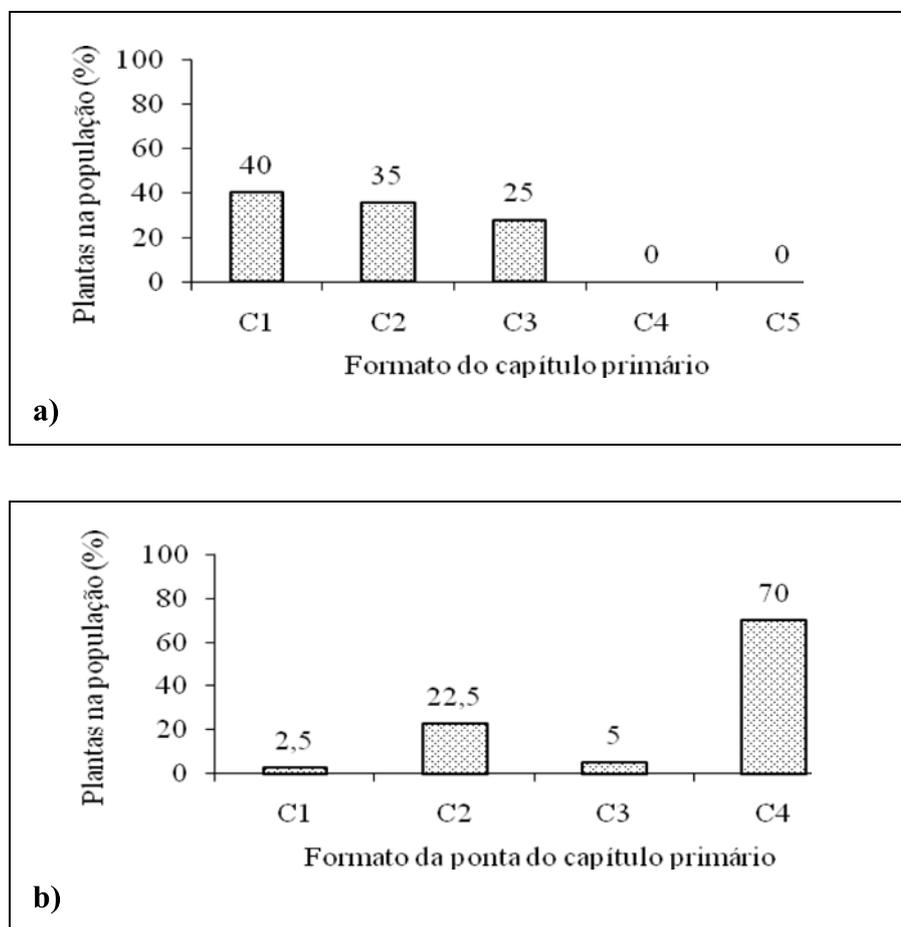
muita mão de obra, devido a isso se sugere que para estudos futuros sejam descartados das avaliações os caracteres com menor contribuição relativa para diversidade genética da população.

### **3.2 Caracterização da coleção de germoplasma de alcachofra com base em caracteres multicategóricos e binários**

Para a avaliação da variabilidade total há também a necessidade de se avaliar características de caráter qualitativo as quais devem ser levadas em consideração na seleção de materiais aptos ao consumo *in natura*.

Com relação aos caracteres multicategóricos observou-se variação na população para o formato do capítulo primário, formato da ponta do capítulo primário, formato da ponta das brácteas externas, coloração das brácteas, intensidade da coloração verde nas folhas, presença/ausência de espinhos e presença/ausência de curvatura na ponta das brácteas.

Para a variável formato do capítulo, 40% da população apresentou capítulos circulares, enquanto que para as classes elíptica e oval essa porcentagem foi de 35% e 25% respectivamente. A população não apresentou capítulos das classes triangular nem elíptico largo transversal (Figura 3a). Esse fato sugere presença de variabilidade, para esta característica entre os acessos avaliados, e a presença de acessos com formato adequado de capítulo para consumo *in natura*, ou seja, circular.

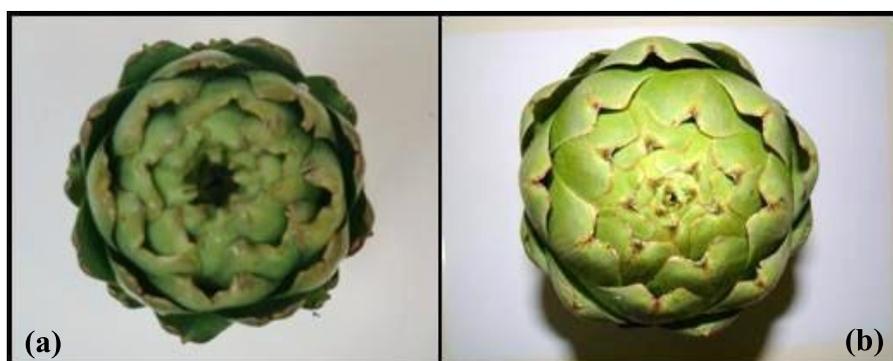


**Figura 3** - Porcentagem de plantas da população apresentando: (a) Formato do capítulo primário: circular (C1), elíptico (C2), oval (C3), triangular (C4) e elíptico largo transverso (C5); (b) Formato da ponta do capítulo primário: aguda (C1), redonda (C2), plana (C3), em depressão (C4), Passo Fundo/RS, FAMV- UPF, 2009.

O formato do capítulo está diretamente relacionado com dimensão de suas partes comestíveis (brácteas e fundo) e depende das medidas e dimensões do capítulo, assim os capítulos de formato oval possuíam maior altura e menor diâmetro enquanto que os

capítulos de formato circular caracterizaram-se por menor altura e maior diâmetro de capítulo (DE PACE, 1981).

Grande variação também foi observada quanto ao formato da ponta do capítulo primário, sendo encontrados acessos nas quatro classes descritas pela UPOV (2002) para esse caractere, porém uma maior porcentagem de plantas destacou-se por apresentar formato da ponta do capítulo primário, em depressão (70%) (Figura 3b), o que não é muito desejável em materiais destinados ao consumo *in natura*, pois propicia a entrada de água e microorganismos resultando na diminuição da qualidade do capítulo. O formato desejado para a ponta do capítulo primário é o arredondado, nesta coleção apenas oito acessos apresentaram o formato desejado o acesso. A figura 4 apresenta detalhes do formato da ponta do capítulo primário.



**Figura 4** – Detalhe do formato da ponta do capítulo primário, em depressão (a), arredondado (b) observado em acessos da cv. comercial de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009.

Foi observado também que os acessos incluídos no grupo II se destacaram para as características qualitativas formato de

capítulo (circular) e formato da ponta do capítulo primário (arredondado).

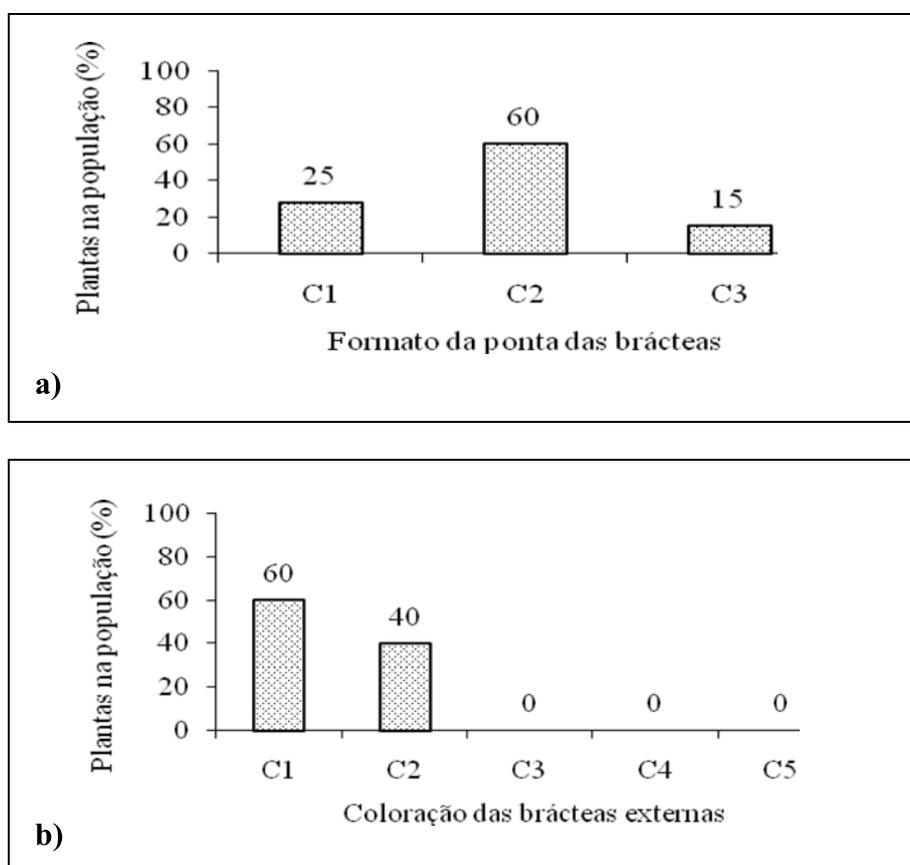
Quanto ao formato da ponta das brácteas, a porcentagem de plantas encontradas na população para as seguintes classes aguda, plana e emarginada foram: 25%, 60% e 15% respectivamente (Figura 5a). Observou-se que os acessos com formato da ponta das brácteas agudo, eram acessos que possuíam espinhos nas brácteas e pertenciam ao grupo I, sendo que estes poderiam ser descartados na seleção de materiais, para futuros cruzamentos.

Outro fator a ser considerado na seleção de materiais com aptidão para consumo *in natura* é coloração externa das brácteas, sendo que para tal aptidão prefere-se capítulos de coloração mais violeta. Com relação a essa variável na população avaliada, foi observada uma maior porcentagem de plantas com coloração externa das brácteas verde 60% e verde rajado de violeta 40%, não sendo observada coloração violeta rajado de verde, principalmente violeta e completamente violeta (Figura 5b). Este fato era esperado, considerando que a população avaliada pertencia a cultivar comercial Verde Redonda Melhorada. A figura 6 mostra aspectos da coloração dos capítulos observada nessa cultivar.

Alguns acessos incluídos do grupo III apresentaram coloração das brácteas verde rajado de violeta, sendo esta coloração preferida para consumo *in natura* no Brasil e Argentina.

A cor do capítulo é determinada por no mínimo dois genes. O padrão de herança para esse caractere foi estudado por Cravero et al. (2005), a hipótese proposta pelos autores foi que a determinação deste caractere estaria regida por dois pares de alelos,

existindo uma dominância completa em cada um dos loci e uma relação epistática recessiva entre estes. Os autores classificam esta característica em três categorias: verde (com somente a presença de pigmentos clorofilicos), violeta (somente presença de antocianinas) e rajado (presença de ambos os pigmentos), diferente dos descritores da UPOV (2002) adotadas neste trabalho.

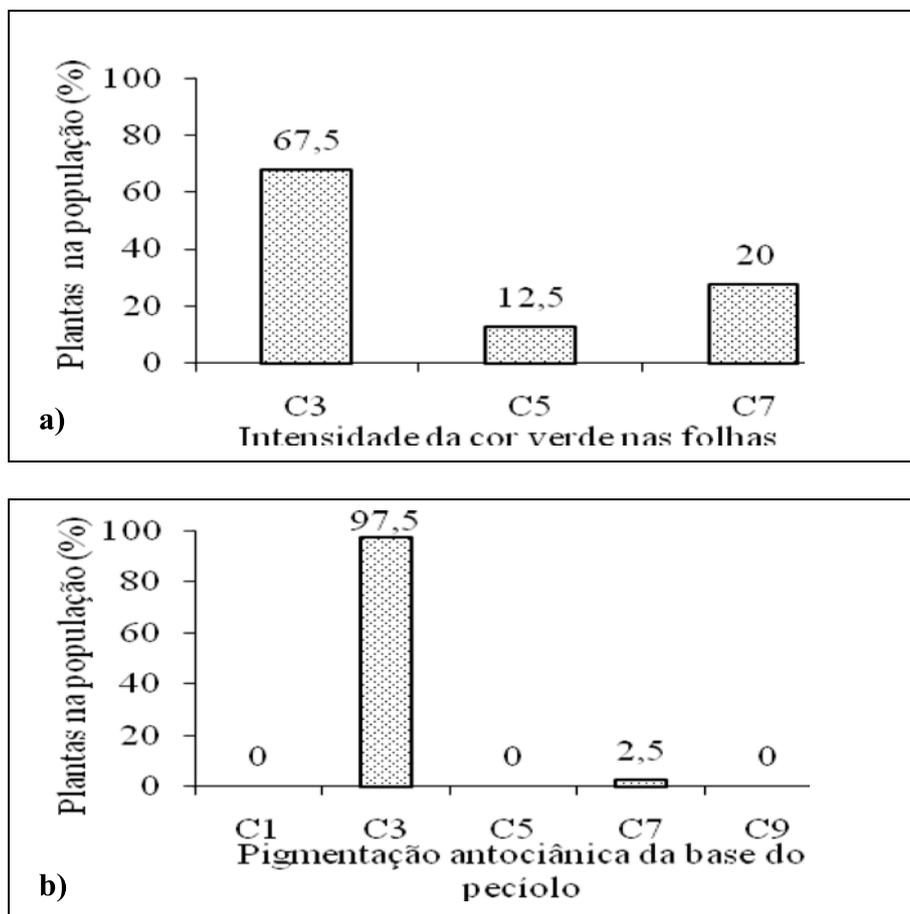


**Figura 5** - Porcentagem de plantas da população apresentando: (a) Formato da ponta das brácteas: agudo (C1), plano (C2) e emarginado (C3); (b) Coloração externa das brácteas: verde (C1), verde rajado de violeta (C2), violeta rajado de verde (C3), principalmente violeta (C4) e completamente violeta (C5), Passo Fundo/RS, FAMV- UPF, 2009.



**Figura 6** - Coloração das brácteas externas observada na população: verde rajado de violeta (a); verde (b) da população da cv. comercial de alcachofra Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009.

Para intensidade da coloração verde nas folhas, destaca-se a presença de maior quantidade de plantas com coloração de folhas verde claro 67,5%, seguida por plantas de coloração de folhas verde escuro 20% (Figura 7a), considerando que para a seleção de materiais aptos para consumo *in natura* essa característica não é significativa, esta poderia ser descartada em futuras avaliações. Para coloração antocianica da base do pecíolo uma maior porcentagem de plantas foi encontrada na classe fraca 97,5% (Figura 7b).



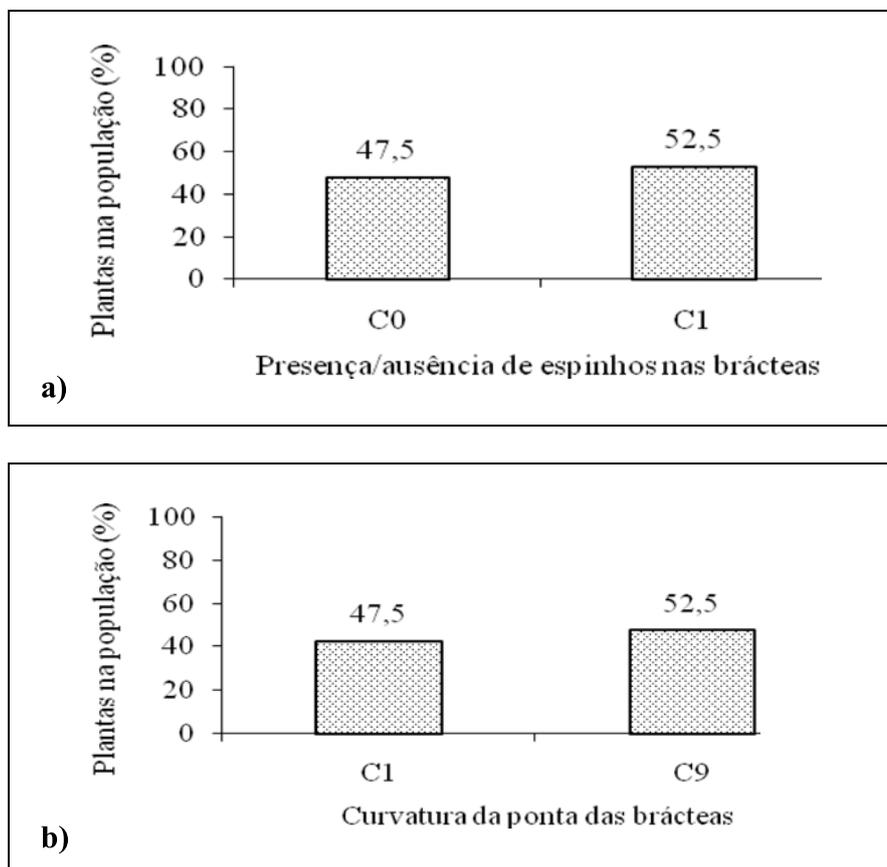
**Figura 7** - Porcentagem de plantas da população apresentando: (a) Intensidade da cor verde nas folhas: fraco (C3), médio (C5), e escuro (C7); (b) Pigmentação antocianica da base do peciolo: ausente (C1), fraca (C3), média (C5), forte (C7) e muito forte (C9), Passo Fundo/RS, FAMV- UPF, 2009.

Para as características binárias avaliadas, a população apresentou 52,5% de plantas com espinhos na ponta das brácteas, e 47,5 % de plantas sem espinhos na ponta das brácteas (Figura 8a), sendo que esta porcentagem de plantas com capítulos com espinhos na

ponta das brácteas é considerada alta tratando-se de uma cultivar comercial. Porém esse fato é explicável, por esta ser uma cultivar de propagação sexual, e sendo a espécie de fecundação cruzada apresenta alto grau de segregação genética, o que pode levar o aparecimento de caracteres indesejáveis como capítulos pequenos e espinhosos.

Com relação à determinação genética dessa característica, Pecaute & Foury (1992) afirmam que a presença e ausência de espinhos é determinada por um gene dominante, sendo que a presença de espinhos é dada pelo alelo recessivo desse gene, de forma que a maioria das plantas são heterozigotas para esse caractere. Assim a alta frequência de acessos com espinhos nesta população segregante indica que a frequência do alelo recessivo é bastante alta.

Com relação à curvatura na ponta das brácteas, 47,5% da população não apresentou curvatura na ponta da bráctea e 52,5% apresentou curvatura na ponta das brácteas (Figura 8b), sendo esta outra característica indesejável quando se busca materiais com aptidão para consumo *in natura*. A presença de curvatura na ponta das brácteas compromete a qualidade dos capítulos. A figura 9 mostra a variabilidade encontrada entre os acessos para a característica curvatura na ponta das brácteas.



**Figura 8** - Porcentagem de plantas da população com: (a) ausência de espinhos nas brácteas (C0) e com presença de espinhos nas brácteas externas (C1); b) Presença de curvatura na ponta nas brácteas (C1) e ausência de curvatura na ponta das brácteas (C9), Passo Fundo/RS, FAMV-UPF, 2009.



**Figura 9** – Detalhe da presença de curvatura na ponta das brácteas (a) e ausência de curvatura (b) na população da cv. comercial de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009.

Os resultados deste trabalho evidenciam a existência de variabilidade para as características multicategóricas, binárias e quantitativas avaliadas. Sendo possível selecionar nesta população acessos com o ideotipo adequado para consumo *in natura*, ou seja, com capítulo circular, formato da ponta do capítulo arredondada, de coloração verde rajado de violeta, sem espinhos e sem curvatura na ponta das brácteas bem como com valores maiores para comprimento do capítulo primário, comprimento da base das brácteas, largura da base das brácteas e comprimento das brácteas externas.

O acesso A12 pode ser selecionado para futuros cruzamentos ou para a propagação clonal por apresentar valores superiores aos grupos para as características, massa fresca do capítulo primário, diâmetro do capítulo primário, diâmetro do fundo, massa fresca do fundo, razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário. Este acesso também se destaca por não apresentar espinhos na ponta das brácteas, pela ausência de curvatura, formato do capítulo e formato da ponta do capítulo.

As características multicatóricas e binárias podem contribuir muito para a seleção de plantas com aptidão para consumo *in natura*, devendo ser levadas em consideração juntamente com as características quantitativas no processo seletivo.

Figura 10 mostra alguns acessos que agregam várias destas características.



**Figura 10-** Acessos que agregam algumas características desejáveis ao consumo *in natura*, características quantitativas e qualitativas – A12 (a), Coloração – A26 (b), Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009.

As plantas selecionadas serão clonadas por brotação, gerando repetições para futuros experimentos que permitirá uma melhor avaliação dos mesmos, permitindo acessar também outras características como rendimento total e avaliação de outros aspectos em relação aos capítulos secundários.

A multiplicação por sementes origina populações altamente variáveis de plantas geralmente inferiores em qualidade devido à segregação que pode manifestar-se, sendo assim a aplicação de um programa de seleção nestas populações permitiria melhorar a

qualidade desses materiais (COINTRY et al., 1999). Um exemplo disso constitui a cultivar Green Globe, obtida através de vinte anos de seleção massal na cultivar Green Globe original.

O conhecimento da variabilidade e composição genética de uma população de alcachofra obtida por sementes permite um maior aproveitamento dos materiais existentes e indicação de progenitores que aos serem cruzados permitem lograr maior efeito heterótico na progênie e a possibilidade de obter genótipos superiores em gerações segregantes, ou para selecionar e propagar aqueles indivíduos com caracteres agroeconômicos superiores nos programas de melhoramento da espécie.

As plantas selecionadas podem ser multiplicadas através do cultivo *in vitro* de meristemas o que oferece a possibilidade de obtenção de uma população grande, homogênea e livre de enfermidades, permitindo a rápida fixação dos genótipos selecionados.

#### 4 CONCLUSÕES

Há variabilidade dentro da população da cv. comercial de alcachofra, estabelecida por sementes, o que permite a seleção de plantas visando aumentar a frequência de alelos favoráveis dentro da população.

As características quantitativas que mais contribuem para a divergência genética na população são: massa fresca do capítulo primário, dias decorridos entre o plantio e a colheita, número de folhas, comprimento da bráctea externa, massa fresca e diâmetro do fundo.

Há variação para as características multicatóricas e binárias na cultivar avaliada. Essas características se mostraram de fundamental importância para a seleção de acessos aptos ao consumo in natura, sendo possível selecionar plantas que apresentam a combinação de características quantitativas e qualitativas importantes para o melhoramento.

### CAPÍTULO III

#### MICROPROPAGAÇÃO DA CULTIVAR BRASILEIRA DE ALCACHOFRA CV. NOBRE

ANGÉLICA REOLON DA COSTA<sup>1</sup>

<sup>4</sup>**RESUMO** - A produção de alcachofra no sul do Brasil é baseada na cultivar verde Nobre, desenvolvida para fins industriais. A micropropagação é uma alternativa para obtenção de mudas saudáveis, de alta qualidade e uniformidade, importante para aumentar a área de produção da cultura. A baixa taxa de multiplicação e as contaminações iniciais são fatores limitantes para a micropropagação dessa espécie. Os objetivos deste trabalho foram: a) estabelecer um protocolo de micropropagação para a cultivar Nobre, b) avaliar a taxa de multiplicação em diferentes meios de cultura, e c) enraizar e aclimatizar as plântulas de alcachofra. Brotos jovens foram desinfestados com etanol 70% durante 5 minutos, seguidos de imersão em solução de hipoclorito de sódio (2,5% de cloro ativo) por 20 minutos. Os ápices isolados foram cultivados em meio MS modificado, suplementado com 1,0 mg.L<sup>-1</sup> 2ip (6-(γ,γ- dimetil alilamino)-purina, 1,0 mg.L<sup>-1</sup> AIA (ácido indolacético), 0,025 mg.L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> (ácido giberélico), 20 g.L<sup>-1</sup> sacarose e 7,0 g.L<sup>-1</sup> ágar. Para controle dos microorganismos foi adicionado ao meio de isolamento

---

<sup>1</sup>Bióloga, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (ppgAgro) da FAMV/UPF, Área de concentração em Produção Vegetal.

1,0 ml.L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sódio (NaClO) ou 20 mg.L<sup>-1</sup> de gentamicina. Os propágulos sadios foram transferidos para cinco meios de multiplicação compostos por MS suplementado com: M1: 0,05 mg.L<sup>-1</sup> BAP (6- benzilamino purina); M2: 0,4 mg.L<sup>-1</sup> BAP + 0,1 mg.L<sup>-1</sup> ANA (Ácido naftaleno acético); M3: 2,0 mg.L<sup>-1</sup> Kinetina + 10 mg.L<sup>-1</sup> 2ip; M4: 2 mg.L<sup>-1</sup> BAP + 0,1 mg.L<sup>-1</sup> ANA + 0,05 mg.L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>; M5: 2 mg.L<sup>-1</sup> Kinetina adicionados ao MS contendo 400 mg.L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 800 mg.L<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> e 1000 mg.L<sup>-1</sup> de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O. O hipoclorito de sódio (NaClO) e o antibiótico gentamicina demonstraram-se igualmente eficientes no controle de infecções bacterianas durante a fase de isolamento, com 15 e 7% de contaminação, respectivamente, quando comparado com controle (53%). No subcultivo 2 as maiores taxas de multiplicação foram observadas nos meios M4 e M2 (4,57:1 e 4,00:1, respectivamente), não diferindo de M5 (2:1). No subcultivo 3 o meio que apresentou a maior taxa de multiplicação foi o M2 (5,9:1), sendo superior aos demais. As plantas foram enraizadas em meio MS modificado suplementado com 10mg.L<sup>-1</sup> de AIA e aclimatizadas em câmara climatizada. Na fase de enraizamento a frequência de plântulas enraizadas foi de 62%, e na fase de aclimatização o percentual de sobrevivência foi de 44,83% e 37,93 aos 30 e 60 dias do transplante, respectivamente. Esses resultados mostram a viabilidade da utilização comercial da micropropagação para esta cultivar brasileira de alcachofra.

**Palavras Chaves:** *Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori. cultivo *in vitro*, taxa de multiplicação

**MICROPROPAGATION OF BRAZILIAN ARTICHOKE  
CULTIVAR CV. NOBRE**

**ABSTRACT** - Artichoke production in South Brazil is based on the green cultivar “Nobre” developed for industrial purpose. Micropropagation is one alternative form obtaining healthy, high quality and uniform clones, important to increase the cultivation area. Initial contamination and the low multiplication rate are limiting factors for micropropagation of this species. This work aimed (1) to test bactericides to control contaminations; (2) to evaluate the multiplication rate of Nobre Brazilian artichoke cultivar on different culture media and c) to root and acclimatize artichoke plantlets. Young shoots were disinfested with 70% ethanol for 5 minutes, followed by sodium hypochlorite solution (2,5% of active chloro) for 20 minutes. The isolated apices were cultivated on MS modified medium, supplemented with 1.0 mg.L<sup>-1</sup> 2ip (6-(γ,γ- dimethyl allylamino)-purine, 1.0 mg.L<sup>-1</sup> IAA (Indolacetic acid), 0.025 mg.L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> (Giberelic acid), 20g.L<sup>-1</sup> sucrose, 7.0 g.L<sup>-1</sup> agar. Sodium hypochlorite 1.0 ml.L<sup>-1</sup> (NaClO) or 20 mg.L<sup>-1</sup> Gentamicine were added to the isolation medium for microorganism control. Healthy propagules were then transferred to five multiplication media composed by MS medium with the following supplements: M1: 0.05 mg.L<sup>-1</sup> BAP; M2: 0.4 mg.L<sup>-1</sup> BAP + 0.1 mg.L<sup>-1</sup> NAA; M3: 2.0 mg.L<sup>-1</sup> Kinetin + 10 mg.L<sup>-1</sup> 2ip; M4: 2 mg.L<sup>-1</sup> BAP + 0.1 mg.L<sup>-1</sup> NAA + 0.05 mg.L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>; M5: 2 mg.L<sup>-1</sup> Kinetin in a MS containing 400 mg.L<sup>-1</sup>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; 800 mg.L<sup>-1</sup>, KNO<sub>3</sub>; 1000 mg.L<sup>-1</sup> Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 4H<sub>2</sub>O). The experimental scheme was a complete randomized design with seven

replications. Data for rate of multiplication of the second and third subculture were subjected to analysis of variance and means values were compared by Duncan (5% significance level). Sodium hypochlorite (NaClO) and the antibiotic Gentamicine were equally efficient in the bacterial infection control during the isolation stage (15 and 7% contamination, respectively), compared with control (53%). At subcultivation 2, the highest multiplication rates were observed in the medium M4 (4.57:1) and M2 (4.00:1), not differing from the M5 (2:1). At subcultivation 3, media M2 (5.9:1) was superior to the others. Plantlets were rooted on MS basal medium supplemented with 10 mg.L<sup>-1</sup> de AIA and acclimatized in growth chamber. In rooting stage, the frequency of rooted plantlets was 62%, and in acclimatization stage the percentage of survival was 44,83% and 37,93 at 30 and 60 days of transplantation, respectively. These results show the viability of commercial utilization of micropropagation for this Brazilian Artichoke cultivar.

**Keywords:** *Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori L., *in vitro* culture, multiplication rate

## 1 INTRODUÇÃO

A alcachofra *Cynara cardunculus* [var. *scolymus* (L.) Fiori] é uma planta herbácea, pertencente à família Asteraceae, sendo considerada uma hortaliça nutracêutica, que produz capítulos carnosos os quais podem ser consumidos na forma *in natura* ou industrializada (BASNIZKI & ZOHARY, 1994).

O cultivo de alcachofra foi introduzido no Brasil no século XX pelos imigrantes italianos, franceses e japoneses. No estado do Rio Grande do Sul a alcachofra foi introduzida comercialmente pela Cooperativa Tritícola de Erechim Ltda (COTREL). A partir de seleção realizada em materiais introduzidos da Itália, foi desenvolvida a cultivar brasileira denominada Nobre. Esta cultivar possui características exclusivas para atender a indústria de conservas.

A propagação da alcachofra pode ser realizada via sexual (sementes) ou assexual (vegetativa). A propagação por sementes origina descendência heterogênea, sendo freqüente o aparecimento de formas do tipo silvestre com folhas espinhosas e capítulos de pequeno tamanho, espinhosos, de baixa consistência e qualidade, e também baixa precocidade (CAMARGO, 1992; GIL ORTEGA, 1996).

Embora a propagação vegetativa seja o método mais empregado em escala comercial Moncousin (1979); Isechi et al. (1998) este tipo de multiplicação apresenta uma série de inconvenientes como: heterogeneidade no vigor e na produção devido a diferenças no desenvolvimento dos brotos e sua capacidade de enraizamento (MAUROMICALE, 1984; MAUROMICALE et al., 1989); problemas fitossanitários da planta matriz, pela presença agentes patogênicos como vírus, fungos e bactérias

(MAUROMICALE, 1984); baixa taxa de multiplicação (cerca de três a cinco rebentos por planta/ano na maioria das cultivares e de oito a dez nos genótipos mais prolíficos (HARBAOUI & DEBERGH, 1980; PECAUT et al., 1983); dificuldade na introdução e difusão da cultura; elevado custo de implantação do matrizeiro e escassa possibilidade de mecanização (MAUROMICALE, 1984; MAUROMICALE et al., 1989).

Diante desses fatores limitantes na multiplicação vegetativa e sexual da alcachofra, a micropropagação surge como uma alternativa para a produção de mudas de qualidade, saudáveis e uniformes, podendo promover aumento da área de cultivo, além de ser de grande auxílio em trabalhos de melhoramento genético, visando gerar clones uniformes a partir de plantas selecionadas (COINTRY et al., 1999) ou desenvolvimento de linhagens sintéticas.

Segundo Lauzar & Vieth (1990) a propagação pela cultura de tecidos oferece um método alternativo para produzir uma população grande, homogênea e livre de enfermidades, permitindo também a rápida instalação de genótipos seletos em uma região específica. No entanto, problemas de contaminação e baixa taxa de multiplicação são fatores que limitam a micropropagação desta espécie, sendo necessário o estabelecimento de protocolos adequados para que se tenha sucesso no uso desta técnica em alcachofra.

Brutti et al. (2000) comentam que as pesquisas sobre propagação *in vitro* de alcachofra estão limitadas a cultivares européias e a cultivar Green Globe. Da mesma forma, Mauromicale & Ierna (2000) afirmaram que pesquisas relacionadas à micropropagação de

alcachofra tem sido limitadas à grupo restrito de cultivares, sendo utilizada para propagação comercial somente na Itália.

Os estudos sobre micropropagação em alcachofra iniciaram nos primeiros anos da década de setenta e tem encontrado algumas dificuldades, a primeira diz respeito à esterilização do material utilizado como fonte de explante é bastante difícil, pelo fato da proximidade dos órgãos utilizados como explante com contaminantes do solo, como bactérias, e há dificuldade de enraizamento. Ainda, a baixa taxa de multiplicação é considerada uma limitação da micropropagação de alcachofra (BRUTTI et al., 2000).

Alguns estudos tem avaliado técnicas de assepsia de explantes e avaliação de meios de cultura para a micropropagação de genótipos de alcachofra adaptados às condições brasileiras. Augustin et al. (2006) evidenciaram que o meio de multiplicação composto por de MS + 0,1mg L<sup>-1</sup> IBA + 0,5mg L<sup>-1</sup> Kinetina + 30 g L<sup>-1</sup> sacarose + 7,0 g L<sup>-1</sup> ágar obteve taxa de multiplicação de 2,68.

Apesar dos resultados promissores já obtidos, a multiplicação *in vitro* da cultivar brasileira Nobre ainda apresenta baixas taxas de multiplicação, o que limita a utilização da micropropagação em escala comercial. Sendo assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de testar o uso de bactericidas no meio de isolamento para controlar as contaminações bacterianas, avaliar a taxa de multiplicação da cultivar de alcachofra Nobre em cinco diferentes meios de multiplicação, enraizar e aclimatizar mudas produzidas *in vitro*, a fim de desenvolver um protocolo eficiente para multiplicação em larga escala da cultivar Nobre.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, entre janeiro e setembro de 2010.

Rebentos jovens de clones selecionados da cv. Nobre, cultivados no campo experimental da Universidade de Passo Fundo, foram doadores dos explantes (ápices caulinares). Folhas totalmente expandidas, juntamente com parte da porção radical, foram eliminadas, restando apenas o material vegetal constituído de parte das folhas mais internas e uma pequena porção basal, medindo cerca de 3,0 cm (Figura 1a). Este foi submetido à assepsia em etanol 70% por 5 minutos, seguido pela imersão em solução de hipoclorito de sódio (2,5% de cloro ativo) por 20 minutos (Figura 1b).



**Figura 1** - Etapas do preparo do material vegetal para isolamento dos ápices caulinares: material vegetal medindo cerca de 3,0 cm depois da remoção das folhas adultas e porção radical (a); material vegetal em assepsia, antes do isolamento dos ápices caulinares (b), Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2010.

Os ápices caulinares de aproximadamente 0,5 cm, foram isolados em câmara de fluxo laminar com o auxílio de um estereomicroscópio e inoculados no meio de isolamento constituído por meio MS modificado (MORONE FORTUNATO & RUTA, 2003), suplementado com  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  2iP 6-( $\gamma,\gamma$ - dimetil alilamino)-purina) +  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de AIA (ácido indolacético) +  $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$  GA<sub>3</sub> (ácido giberélico) +  $20 \text{ g.L}^{-1}$  de sacarose +  $7,0 \text{ g.L}^{-1}$  de ágar. Para controle de microrganismos foi adicionado ao meio de isolamento hipoclorito de sódio ( $1 \text{ mL.L}^{-1}$  (NaClO) comercial contendo 2,5% de cloro ativo ou  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  de gentamicina, após a autoclavagem. Também foi utilizado meio de isolamento sem adição de bactericidas como controle.

Em cada meio de isolamento foram cultivados quarenta ápices caulinares em tubos de ensaios individuais constituindo uma repetição. Estes foram mantidos no escuro por uma semana, e posteriormente foram expostos à luz com fotoperíodo controlado (12 horas luz: 12 horas escuro) e temperatura de 25°C. Neste momento foi avaliada a contaminação bacteriana contabilizando o número de ápices contaminados em cada meio.

Decorridos quarenta dias, os propágulos saudáveis foram transferidos do meio de isolamento para cinco diferentes meios de multiplicação compostos por meio MS com os seguintes suplementos: **M1**-  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  BAP (MORONE FORTUNATO & RUTA, 2003); **M2** –  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  BAP +  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  de ANA (GRANDO et al., 2009); **M3** -  $2 \text{ mg.L}^{-1}$  de cinetina +  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  2iP (BRUTTI et al., 2000); **M4** -  $2 \text{ mg.L}^{-1}$  BAP +  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  de ANA +  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$  GA<sub>3</sub>; **M5** - 2

mg.L<sup>-1</sup> de cinetina em MS modificado contendo 400 mg.L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 800 mg.L<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub>, 1000 mg.L<sup>-1</sup> de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 4H<sub>2</sub>O (TAVAZZA et al., 2004). Após três subcultivos os propágulos provenientes dos cinco meios de multiplicação, foram transferidos para meio MS sem suplementação de reguladores de crescimento, onde permaneceram até que atingissem o tamanho médio de 5 a 6 cm e apresentassem folhas vigorosas de coloração verde escuro. As taxas de multiplicação foram contabilizadas no segundo e terceiro subcultivo.

Os propágulos obtidos no meio MS sem suplementação foram transferidos para o meio de enraizamento composto por MS modificado + 10 mg.L<sup>-1</sup> de AIA + 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarose (MORONE FORTUNATO & RUTA, 2003), permanecendo cerca de 30 dias. Após este período as plântulas enraizadas, juntamente com as que não apresentavam raízes visivelmente desenvolvidas, foram transferidas para copos plásticos de 250 ml contendo substrato comercial Horta - 2 e aclimatizadas em câmara climatizada com temperatura de 20°C. Após 4,5 semanas as plântulas aclimatizadas foram transplantadas para recipientes maiores contendo substrato composto de 50% casca de arroz carbonizada + 50% substrato comercial Horta 2 e transferidas para estufa semi-climatizada.

Avaliou-se as variáveis: taxa de contaminação no estágio de isolamento, taxa de multiplicação no segundo e terceiro subcultivos, a porcentagem de plântulas enraizadas e a porcentagem de plantas aclimatizadas. O delineamento experimental adotado no estágio *in vitro* para a análise de contaminações foi o completamente casualizado, sendo a unidade experimental constituída de um tubo de ensaio contendo um ápice caulinar. Para a análise da taxa de

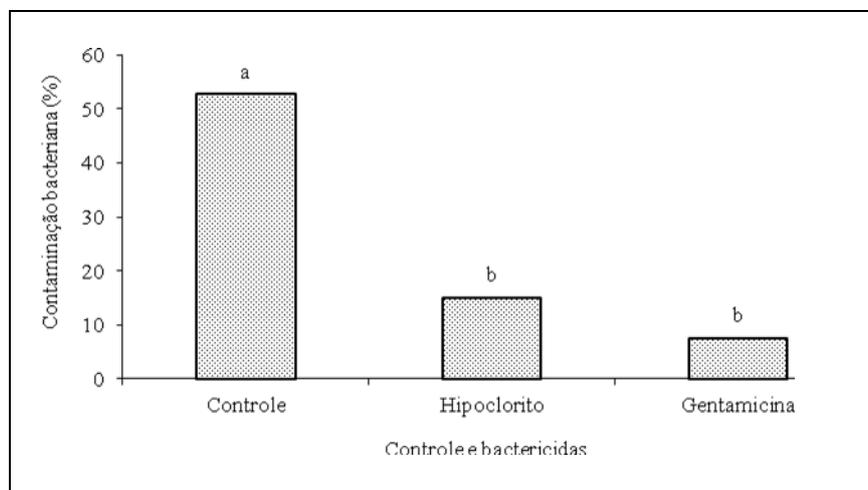
multiplicação, o delineamento experimental foi o DCC, com sete repetições, sendo a unidade experimental composta por um propágulo cultivado em frasco com 30 ml de meio de cultura. Os dados referentes a fase de isolamento tiveram suas médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro, e os dados relacionados à taxa de multiplicação à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O hipoclorito de sódio e a gentamicina foram eficientes no controle das contaminações bacterianas (Figura 2). Foi observado 53% de contaminação quando os ápices caulinares foram isolados em meio sem adição de bactericidas (controle). Esse alto nível de contaminação pode ser atribuído ao fato de que as plantas matrizes usadas como doadoras dos explantes foram provenientes do campo e não foram submetidas a um rigoroso controle fitossanitário, indicando a importância da qualidade fitossanitária das plantas doadoras dos explantes. Medeiros (1999) afirmou que os níveis de contaminação tendem a ser maiores quando as plantas matrizes, usadas como fonte de explantes, são provenientes do campo. No entanto, mesmo as plantas submetidas a rigoroso controle fitossanitário, e mantidas em viveiro protegido ou casa de vegetação, são fontes potenciais de microorganismos, podendo tornar-se limitantes aos procedimentos de cultivo *in vitro*.

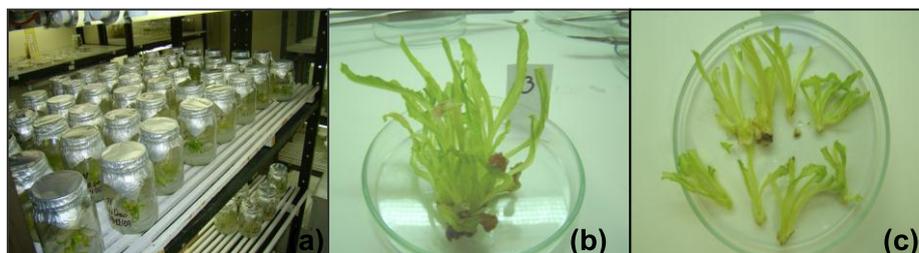
Com a adição de hipoclorito de sódio ao meio de isolamento, foi observado 15% de contaminação bacteriana. O

hipoclorito de sódio tem sido usado com sucesso na esterilização de meio de cultura para o cultivo *in vitro*, pois apresenta excelente atividade antibacteriana relacionada com a formação de compostos contendo cloro ativo (como o ácido hipocloroso e o íon hipoclorito) (TEIXEIRA et al., 2008). Da mesma forma, a adição do antibiótico gentamicina ao meio reduziu a contaminação bacteriana, não diferindo do hipoclorito de sódio. Segundo Grattapaglia e Machado (1998), a utilização de antibióticos no cultivo *in vitro*, é interessante para o controle de contaminações bacterianas endógenas que freqüentemente representam sérios problemas no estabelecimento *in vitro* das culturas. No entanto, é consenso que mesmo assim, dificilmente se consegue eliminar completamente as bactérias, pois os antibióticos normalmente utilizados em cultura de tecidos vegetais possuem ação bacteriostática e não bactericida (DONATO et al., 2005). Os resultados obtidos indicaram a eficiência desses compostos no controle de contaminações bacterianas, no meio de isolamento, diminuindo significativamente as perdas por contaminações iniciais um dos fatores que limitam a aplicação da técnica de micropropagação em alcachofra.



**Figura 2** – Porcentagem de contaminação de explantes de alcachofra em meio de isolamento com três diferentes controles bactericidas. Letras iguais não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2010.

Após 40 dias em meio de isolamento os propágulos saudáveis foram transferidos para cinco diferentes meios de cultura para multiplicação, sendo contabilizadas as taxas de multiplicação em cada meio (Tratamento), a taxa de multiplicação foi obtida mediante a contagem dos novos propágulos originados a partir de um propágulo inicial (Figura 3).



**Figura 3** – Estádio de multiplicação da cv. Nobre *in vitro*: Propágulos estabelecidos em meio de multiplicação (a); Propágulos prontos para serem transferidos para o segundo subcultivo (b); Propágulos resultantes da divisão do propágulo inicial (c), Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2010.

Durante a fase de multiplicação houve influência significativa ( $p=0,0130$ ) do meio de cultura no subcultivo 2 nas taxas de multiplicação obtidas (Apêndice 7). No subcultivo 3, o fator meio de cultura teve influência altamente significativa ( $p=0,0001$ ) sobre as taxas de multiplicação obtidas, neste experimento (Apêndice 7).

No segundo subcultivo as maiores taxas de multiplicação foram obtidas quando se utilizou os meios M4 (4,57: 1) e M2 (4:1), não diferindo do M5 (2:1) (Figura 4). No terceiro subcultivo, a maior taxa de multiplicação foi obtida no meio M2 (5,9: 1) sendo superior aos demais (Figura 4). Tanto o meio M2 como o M4 possuíam na sua composição os reguladores de crescimento BAP (6-Benzil aminopurina) e ANA (ácido naftalenoacético), o que sugere que a combinação destes favoreceu a multiplicação de propágulos de alcachofra. Já, os meios M1 e M3 não foram eficientes para multiplicação da alcachofra Nobre, enquanto que o M5 não diferiu dos melhores no segundo subcultivo. Esses meios de multiplicação foram

testados originalmente em outras cultivares, o M1 na cultivar precoce Catanese (MORONE FORTUNATO & RUTA, 2003), M3 por Brutti et al. (2000) na cultivar Early French e o M5 foi utilizado com sucesso em trabalho realizado por Tavazza et al. (2004) com a cv. 'Spinoso sardo'.

A taxa de multiplicação 5,9: 1 obtida no meio 2 no terceiro subcultivo é elevada para essa cultivar, que normalmente apresenta baixas taxas de multiplicação *in vitro* como demonstram estudos realizados por Brutti et al. (2000) onde as taxas de multiplicação obtidas variaram de 1:1 a 5:1.

No campo, a taxa de multiplicação encontrada é cerca de três a cinco rebentos por planta/ano, na maioria das cultivares, e de oito a dez nos genótipos mais prolíficos (HARBAOUI & DEBERGH, 1980; PECAUT et al., 1983). Em um ensaio de GARCÍA & COINTRY (1996) foi demonstrado que as cultivares apresentam respostas diferenciadas em suas taxas médias de multiplicação, o que permitiu agrupar os clones avaliados em cultivares com elevada (3,3 - 3,9), média (2,2 - 2,8) e baixa (menor a 2) taxa de multiplicação. Exemplos do primeiro grupo constituem as cultivares Blanc Hyerois, Francés Italiano, INRA VP 45 e Crysanthème; para o segundo Camus de Bretagne, Cacique e Caribou, e para o terceiro Precoz Italiano e Ñato.

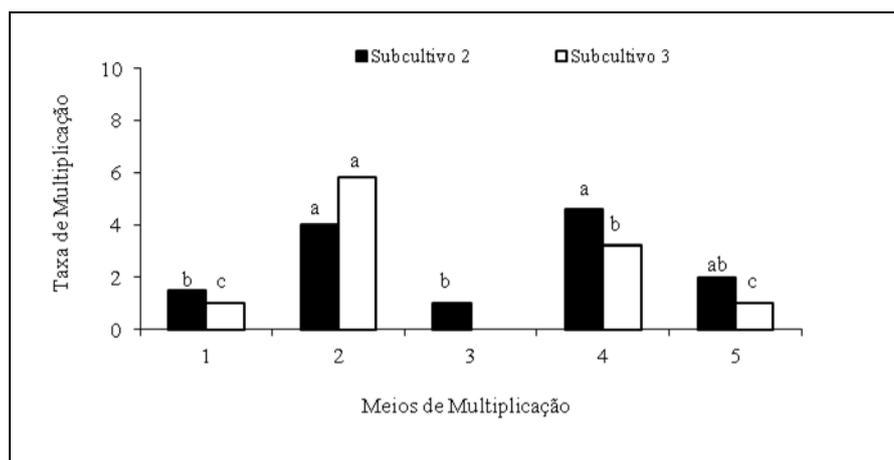
Brutti et al. (2000), testando diferentes reguladores de crescimento (Kinetina, BAP, 2ip e Sulfato de Adenina) no meio de multiplicação de alcachofra cv. Early French obtiveram taxa de multiplicação de 1:1 a 5:1. A taxa máxima obtida por estes autores foi

quando utilizaram  $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de BAP, no entanto, as brotações obtidas nessa concentração apresentavam uma baixa estatura (0,57cm).

Taxas similares foram obtidas neste trabalho no meio M2 o qual foi suplementado com  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  BAP +  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  de ANA, sendo que as plantas tiveram estatura normal, porém quando foi utilizado  $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de BAP observou-se uma tendência a ocorrência de vitrificação nas plantas, as quais se tornaram quebradiças. A baixa estatura relatada por Brutti et al. (2000) ao utilizar  $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de BAP não foi observada neste experimento, o que pode ser atribuído a presença de ácido giberélico ( $\text{GA}_3$ ) no meio, na concentração de  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ , juntamente com o ANA. Segundo Matsumoto (2005) as principais atividades das giberelinas nas plantas estão relacionadas ao crescimento caulinar e à quebra de dormência, entre outras. O autor comenta que as giberelinas ativam as divisões celulares em folhas jovens, ativam o crescimento de cotilédones e pecíolos, auxiliam na formação de folhas juvenis, retardam a senilidade foliar e afetam o esverdeamento foliar causado pela luz.

No entanto, num segundo momento os propágulos mantidos no meio M4 começaram a apresentar sinais de vitrificação, o que sugere que a quantidade de BAP no meio M4 pode ter sido muito alta. O uso de citocinina estimula maior produção de partes aéreas, mas o seu excesso é tóxico e caracteriza-se, principalmente, pelo demasiado entufamento e falta de alongamento das culturas, redução no tamanho das folhas, encurtamento dos entrenós, engrossamento exagerado dos caules e vitrificações generalizadas, o que leva a sérios problemas na fase de enraizamento (TORRES et al., 1998). Qi- Guang et al. (1986) observaram que o excesso de BAP afeta a vitrificação,

interagindo com a concentração de ágar no meio, aumentando-se a concentração de ágar no meio, é possível reduzir o efeito do BAP embora com diminuição na taxa de multiplicação.



**Figura 4** – Taxa de multiplicação de propágulos de alcachofra em 5 meios de multiplicação no segundo e terceiro subcultivo. (Letras comparam o subcultivo 2 e 3 pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro), Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2010.

Em trabalho realizado por Grandó et al. (2009) onde foram testados oito meios de cultura que combinaram quatro concentrações de BAP (0,05; 0,1; 0,2; 0,4 mg.L<sup>-1</sup>) e presença ou ausência de ANA (0 e 0,1 mg.L<sup>-1</sup>), foram obtidas taxas de multiplicação variando de 1:1 a 3:1 em dois subcultivos sucessivos. Nesse trabalho realizado também com a cv. Nobre o meio contendo 0,4 mg.L<sup>-1</sup> BAP + 0,1 mg.L<sup>-1</sup> ANA também foi o que apresentou maior taxa de multiplicação. No presente trabalho, a maior taxa de multiplicação no terceiro subcultivo foi de 5,9:1, sendo superior aos resultados obtidos por Grandó et al. (2009) o que permite afirmar que o balanço adequado de auxina:citocinina

para multiplicação de propágulos de alcachofra, foi atingido para os clones de alcachofra Nobre utilizados neste experimento.

Caldas et al. (1998) comentaram que a composição e concentração hormonal no meio são fatores determinantes no crescimento e no padrão de desenvolvimento na maioria dos sistemas de cultura de tecidos. Para isso, as auxinas e as citocininas são as classes de reguladores de crescimento mais utilizadas. Os autores comentam que existem diferenças entre as citocininas, sendo que o BAP induz à formação de grande número de brotos e alta taxa de multiplicação em sistemas de micropropagação.

Segundo Howell et al. (2003), as citocininas são muito importantes na regulação do crescimento e da morfogênese, pois estimulam a divisão das células, a indução e a proliferação de brotações. Durante a fase de multiplicação *in vitro*, as citocininas são muito utilizadas, pois promovem a quebra da dominância apical, maximizam o número de brotos regenerados, favorecendo a propagação *in vitro*. No entanto, deve-se ter cuidado com a concentração de citocinina adicionada ao meio de cultura. Segundo Hinojosa (2005), as auxinas afetam vários processos nas plantas, mas sua característica principal é a sua capacidade de induzir alongamento celular.

Após três subcultivos, todos os propágulos foram transferidos para meio MS sem regulador de crescimento, sendo esta uma fase preparatória para o enraizamento. Quando os propágulos atingiram tamanho médio de 5 a 6 cm e apresentaram folhas vigorosas de coloração verde escuro (aproximadamente 30 dias) (Figura 5a), foram transferidos para meio de enraizamento.



**Figura 5** - Aspectos do estágio de enraizamento e aclimatização da cv. Nobre: Propágulos cultivados em meio MS sem reguladores de crescimento prontos para serem transferidos para meio de enraizamento (a); Plantas enraizadas para a aclimatização (b); Plantas aclimatizadas estabelecidas em estufa semi-climatizada (c), Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2010.

Na fase de enraizamento a frequência de plântulas enraizadas em meio MS modificado + 10 mg.L<sup>-1</sup> de AIA foi de 62%. Utilizando a mesma dose de AIA (10 mg.L<sup>-1</sup>) adicionado ao meio MS, Morone et al. (2005) conseguiram uma porcentagem de enraizamento de 49%, sendo esta inferior a obtida neste trabalho.

Em trabalho realizado por Morzadec & Hourmant (1997), o meio contendo somente auxina apresentou porcentagem de enraizamento de 50%. Já, nos meios aos quais foi adicionado GA<sub>3</sub> as porcentagens de enraizamento foram de 80,5% e 92,3% para as concentrações 2,9 e 14,4 uM de GA<sub>3</sub>, respectivamente, bem superiores às obtidas neste experimento. Portanto, o acréscimo de GA<sub>3</sub> no meio de enraizamento deve ser testado nos próximos experimentos de enraizamento *in vitro* de alcachofra.

De acordo com Matsumoto (2005) a adição de giberelinas exógenas em plantas pode apresentar diferentes efeitos no crescimento

de raiz, dependendo da espécie vegetal e das condições experimentais. O mesmo autor relata que foram observados efeitos positivos, efeitos negativos bem como nenhum efeito no crescimento de raízes após a adição de giberelinas exógenas.

Um total de 174 plântulas (apresentando ou não raízes desenvolvidas) foram transferidas da condição *in vitro* para recipientes com substrato em câmara climatizada. Após 30 e 60 dias do transplante, o percentual de sobrevivência foi de 44,83% e 37,93%, respectivamente. Estes resultados de baixa taxa de aclimatização devem-se ao excesso de umidade (Figuras 5 b e c).

Morone et al. (2005) obtiveram uma porcentagem de sobrevivência de 60% para propágulos enraizados. Quando os propágulos enraizados foram aclimatizados na presença de micorrizas (*Glomus viscosum*), esses autores obtiveram porcentagens de sobrevivência de 90 a 95%. A inoculação de fungos micorrizicos na fase de aclimatização de alcachofra pode resultar em melhores resultados para a propagação *in vitro* e já esta sendo amplamente utilizada por pesquisadores italianos.

#### 4 CONCLUSÕES

O hipoclorito de sódio e a gentamicina são eficientes no controle de contaminações no estágio de isolamento de ápices caulinares de alcachofra.

A taxa de multiplicação de alcachofra é influenciada pela composição do meio de cultura, com maior eficiência do meio composto por  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  BAP (6- benzilamino purina) +  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  ANA (ácido naftaleno acético).

É possível enraizar e aclimatizar plantas da cultivar Nobre de alcachofra produzidas *in vitro*, no entanto estes dois processos devem ser otimizados.

É viável a aplicação comercial da micropropagação para a cultivar Nobre brasileira de alcachofra.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os caracteres morfológicos quantitativos, multicategóricos e binários são eficientes para a caracterização dos acessos de alcachofra tanto que é a metodologia adotada pelo MAPA para registrar e proteger cultivares.

A análise da variabilidade genética é uma importante estratégia para a seleção de genótipos superiores para serem utilizados como progenitores em futuros cruzamentos. Sendo este um estudo preliminar sugere-se a realização de um estudo que tenha por finalidade acessar a variabilidade encontrada dentro dos acessos, bem como o estudo da herança e análise de correlação entre os caracteres vegetativos, produtivos e de qualidade. Plantas selecionadas podem também ser multiplicadas *in vitro*.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. Population structure and sampling methods. Frankel, O.H.; Bennet, E. *Genetic resources in plants – Their exploration and conservation*. London, p.97-107, 1970;

AMARAL JUNIOR A. T.; CASALI V. W. D; CRUZ, C. D; FINGER F. L. Utilização de variáveis canônicas e de análise de agrupamentos na avaliação da divergência genética entre acessos de moranga. *Horticultura brasileira*, Brasília, v.2, n.14, p. 182-184, 1996.

ARIYO, O. J. Genetic diversity in West African Okra (*Abelmoschus caillei*) Multivariate analysis of morphological and agronomic characteristics. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v.40, p.25-32, 1993.

ARUNACHALAM, V. Genetic distance in plant breeding. The Indian Journal of *Genetics & Plant Breeding*, Netherlands, v.41, n.2, p. 226-236, 1981.

ASPRELLI P. D. *Determinación de la variancia genética para caracteres vegetativos y productivos en una población de clones de alcaucil (Cynara scolymus L.) y análisis de componentes principales y de agrupamiento*, 2000. (Trabalho de graduação). Universidade Nacional de Rosario, Rosário- Argentina, 2000.

ASPRELLI P. D.; CRAVERO, V. P.; COINTRY, E.L. Evaluación de la variabilidad presente en una población de clones de alcaucil (*Cynara scolymus L.*). *Revista Investigación Faculdade de Ciências Agrárias. UNR*. v.1, n.1, p.27-38, 2001.

AUGUSTIN, L.; GRANDO, M.F.; SUZIN, M.; PIVA, M.; DONIDA, B.; FLOSS, E.L. 2006. Micropropagação de uma cultivar de alcaçofra para uso industrial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46, 2006, Goiânia / GO. *Anais...*, Brasília: Sociedade de Olericultura do Brasil., 2006, p. 24: 1-4.

BAGGIO, M. I.; PALLA, F.; BOSCARDIN, D. S.; MANTOVANI, N.; GRANDO, M. F.; AUGUSTIN, L.; SUZIN, M.; DONIDA, B. Floral Biology of Artichoke (*Cynara scolymus L.*) Nobre-UPF

Brazilian Cultivar In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ALCACHOFRA, 7, 2009. França, Junho, 2009.

BASNIZKI, Y. *Cynara scolymus* L. Handbook of flower ring. *CRC Press*, v. 2, p. 391-399, 1985.

BASNIZKI, J.; ZOHARY, D. Breeding of seed – planted artichoke. *Plant Breeding Reviews*. J. Janik, J. Wiley and sons, Inc. (eds). v.12, p. 253-269, 1994.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; ASSMANN, I. C.; FLOSS, E. L.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V. S.; SILVA, J. G. Implicações do ambiente sobre o rendimento de grãos de aveia e suas influências sobre estimativas de parâmetros genéticos. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.9, n.3, p.207-214, 2003.

BORREGO, J. V. M. Hortalizas Aprovechables por sus inflorescências – Herbáceas Especial – In: *Horticultura – 2ª edição revisada y ampliada – Ediciones Mundi – Prensa: Castelo 37-28001 – Madrid, 1986, p.313-326.*

BOSCARDIN, D.; PALLA, F.; GRANDO, M. F.; SUZIN, M.; GIROTTI, L.; AUGUSTIN, L.; DONIDA, B.; MORAES-FERNANDES, M. I. B.; MAUROMICALE, G. Micropropagação da cultivar de alcachofra, do alto uruguaí gaúcho, COT 2001: ajuste de protocolo. In: CONGRESO NACIONAL DE HORTIFRUTICULTURA, 11, CONGRESO PANAMERICANO PROMOCIÓN DEL CONSUMO DE FRUTAS Y HORTALIZAS, 3, 2007, Montevideo.

BRAVO, A., ARIAS, E. Cultivo de La Alcachofa – Situación actual y perspectivas - *Corporación de fomento de la producción gerencia de Desarrollo – Facultad de Agronomía de la Pontificia, Universidad Católica de Chile – Fevereiro, 1983.*

BROWN, J. E.; RICE-EVANS, C. A. Luteolin rich artichoke extract protects low density lipoprotein from oxidation in vitro. *Free Radic Res*, v.29, p.247–255, 1998.

BRUTTI, C.; APÓSTOLO, N. M.; FERRAROTTI, S. A.; LLORENTE, B. E.; KRYMKIEWICZ, N. Micropropagation of *Cynara scolymus* L. employing cyclodextrins to promote rhizogenesis. *Scientia Horticulturae*, v. 83, p.1-10, 2000.

BURT, R. L.; WILLIAMS, R. J.; WILLIAMS, W. T. Observation, description and classification of plant collections. In: CLEMENTS, R. J.; CAMERON, D. G., Ed. *Collecting and testing tropical forage plants*. Melbourn: CSIRO, p.40-51, 1980.

CALDAS, L. S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M. E. Meios nutritivos. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*. Brasília: Embrapa – SPI/ Embrapa – CNPH, 1998, p. 87-132.

CAMARGO, L. S. *As hortaliças e seu cultivo*. Campinas: Fundação Cargill, 252p, 1992.

COINTRY, E. L.; LÓPEZ ANIDO, F. S.; GARCÍA, S. M.; FIRPO, I. T. Mejoramiento genético del alcaucil (*Cynara scolymus* L.). *Avances en Horticultura*. v.4, n.1, p. 51-60, 1999.

COINTRY, E. L. *Evaluación de caracteres cualitativos y cuantitativos en Cynara scolymus L. y su utilización en el mejoramiento de la especie*. 2001. (Tese de doutorado). Universidade Nacional de Rosario, Rosário- Argentina, 2001.

COMIN, R. C. ; GIROTTO, L. ; SUZIN, M.; GRANDO, M. F.; AUGUSTIN, L.; DONIDA, B.; BAGGIO, M. I. Ajuste de metodologia para aclimatização de plântulas alcachofra micropropagadas *in vitro*. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO, 17 2007, Passo Fundo. *Anais: XVI Mostra de Iniciação Científica da Universidade de Passo Fundo I*. Passo Fundo, Editora UPF, 2007.

CRAVERO, V. P. *Evaluación de familias S1 de alcaucil (Cynara scolymus L.) y empleo de técnicas de análisis multivariado para caracterización y selección*. 2001. (Tese de Mestrado). Universidad Nacional de Rosario, 2001.

CRAVERO, V. P.; ANIDO, F. S. L.; COITRY, E. L. Caracterización y selección de familias S1 de alcaucil a través de técnicas de análisis multivariado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 619-625, 2002.

CRAVERO, V.; PICARDI, L. A.; COINTRY, E. An approach for understanding the heredity of two quality traits (head color and tightness) in globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Genetic and Molecular Biology*, v. 28, n.3, p. 431-434, 2005.

CRUZ, C. D. *Análise multivariada e simulação*. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa, 2006, 175p.

CRUZ, C. D. *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. 1990. Tese (Doutorado). Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ, Piracicaba, 1990.

CRUZ, C. D. *Programa Genes-Versão Windows*. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa, 2001, 642p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV. 1994.

CUI, Z. et al. Phenotypic diversity of modern Chinese and North American soybean cultivars. *Crop science*, Saint Paul, v.41, p. 1954-1967, 2001.

DE PACE, C. Studi delle relazioni tra forma e dimensioni del capolino principale in carciofo (*Cynara Scolymus* L.). Confronto fra metodi statistici di analisi della forma. In: CONGRESSO INTERNAZIONALE DI STUDI SUL CARCIOFO,3., 1998. Bari. Ed. Industria Grafica Laterza, 1981, p. 689-701.

DELLECECCA, V.; MAGNIFICO, V.; MARZI, V.; PORCEDU, E.; SCARASCIA MUGNOZZA, G. T. Contributo alla conoscenza delle varietà di carciofo coltivate nel mondo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DI STUDI SUL CARCIOFO, 2, 1976. Bari. Ed. Minerva Medica, Torino, 1976, p.199-316,

DONATO, V. M. T. S.; ANDRADE, A. G.; TAKAKI, G. M. C.; MARIANO, R. L. R.; MACIEL, G. A. Plantas de cana-de-açúcar

cultivadas *in vitro* com antibióticos, *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, n.2, Lavras, 2005.

DONIDA, B. T. *Produção e qualidade de sementes da alcachofra*. 2004. (Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 54p, 2004.

ESCARTÍN HUERTO, J. *Perspectivas comerciales de la alcachofa en la U.E. Tudela – Navarra*. (ITGA ed.) p. 39 -53, 1996. (Boletim da Jornada Técnica de Alcachofra, 1).

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. *Introduction to quantitative genetics*. Fourth Edition. Longman Group Ltd, 1996, 446p.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Caracterização de germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro assistidos por marcadores moleculares: resultados de pesquisa 2005-2008. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 58p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, N° 207).

FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; PESSOA DA CRUZ, M. C. Nutrição e adubação de hortaliças. Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba. São Paulo, 1993. p. 179 – 187

FILGUEIRA, F. A. R. *Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças*. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982, 357p.

FILHO, W. P. D.; CAMARGO, A. M. M. P. D; CAMARGO, F. P. Mercado de Alcachofra no Estado de São Paulo e Viabilidade da Produção Orgânica. *Informações Econômicas*, SP, v.39, n.4, p.70-75, 2009.

FOTI, S.; MAUROMICALE, G.; RACCUIA, S. A.; FALLICO, B.; FANELLA, F.; MACCARONE, E. Possible alternative utilization of *Cynara* spp. I. Biomass, grain yield and chemical composition of grain. *Ind Crops Prod*, v.10, p.219–228, 1999.

FOURY, C. Étude de la biologia florale de l' Artichaut (*Cynara scolymus* L.) Application a la selection. 1<sup>o</sup> partie : Donnés sur la biologia florale. *Amélior. Plantes*, v.17, n.4, p. 357-373, 1967.

FOX, A. *Atibiotics that affect plant envelope*. Disponível em: <[http://pathmicro.med.sc.edu/fox/antibiotics\\_1.htm](http://pathmicro.med.sc.edu/fox/antibiotics_1.htm)>. Acesso em: 2 fev. 2011.

GAHNIAN, R.; ASSENOV, J. Some pharmacological properties of *Cynara scolymus* L. plants. Nuovi studio sul Carciofo. In: CONGRESSO INTER DI STUDI SUL CARCIOFORO, 2, 1976. Torino, Bari Ed Minerva Medica, 1976, p.129-137.

GARCIA, S. M. La produccion hortícola en Argentina. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.2, capa, abr/jun, 2007;

GARCIA, S. M.; COINTRY, E. L.; LÓPEZ ANIDO, F. S.; CRAVERO, V. P.; FIRPO, I. T.; *Atichoke situacion in Argentina*, p. 195-200, 2005;

GARCIA. S. M.; CONTRY, E. L. Micropropagación de alcalcil (*Cynara scolymus* L.). *R.I.A.* v.21, n.1, p.69-74, 1996.

GEBHARDT R., Antioxidative and protective properties of extracts from leaves of artichoke (*Cynara scolymus* L.) against hydroperoxide induced oxidative stress in cultured rat hepatocytes. *Toxicol Appl Pharmacol*, v.144, p.279–286, 1997.

GIL ORTEGA, R. *Selección y mejora de la alcachofa*. Comunicaciones. Gobierno e Navarra, Instituto técnico y de Gestión agrícola, S.A. p.95-98, 1996. (Boletim da Jornada Técnica de Alcachofra, 1).

GOMINHO, J.; FERNANDEZ, J.; PEREIRA, H. *Cynara cardunculus* L- a new fibre crop for pulp and paper production. *Ind Crops Prod*, v. 13, p.1–10, 2002.

GRANDO, M. F.; COMIN, R. C.; CALVETE, E. O.; AUGUSTIN, L. ; SUZIN, M.; DONIDA, B. 2009. Estabelecimento da multiplicação in vitro da cultivar brasileira de alcachofra Nobre-UPF. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 49, 2009, Águas de Lindóia-SP. *Horticultura Brasileira*. Brasília: Sociedade Brasileira de Horticultura, 2009, p.S1-S8.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (eds.). *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, 1998. p. 183-260.

GRAU, L. A. *El cultivo de la alcachofa y del cardo*. Editorial Sintesis S. A. Espanha, 1982, 83p.

GOMINHO, J.; FERNANDEZ, J.; PEREIRA, H. *Cynara cardunculus* L- a new fibre crop for pulp and paper production. *Ind Crops Prod*, v.13, p.1-10, 2002.

GROLLI, P. R. Propagação de Plantas Ornamentais. In: PETRY, C.(Org.). *Plantas ornamentais: aspectos para produção*, Passo Fundo: Ed. UPF, 2000, 155p.

HANG, G. Análisis económico del alcaucil. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, v.1, n.1, p4-14, 1993. (Boletín Hortícola).

HARBAOUI, Y.; DEBERGH, P. Application of culture in vitro pour l'amelioration des plants potageres. Reun. Eucarpia. Section Legumes: 1-7 Multiplication in vitro de clones sélectionnées d'atichaut (*Cynara scolymus* L), Versailles, 1980.

HINOJOSA, G. F. Auxina em plantas superiores: Síntese e Propriedades Fisiológicas. In Cid, P. B. (ed). *Hormônios vegetais em plantas superiores*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005, p.15-57.

HOWELL, S. H., LALL, S.; CHE, P. Cytokinins and shoot development. *Plant Science*, v. 8, p. 453-459, 2003

ISECHI, K.; PAIVA, L. C.; MALUF, W. Como plantar alcachofra. 1 ed. Lavras: UFLA/Departamento de Agricultura/Grupo de Estudos de

Olericultura, 1998. (Boletim técnico de hortaliça, 11). Disponível em: <<http://www2.ufla.br/~wrmaluf/bth011/bth011.html>>. Acesso em: 5 abr., 2005.

LANTERI, S.; LEDDA ANDA, L.; MAMELI, M. G.; DI LEO, I.; PORTIS E. Variação morfológica e molecular em uma população de alcachofra “spinoso sardo”. *Acta Hort.* v. 681, p. 333-340, 2005.

LATTANZIO, V.; CICCIO, .; TERZANO, R.; RACCUIA, S. A.; MAUROMICALE, .; DI VENERE, D. Potenziale utilizzo di sottoprodotti derivanti dalla lavorazione industriale del carciofo [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori]: antiossidanti di natura fenolica ed inulina. In: PROCEEDINGS OF THE 19TH CONGRESS OF THE ITALIAN SOCIETY OF AGRICULTURAL CHEMISTRY (SICA). Reggio Calabria, 2001, p.15-28.

LAUZAR, D.; VIETH, J. Micropropagation off seed derived plants of *Cynara scolymus* L., cv. “GREEN GLOBE”. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v.21, p.237-244, 1990.

LÓPEZ ANIDO, F. S.; FIRPO, I. T.; GRACÍA, S. M.; COINTRY, E. L. Estimation of genetic parameters for yield traits in globe artichoke. *Euphytica*, v.103, p. 61-66, 1998.

MACCARONE, E.; FALLICO, B.; FANELLA, F.; MAUROMICALE, G.; RACUIA, S. A.; FOTI, S. Possible alternative utilization of *Cynara* spp. II. Chemical characterization of their grain oil. *Industrial Crops and Products*, EUA, v. 10, p. 229-237, 1999.

MACUA GONZÁLES, J. I.; ARCE TUDANCA, P. Multiplicación vegetativa. Selección clonal in alcachofra. 1996. Gobierno de Navarra, Instituto Técnico y de Gestión Agrícola S.A, p. 99- 106, 1996 (Jornada Técnica de alcachofra, 1).

MAGRANER, F. S., RODRÍGUEZ, C. C. La alcachofa. Publicaciones Del Ministerio de Agricultura Série A, Madrid, pg.51, 1967. (Manuales técnicas).

MATSUMOTO, K. Giberelinas em Plantas Superiores: Síntese e Propriedades Fisiológicas. In: Cid, P.B. (ed). *Hormônios vegetais em*

*plantas superiores*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005, p.80-101.

MAURO, R.; PORTIS, E. E.; ACQUADRO, A.; LOMBARDO, S.; MAUROMICALE, G.; LANTERI, S. Genetic diversity of globe artichoke landraces from Sicilian sallow-holdings: implications for evolution en domestication. *Conserv Genet*, v.10, p. 431- 440, 2009.

MAUROMICALE G.; COPANI, V. Caratteristiche biologiche e produzione di cloni diversi di carciofo isolati in popolazioni siciliane di "Violetto di Sicilia". *Técnica Agrícola*, v.4, p.1-17, 1989.

MAUROMICALE, G. La propagazione di *Cynara scolymus* L. alla luce delle piu' recenti acquisizione tecniche nel settore. *Centro di Studio sulle colture precoci ortive*, Sicilia del C. N. R. 21 p, 1984.

MAUROMICALE, G.; BASNIZKI, Y.; CAVALLARO, V. Primi risultati sperimentali sulla propagazione del carciofo (*Cynara scolymus* L) per seme. *Rivista di Agronomia*, v. 23, n.6, p.416-423, 1989.

MAUROMICALE, G.; IERNA, A. Speciale carciofo. Le attuali conoscenze: Panorama varietale e miglioramento genetico del carciofo. *L'Informatore Agrario*, Verona, v. 26, p. 39-45, 2000.

MAUROMICALE, G.; MORELLO, N.; SANTOIEMMA, G.; IERNA, A. Speciale carciofo. Per aumentare il reddito: Nueve varietà permigliorare la cinaricoltura siciliana. *L'Informatore Agrario*, Verona, v.26, p. 47-51, 2000.

MEDEIROS, C. P. C. *Indução in vitro de respostas morfogenéticas em explantes nodais de cajazeira (Spondias mombin L.)*. 1999. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

MONCOUSIN, C. Multiplication vegetative accelere et selection Bacterienne de *Cynara scolymus* L. In: CONGRESSO INTERNAZIONALE DI STUDI SUL CARCIOFO, 3, 1979. Bari, novembro, 1979, p. 219 - 229.

MONTEMURRO, O.; CIANCI, D.; L'utilizzazione dei sottoprodotti del carciofo nell'alimentazione del bestiame. In: MINERVA MEDIA (ED) PROCEEDING INTERNATIONAL CONGRESS ON ARTICHOKE, 2, 1976. Bari, 1974 p.22-24.

MORALES- LILELA, E.; MONTEIRO, S. J.; MENDES, A. R.; FONSECA, L. N. J.; GODOY, R. Princípios de documentação de recursos genéticos vegetais. *Dialogo XLV, conservacion de germoplasma vegetal*. Montevidéo, p. 49-67, 1996;

MORALES-VILELA, A. E.; VALOIS, C. A. Princípios para conservação e uso dos recursos genéticos. *Dialogo XLV, conservacion de germoplasma vegetal*. Montevidéo, p. 13- 30, 1996;

MOREIRA, J. A. N.; SANTOS, J. W.; OLIVEIRA, S. R. M. *Abordagem e metodologias para avaliação de germoplasma*. Brasília: Embrapa, 1994, 115p.

MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

MORONE FORTUNATO, I., RUTA, C. Piantine micropropagate di carciofo precoce con inoculo di funghi micorrizici arbuscolari. *Italus Hortus*, v.10, p. 213-218, 2003.

MORONE FORTUNATO, I., TAGARELLI, A. Micropropagazione di carciofo (*Cynara scolymus* L.) cv. Catanese. Convegno su Colture in vitro e Micropropagazione in Ortoflorofruitticoltura. *Cesena*, v. 2, p. 111-113, 1989.

MORONE FORTUNATO, I.; RUTA, C; CASTRIGNANÒ, A.; SACCARDO, F. The effect of mycorrhizal symbiosis on the development of micropropagated artichokes. *Scientia Horticulturae*, v. 106, p.472-483, 2005.

MORONE FORTUNATO, L., As petti cito-istologici della moltiplicazione vegetativa *in vitro* del carciofo (*Cynara scolymus* L.}. *Annali della Facoltà di Agraria di Bari*, v. 82, p. 367-376, 1982.

MORZADEC, J. M.; HOURMANT, A. In vitro rooting improvement of globe artichoke (cv. Camus de Bretagne) by GA<sub>3</sub>. *Scientia Horticulturae*, v.72, p.59-62, 1997.

MURASHIGE, T. Plant propagation through tissue culture. *Annual Review of Plant Physiology*, v.25, p.135-166, 1974.

MURAYAMA, S. Eng. Agr. diretor do colégio Agrícola de ITU, Estado de São Paulo – *Horticultura* – Inst. Campineiro de Ensino Agrícola – Campinas SP. In 5<sup>a</sup> parte – Hortaliças e frutos Alcachofra, 1972, pg. 675.

MURAYAMA, S. *Horticultura*. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, São Paulo, p. 305 – 318, 1983.

NASS, L. L. *Recursos Genéticos vegetais*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, 2007, 858p.

NASS, L. L.; VALOIS, A. C. D.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C.; *Recursos genéticos e Melhoramento de plantas*. Mato Grosso, 2001, 1.183p.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. *Propagação vegetativa de espécies florestais*. Viçosa: UFV, 2001. 46p.

PECAUT P.; FOURY, C. L' Artichaut. In. GALLAIS. A.; BANNERD, H. Amélioration des especés végétales cultivées. Paris, p.460-470, 1992.

PECAUT, P. Globe artichoke *Cynara scolymus* L. In: G. Kallo and B. D. Berg (eds) *Genetic improvement of vegetables crops*. Pergamon. Oxford, p. 737 – 746, 1993.

PECAUT, P. ; FOURY, C. L' artichaut. En: A. Gallais and H. Bannerot (eds). *Amélioration des espèces cultivées*. INRA Paris, p. 460 – 470, 1992.

PECAUT, P.; DUMAS DE VAULX, R.; LOT, H. Virus – free clones of globe artichoke obtained after in vitro propagation. *Acta Hortic.* v.131, p. 303 – 309, 1983.

PEETERS, J.P.; MARTINELLI, J. A. Hierarchical cluster analysis as a tool to manage variation in germplasm collection. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v.78, n.1, p.42-48. 1989

PEREZ-GARCIA, F.; ADZET, T.; CANIGUERAL, S. Activity of artichoke leaf extract on reactive oxygen species in human leukocytes. *Free Radic Res*, v.33, p.661-665, 2000.

PERRRINO, P.; PACUCCI, G. Indagine su alcune tecniche di autofecondazione e di incrocio nel carciofo (*Cynara scolymus* L). *Sementi Elette*, v.20, n.4, p. 3-10, 1974.

PINTO, R. J. B. *Introdução ao melhoramento genético de plantas*. Maringá: EDUEM, 1995.

PORCEDU, E. DELLACECCA, V.; BIANCO, V. V. Classificazione numerica di cultivar di carciofo. In: CONGRESSO INTERNAZIONALE DI STUDI SUL CARCIOFO,2, 1976. Bari. Ed. Minerva medica, Torino, 1976, p. 1105-1119.

QI-GUANG, Y.; READ, P. E.; FELLMAN, C. D.; HOSIER, M. A. Effect of cytokinin, UBA, and rooting regime on chinese chestnut cultured *in vitro*. *HortScience*, v.21, p.133-134,1986.

QUEROL, D. *Recursos genéticos nosso tesouro esquecido: abordagem sócio econômica*. AS-PTA, Rio de Janeiro, 1993, p. 206.

ROTTENBERG, A.; ZOHARY, D. The wild ancestry of the cultivated artichoke. *Genetic Resources and Conservation, A. and Zoharyop Evolution*, v.43, n.1, p.53-58, 1996.

ROTTENBERG, A.; ZOHARY, D. Wild genetic resources of cultivated artichoke. *Acta Horti*, v. 681, p.307-311, 2005.

ROTTENBERG, A.; ZOHARY, D.; NEVO, E. Isozyme relationships between cultivated artichoke and the wild relatives. *Genet. Resour. Crop Evol*, v. 43, p. 59-62, 1996.

RYDER E.; DE VOS, N. E. BARÍ, M. A. The globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) . *HortiScience*, v.18, n.5, p. 646-653, 1983.

SERAFINI, L. A. *Biotecnologia na agricultura e na agroindústria*. Agropecuária, Guaíba, 2002, 463p.

SIMS, W. L.; SCIARONI, R. H.; LANGE, W. H. Growing Globe Artichokes in California. University of California, *Agricultural Extension Service*. AXT – 52 REV, 1968.

SINNOT, E. W. Evidence for existence of genes controlling shape. *Genetics*, v.20, p. 12-21, 1935.

SUGIYARTO, E.; SOERMATONO, D.; MANGOENDIDJOJO, W. Yield stability analysis in surgancane cultivar trial. *Agriculture Science*, v.3, p.315-322, 1984.

SUZIN, M.; GIROTO, L.; GRANDO, M. F.; CALVETE, E. O.; DONIDA, B.; AUGUSTIN, L.; BAGGIO, M. I. Estabelecimento in vitro de explantes de cultivar brasileira de alcachofra. In: *48º Congresso de Olericultura, 2008, Maringá-PR. Resumos 48º Congresso de Olericultura. Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2008, p. 26.*

TAMARIN, R. H., *Princípios de genética*. Editorial Reverte S.A. Barcelona, Espanha, 1996, 607p.

TAVAZZA R, PAPACCHIOLI V, ANCORA G. An improved medium for in vitro propagation of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) cv. *Acta Horticultrae*, v. 660, p. 91–97, 2004

TEIXEIRA, S. L.; RIBEIRO, J. M.; TEIXEIRA, M. T. Utilização do hipoclorito de sódio na esterilização de meio de cultura para a multiplicação *in vitro* *Eucalliptus pellita* L. *Ciência florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 2, p.185 – 191, 2008.

TESKE, M.; TRENTINI, A. M. M. – *Herbarium – Compêndio de Fitoterapia – 2ª Edição – Revisado e Ampliado*, Curitiba – Paraná/Brasil, 1995, 317p.

TESKE, M.; TRENTINI, A. M. M.; *Compêndio de Fitoterapia; Herbarium Lab. Botânico*, Curitiba: Paraná, 1995.

TORRES A. C, CALDAS L. S.; BUZZO J. A. *Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas*. Brasília, Embrapa, 1998, 864p.

TRIGIANO, R. N.; GRAY, D. J. *Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology*, 2010, 583p.

UPOV. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability, Globe Artichoke, 2002, 21p.

VALLS, J. F. M. Caracterização morfológica, reprodutiva e bioquímica de germoplasma vegetal. In: ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS, 1, 1988, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FCAV, 1988, p. 106-124.

VIANA, J. M. S. *Divergência genética, estabilidade e adaptabilidade de clones de cana-de-açúcar (Sacharum spp)*. 1990. (Tese de mestrado). Universidade Federal de Viçosa – Imprensa Universitária, Viçosa, 1990.

WALTER, B. M. T.; CAVALCANTI, T. B.; BIANCHETTI, L. de B.; VALLS, J. F. M. Coleta de germoplasma vegetal: relevância e conceitos básicos. In: WALTER, B. M. T.; CAVALCANTI, T. B. *Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal*. Brasília, DF: Embrapa Recursos genéticos e Biotecnologia, 2005, p. 27-55.

WANG, M. F.; SIMON, J. E.; AVILES, I. F.; HE, K.; ZHENG, Q.Y.; TADMOR, Y. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.). *J Agr Food Chem*, v. 51, p.601–608, 2003.

WIKLUND, A. The genus *Cynara* L. (Asteraceae-Cardueae). *Bot. J. Linn. Soc.* v.109, p. 75–123, 1992.

ZEMBO, J. C. El cultivo del alcaucil en el Gran La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. v.4, n.11, p.10-17, 1996. (Boletín Hortícola).

## **5 APÊNDICES**

**Apêndice 1** – Resumo da análise de variância entre os genótipos da coleção de germoplasma de alcachofra Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009

<b>Variáveis</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>CV</b>	<b>F</b>
<b>AP</b>	18	2,90	0,16	28,89	4,15**
<b>DP</b>	18	2,05	0,11	22,72	3,32**
<b>CPF</b>	18	2,43	0,13	30,08	3,43**
<b>DTP</b>	18	6,97	6,38	21,53	4,40**
<b>NF</b>	18	1111,0	61,72	30,57	1,87ns
<b>CF</b>	18	1,34	0,074	18,88	6,31**
<b>LF</b>	18	0,35	0,074	40,18	1,48*
<b>NBL</b>	18	235,26	13,07	78,90	4,16**
<b>PFC</b>	18	752502,1	41955,6	28,12	14,80**
<b>CCP</b>	18	293,25	16,29	15,34	9,70**
<b>DCP</b>	18	509,08	32,78	17,50	10,85**
<b>CBB</b>	18	61,90	32,78	17,21	3,90**
<b>LBB</b>	18	2964,80	164,71	18,55	6,81**
<b>EBB</b>	18	95,56	5,36	23,31	3,76**
<b>EBB</b>	18	95,56	5,36	23,31	3,76**
<b>CBE</b>	18	16616,86	923,15	18,45	8,84**
<b>EF</b>	18	243,55	13,53	15,18	5,06**
<b>PF</b>	18	37613,1	2089,61	30,55	7,21**
<b>DF</b>	18	11429,93	634,99	14,23	9,34**
<b>NCS</b>	18	245,63	13,64	74,52	5,17**
<b>RP</b>	18	0,6793	0,0377	27,28	5,91**

\* $p < 0,05$  \*\* $p < 0,01$ . Altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP), comprimento do pedúnculo floral (CPF), diâmetro do talo principal (DTP), número de folhas (NF) comprimento de folhas (CF), largura de folhas (LF), número de brotações laterais (NBL), massa fresca do capítulo primário (PFC), comprimento de capítulo primário (CCP), diâmetro de capítulo primário (DCP), comprimento da base das brácteas (CBB), largura da base das brácteas (LBB), espessura da base das brácteas (EBB), comprimento das brácteas externas (CBE), espessura do fundo (EF), massa fresca do fundo (PF), diâmetro do fundo (DF), número de capítulos secundários (NCS), razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário (RP).

**Apêndice 2** - Comparação de médias e desvio padrão para as variáveis: altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP), comprimento do pedúnculo floral (CPF), diâmetro do talo principal (DTP), número de folhas (NF), Passo Fundo/ RS, FAMV, UPF, 2009

GENÓTIPOS	AP	DP	CPF	DTP	NF
G1	0,53±0,18	0,96±0,33	0,45±0,16	1,70±0,55	22,66±0,57
G2	1,11±0,41	0,94±0,20	0,82±0,20	1,63±0,56	23,50±7,58
G3	0,44±0,04	0,47±0,25	0,34±0,05	1,23±0,20	12,00±1,00
G4	0,38±0,05	0,65±0,09	0,31±0,06	1,16±0,15	9,66±4,72
G5	0,44±0,08	0,66±0,11	0,37±0,16	1,43±0,25	11,66±2,08
G6	0,54±0,08	0,82±0,06	0,44±0,09	1,60±0,20	17,33±2,30
G7	0,60±0,20	0,63±0,18	0,52±0,18	1,13±0,29	15,33±4,68
G8	0,70±0,08	0,62±0,07	0,62±0,08	1,01±0,24	16,50±3,45
G9	0,69±0,02	0,67±0,01	0,57±0,02	0,96±0,20	17,33±3,21
G10	0,73±0,10	0,57±0,03	0,62±0,13	0,60±0,14	14,00±0,00
G11	0,96±0,07	0,80±0,08	0,97±0,26	1,08±0,14	19,83±0,47
G12	0,99±0,49	1,09±0,10	0,86±0,40	1,53±0,51	25,66±16,7
G13	0,74±0,05	0,83±0,09	0,69±0,07	0,93±0,15	20,33±5,61
G14	0,79±0,01	0,74±0,03	0,72±0,03	1,12±0,17	19,00±5,88
G15	0,53±0,06	0,74±0,12	0,44±0,04	1,25±0,07	15,00±5,65
G16	0,81±0,02	1,27±0,75	0,74±0,01	1,45±0,21	17,50±4,95
G17	0,87±0,07	0,76±0,07	0,74±0,06	1,20±0,10	22,33±2,08
G18	0,77±0,20	0,85±0,18	0,65±0,18	1,53±0,29	17,36±4,68
G19	0,80±0,20	0,86±0,20	0,70±0,24	1,50±0,30	18,77±6,62

... continuação

**Apêndice 2-** Médias e desvio padrão para as variáveis: comprimento de folhas (CF), largura de folhas (LF), número de brotações laterais (NBL), massa fresca do capítulo primário (PFC), comprimento de capítulo primário (CCP), Passo Fundo/ RS, FAMV, UPF, 2009

GENÓTIPOS	CF	LF	NBL	PFC	CCP
G1	0,57±0,20	0,28±0,08	3,00±1,00	188,29±113,62	9,23±1,9
G2	0,71±0,10	0,38±0,04	4,16±2,13	199,52±49,14	9,18±2,16
G3	0,33±0,07	0,16±0,06	2,00±1,73	170,59±39,03	10,43±1,07
G4	0,38±0,12	0,32±0,24	0,00±0,00	127,85±34,53	8,53±0,35
G5	0,47±0,12	0,20±0,06	1,66±1,52	164,11±46,53	9,23±1,35
G6	0,55±0,10	0,28±0,07	0,00±0,00	160,01±49,94	10,83±0,75
G7	0,41±0,09	0,21±0,07	1,33±2,17	139,21±55,31	7,40±1,27
G8	0,45±0,03	0,21±0,03	1,33±2,16	76,46±27,64	5,53±0,81
G9	0,54±0,07	0,27±0,01	1,33±1,15	128,22±3,00	6,63±0,50
G10	0,37±0,02	0,17±0,02	0,00±0,00	49,86±7,48	5,00±0,42
G11	0,52±0,08	0,28±0,02	0,00±0,00	77,85±18,54	5,55±0,70
G12	0,95±0,30	0,46±0,15	2,00±2,00	280,04±119,56	8,40±1,05
G13	0,58±0,05	0,29±0,02	0,00±0,00	47,09±8,49	5,63±0,38
G14	0,48±0,01	0,25±0,01	0,00±0,00	50,84±1,35	6,55±0,75
G15	0,59±0,14	0,29±0,04	0,50±0,70	227,32±21,17	9,15±1,48
G16	0,66±0,12	0,31±0,12	4,00±0,00	164,48±143,06	7,60±0,56
G17	0,62±0,08	0,26±0,05	1,00±1,73	70,59±6,99	9,30±1,95
G18	0,60±0,09	0,26±0,07	3,18±2,17	241,35±55,31	9,26±1,27
G19	0,61±0,11	0,31±0,16	3,25±1,94	258,75±54,89	9,40±1,41

...Continuação

**Apêndice 2-** Médias e desvio padrão para as variáveis: diâmetro de capítulo primário (DCP), comprimento da base das brácteas (CBB), largura da base das brácteas (LBB), espessura da base das brácteas (EBB), espessura do fundo (EF), Passo Fundo/RS, FAMV, UPF, 2009

GENÓTIPO	DCP	CBB	LBB	EBB	EF
G1	9,00±3,21	14,26±2,60	27,09±6,85	5,35±1,22	6,59±1,07
G2	8,55±0,59	18,12±5,01	27,45±8,00	3,82±1,55	9,70±2,14
G3	9,33±0,28	11,47±0,97	30,77±1,12	3,99±0,70	8,75±0,25
G4	8,16±2,08	18,11±0,94	26,89±4,29	4,28±1,68	11,86±1,35
G5	8,70±1,15	13,80±4,11	25,17±2,55	2,87±0,80	10,41±0,63
G6	8,30±0,55	17,29±3,80	26,23±1,99	4,81±0,34	10,75±1,02
G7	9,01±1,41	17,19±2,92	25,13±2,69	6,14±0,80	10,57±1,15
G8	6,55±0,62	13,70±3,14	17,81±1,13	5,29±0,69	10,25±2,07
G9	6,90±0,60	19,23±1,73	20,81±1,32	6,34±0,88	15,55±0,51
G10	5,25±0,35	14,88±1,47	14,89±1,94	4,99±0,84	7,34±1,43
G11	7,86±0,53	14,52±1,70	17,02±1,00	5,20±1,00	10,67±1,43
G12	13,50±3,60	15,49±2,94	30,58±10,06	6,83±2,01	12,90±2,40
G13	5,78±0,14	13,13±1,25	17,87±2,08	6,70±0,60	9,73±1,06
G14	6,72±0,78	13,20±0,96	18,99±1,23	5,68±0,57	12,26±1,26
G15	12,40±1,13	19,93±1,72	22,73±8,91	5,89±1,42	9,68±2,21
G16	8,85±2,61	20,05±2,77	24,76±2,58	5,95±1,67	12,23±3,72
G17	8,66±1,50	23,70±4,12	28,37±3,71	7,74±1,50	13,53±3,07
G18	11,58±1,94	16,33±2,15	29,90±3,57	4,74±1,39	10,17±1,09
G19	11,67±1,97	17,54±3,31	30,06±6,09	4,87±1,19	11,21±1,81

...continuação

**Apêndice 2-** Médias e desvio padrão para as variáveis: massa fresca do fundo (PF) espessura do fundo (EF), ou diâmetro do fundo (DF), número de capítulos secundários (NCS), razão massa fresca do fundo/massa fresca do capítulo primário (RP), Passo Fundo/RS, FAMV, UPF, 2009

GENÓTIPOS	PF	DF	NCS	RP
G1	0,11±0,04	47,29±16,30	1,33±1,15	0,11±0,04
G2	0,24±0,09	58,14±6,88	4,50±3,01	0,24±0,09
G3	0,23±0,02	39,24±15,63	1,00±1,00	0,23±0,02
G4	0,36±0,03	61,92±6,03	0,00±0,00	0,36±0,03
G5	0,24±0,02	56,97±4,99	0,00±0,00	0,24±0,02
G6	0,26±0,03	57,85±8,69	0,66±1,15	0,26±0,03
G7	0,28±0,22	53,90±15,17	1,83±0,40	0,28±0,22
G8	0,44±0,08	55,52±6,57	4,00±0,89	0,44±0,08
G9	0,37±0,01	69,18±1,71	4,33±1,52	0,37±0,01
G10	0,36±0,04	46,20±0,79	2,50±0,70	0,36±0,04
G11	0,42±0,03	56,78±4,18	3,50±1,22	0,42±0,03
G12	0,38±0,04	82,90±11,84	7,00±8,66	0,38±0,04
G13	0,31±0,02	43,98±4,42	4,16±1,16	0,31±0,02
G14	0,36±0,05	46,74±1,64	2,50±0,57	0,36±0,05
G15	0,46±0,23	69,25±2,89	0,050±0,70	0,46±0,23
G16	0,20±0,07	61,21±34,91	2,50±2,12	0,20±0,07
G17	0,23±0,07	42,38±3,39	0,66±1,15	0,23±0,07
G18	0,26±0,09	65,91±7,14	1,59±0,85	0,26±0,09
G19	0,24±0,03	68,75±7,91	1,62±0,89	0,24±0,03

**Apêndice 3** – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 19 genótipos de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
G2	42.76					
G3	27.55	69.54				
G4	36.40	52.42	30.89			
G5	34.78	37.56	37.41	15.94		
G6	35.34	47.35	35.25	16.82	9.25	
G7	19.90	43.58	24.46	13.60	27.51	25.94
G8	44.29	74.96	37.43	33.94	57.75	59.26
G9	62.42	106.68	35.50	25.40	53.53	48.10
G10	43.49	86.84	48.45	49.16	74.36	74.91
G11	38.65	76.40	40.78	39.36	60.81	53.00
G12	52.40	67.36	46.09	31.29	47.14	43.60
G13	50.09	90.29	37.24	34.46	56.43	54.96
G14	55.15	98.47	35.22	49.64	62.43	59.29
G15	31.74	75.93	40.95	31.21	35.25	30.75
G16	55.18	131.68	33.67	41.63	62.89	55.59
G17	74.07	99.99	60.02	56.82	78.92	58.39
G18	17.92	42.52	17.70	19.32	15.67	20.67
G19	20.82	49.57	17.77	18.97	18.31	22.90

...continuação

**Apêndice 3** – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 19 genótipos de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009

	G7	G8	G9	G10	G11	G12
G2						
G3						
G4						
G5						
G6						
G7						
G8	19.11					
G9	25.89	25.61				
G10	29.13	15.93	47.41			
G11	18.73	13.59	27.20	15.36		
G12	17.92	13.33	26.43	34.99	15.88	
G13	19.17	9.38	26.28	19.48	14.46	11.46
G14	43.68	46.44	40.12	72.93	44.74	53.03
G15	26.66	52.54	54.80	51.87	49.48	51.54
G16	37.92	63.34	34.23	72.76	52.61	65.32
G17	38.41	76.34	55.89	80.54	52.68	51.02
G18	16.17	45.12	45.53	55.40	45.77	44.81
G19	17.74	46.39	41.13	57.53	47.76	44.65

...continuação

**Apêndice 3** – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 19 genótipos de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009

	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19
G2							
G3							
G4							
G5							
G6							
G7							
G8							
G9							
G10							
G11							
G12							
G13							
G14	43.37						
G15	41.92	45.40					
G16	49.14	53.11	58.68				
G17	60.18	85.36	59.50	60.40			
G18	40.13	30.97	20.70	38.10	60.60		
G19	39.75	29.53	19.54	37.45	59.93	1.40	

**Apêndice 4** - Resumo da análise de variância entre os quatro grupos formados pela análise de agrupamento, Passo Fundo/RS, FAMV - UPF, 2009

<b>Variáveis</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>CV%</b>	<b>F</b>
<b>AP</b>	3	0,55	0,45	28,40	9,70***
<b>DP</b>	3	0,86	0,28	24,48	7,23***
<b>CPF</b>	3	1,34	0,37	32,22	8,35***
<b>DTP</b>	3	4,98	1,66	22,19	17,77***
<b>NF</b>	3	425,87	141,25	32,31	4,11**
<b>CF</b>	3	0,66	0,22	21,93	13,80***
<b>LF</b>	3	0,09	0,03	4,96	2,22ns
<b>NBL</b>	3	168,86	56,28	80,87	17,06***
<b>PFC</b>	3	665142,91	221714,3	29,99	68,75***
<b>CCP</b>	3	237,91	79,30	16,43	41,17***
<b>DCP</b>	3	447,09	149,03	19,71	39,23***
<b>CBB</b>	3	219,93	73,91	19,73	6,88***
<b>LBB</b>	3	2268,92	756,30	19,57	28,08***
<b>EBB</b>	3	4,38	16,43	28,97	10,05***
<b>CBE</b>	3	12677,35	4225,78	20,10	30,10***
<b>EF</b>	3	0,82	20,67	19,20	0,62ns
<b>PF</b>	3	24514,81	8171,60	39,59	22,61***
<b>DF</b>	3	5967,44	1989,14	17,22	17,83***
<b>NCS</b>	3	83,72	27,90	87,76	7,66***
<b>RP</b>	3	0,28	0,09	32,84	10,96***

\* $p < 0,05$  \*\* $p < 0,01$  \*\*\* $p < 0,001$ . Altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP), comprimento do pedúnculo floral (CPF), diâmetro do talo principal (DTP), número de folhas (NF) comprimento de folhas (CF), largura de folhas (LF), número de brotações laterais (NBL), massa fresca de capítulo primário (PFC), comprimento de capítulo primário (CCP), diâmetro de capítulo primário (DCP), comprimento da base das brácteas (CBB), largura da base das brácteas (LBB), espessura da base das brácteas (EBB), comprimento das brácteas externas (CBE) espessura do fundo (EF), massa fresca do fundo (PF), diâmetro do fundo (DF), número de capítulos secundários (NCS), razão massa fresca do fundo/capítulo primário (RP).

**Apêndice 5 – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 40 acessos de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009**

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
G2	7,57					
G3	11,09	17,31				
G4	21,17	26,17	10,50			
G5	8,98	5,80	19,35	26,90		
G6	6,47	8,31	16,74	23,45	7,27	
G7	7,86	15,06	6,61	12,64	16,11	11,83
G8	14,64	10,45	26,11	32,28	6,70	10,59
G9	13,87	9,09	24,76	32,18	6,10	10,10
G10	4,85	6,53	15,64	22,91	5,72	3,08
G11	8,80	8,78	18,17	24,37	5,40	6,89
G12	32,49	27,98	42,60	48,29	24,16	28,03
G13	16,27	22,88	6,45	8,37	24,95	21,22
G14	19,42	26,13	9,29	7,14	28,00	24,28
G15	10,07	9,51	15,12	22,69	9,94	13,40
G16	4,30	5,90	13,21	21,47	6,56	7,92
G17	7,37	6,22	17,48	24,43	3,86	5,97
G18	4,97	13,41	23,85	29,85	9,04	11,87
G19	5,45	8,13	11,86	18,48	8,74	19,44
G20	21,05	15,54	31,21	38,48	12,47	17,84
G21	20,10	115,02	30,25	37,16	11,56	16,59
G22	15,59	11,04	25,82	32,89	7,37	12,07
G23	16,56	14,47	26,30	31,86	9,43	12,04
G24	12,14	19,10	7,01	10,77	20,35	16,05
G25	12,54	18,96	4,09	9,61	20,47	17,57
G26	23,52	18,96	33,99	40,59	15,09	18,94
G27	8,57	5,52	18,23	26,01	3,79	7,95
G28	24,02	20,04	34,64	40,68	16,18	18,86
G29	13,74	9,91	22,88	30,09	6,64	12,40
G30	18,27	13,64	28,26	35,05	10,38	15,00
G31	7,46	6,77	15,50	23,59	7,34	9,33
G32	9,99	16,31	5,22	12,53	18,51	15,00
G33	5,25	11,25	8,77	16,26	12,00	10,21
G34	18,18	24,66	8,11	7,69	26,77	23,30
G35	10,20	15,32	8,24	16,06	17,31	15,25
G36	11,85	17,27	8,74	15,20	18,69	16,49
G37	7,16	9,51	15,52	21,90	8,51	6,97
G38	8,92	14,64	7,05	13,52	15,91	14,02
G39	6,97	12,32	8,00	15,30	13,29	12,16
G40	7,74	11,91	12,30	17,92	10,91	10,57

...continuação

**Apêndice 5 – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 40 acessos de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009**

	G7	G8	G9	G10	G11	G12
G2						
G3						
G4						
G5						
G6						
G7						
G8	21,19					
G9	21,00	4,07				
G10	11,50	10,46	9,68			
G11	14,42	9,27	8,36	6,21		
G12	38,63	19,00	19,58	28,36	24,67	
G13	9,88	30,41	30,06	20,58	23,60	48,08
G14	12,90	33,60	33,18	23,66	23,33	5,88
G15	14,98	15,05	15,18	11,33	9,59	30,11
G16	11,21	12,72	12,16	5,39	7,92	30,44
G17	14,00	8,67	8,18	4,59	3,40	25,41
G18	22,24	9,07	10,17	11,82	8,00	20,57
G19	10,30	14,50	14,34	7,55	7,55	31,11
G20	28,01	8,37	8,88	17,37	14,45	13,37
G21	26,89	8,11	8,38	16,38	13,14	13,89
G22	22,25	4,92	5,43	11,85	8,97	17,92
G23	21,89	6,41	8,50	12,51	9,08	17,42
G24	5,72	25,54	25,24	15,79	19,17	43,20
G25	7,17	26,04	25,94	16,74	19,20	43,52
G26	29,82	9,37	10,73	19,19	16,78	11,15
G27	15,38	8,95	8,34	6,35	5,98	25,87
G28	30,14	11,13	11,48	19,54	17,11	11,04
G29	20,33	7,01	8,10	11,01	8,92	21,44
G30	24,98	6,70	7,57	14,64	11,59	15,35
G31	13,63	11,78	11,78	7,23	8,71	29,02
G32	6,19	23,63	23,22	14,02	17,43	41,34
G33	7,20	17,64	17,25	8,50	10,94	34,86
G34	12,35	32,34	31,88	22,49	25,30	49,70
G35	9,27	22,38	22,06	13,68	17,65	40,47
G36	9,49	23,49	23,55	15,16	18,68	41,36
G37	11,90	12,18	12,19	7,96	7,12	28,66
G38	7,78	21,35	21,09	12,69	14,24	37,89
G39	8,09	12,95	18,73	10,51	11,99	35,71
G40	10,13	15,84	16,14	9,17	8,40	31,50

**Apêndice 5 – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 40 acessos de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009**

	G13	G14	G15	G16	G17	G18
G2						
G3						
G4						
G5						
G6						
G7						
G8						
G9						
G10						
G11						
G12						
G13						
G14	30,90					
G15	21,40	24,10				
G16	18,99	22,07	7,36			
G17	22,99	25,95	8,96	6,06		
G18	29,21	30,79	14,21	13,46	9,71	
G19	17,94	20,78	5,12	14,34	6,70	13,33
G20	37,00	40,01	18,47	18,54	14,49	11,95
G21	35,96	38,85	18,00	17,78	13,44	13,44
G22	31,38	34,35	14,63	13,56	9,20	8,91
G23	31,41	34,23	16,60	15,08	10,23	7,62
G24	7,03	9,71	19,03	15,13	18,61	24,89
G25	6,31	8,87	16,79	14,62	18,72	24,98
G26	39,29	42,35	22,74	21,55	17,07	13,80
G27	23,89	26,86	9,16	6,44	4,93	10,69
G28	39,71	42,58	24,35	22,61	17,65	14,20
G29	28,67	31,71	10,75	10,65	7,98	9,01
G30	33,92	36,91	16,12	16,00	11,46	9,76
G31	21,15	24,31	7,81	5,09	6,73	12,58
G32	8,21	11,36	15,74	12,58	16,40	22,84
G33	14,10	16,88	10,21	6,61	10,25	16,07
G34	3,92	3,71	22,60	20,63	24,65	30,94
G35	11,66	14,86	15,14	11,41	16,13	22,45
G36	11,33	14,44	16,22	13,06	17,41	23,17
G37	20,47	23,39	10,81	7,40	6,26	11,51
G38	12,14	14,63	11,61	10,38	13,62	19,50
G39	13,67	16,32	9,30	7,66	11,29	17,21
G40	17,77	20,31	8,10	7,57	8,53	13,36

**Apêndice 5 – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 40 acessos de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009**

	G19	G20	G21	G22	G23	G24
G2						
G3						
G4						
G5						
G6						
G7						
G8						
G9						
G10						
G11						
G12						
G13						
G14						
G15						
G16						
G17						
G18						
G19						
G20	19,69					
G21	21,11	18,84				
G22	14,71	7,11	4,92			
G23	15,83	10,45	8,54	6,35		
G24	14,78	32,61	31,15	26,52	26,13	
G25	13,48	32,50	31,15	26,64	26,71	5,14
G26	23,01	7,00	6,79	9,10	9,39	34,05
G27	8,00	14,14	12,60	8,24	11,02	19,28
G28	23,97	9,53	8,04	10,20	9,83	34,27
G29	11,74	10,15	10,89	8,47	9,95	24,90
G30	16,82	5,33	6,78	6,89	8,69	29,76
G31	6,39	17,21	17,44	13,57	14,96	18,17
G32	11,90	30,11	29,57	25,08	25,32	8,24
G33	6,14	23,65	22,99	18,68	19,00	11,42
G34	19,39	38,66	37,73	33,28	33,35	10,01
G35	12,01	28,82	28,70	24,38	24,83	11,07
G36	13,23	30,08	30,01	25,67	25,53	11,11
G37	7,50	18,29	18,17	14,11	13,75	17,00
G38	8,38	26,92	26,49	22,36	22,52	11,63
G39	6,01	24,59	23,89	19,74	20,13	11,89
G40	5,08	21,18	20,62	16,66	16,09	14,97

**Apêndice 5 – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 40 acessos de alcaçofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009**

	G25	G26	G27	G28	G29	G30
G2						
G3						
G4						
G5						
G6						
G7						
G8						
G9						
G10						
G11						
G12						
G13						
G14						
G15						
G16						
G17						
G18						
G19						
G20						
G21						
G22						
G23						
G24						
G25						
G26	3,67					
G27	19,07	16,68				
G28	35,28	4,96	17,65			
G29	24,33	14,03	9,19	16,14		
G30	29,68	9,48	12,68	10,94	7,03	
G31	17,52	20,80	8,73	22,21	8,23	13,94
G32	8,01	32,76	18,02	33,31	21,55	26,74
G33	10,87	26,49	11,86	27,08	15,21	20,49
G34	8,67	41,31	25,86	41,65	30,08	35,35
G35	10,58	31,57	17,39	32,79	19,85	25,67
G36	10,60	32,58	18,93	33,79	20,84	26,81
G37	17,34	20,87	10,16	21,37	10,33	14,39
G38	10,06	30,20	15,82	30,84	18,17	23,39
G39	10,21	27,77	12,98	28,48	15,76	21,24
G40	13,94	24,10	11,31	24,87	12,58	17,63

**Apêndice 5 – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 40 acessos de alcaçofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009**

	G31	G32	G33	G34	G35	G36
G2						
G3						
G4						
G5						
G6						
G7						
G8						
G9						
G10						
G11						
G12						
G13						
G14						
G15						
G16						
G17						
G18						
G19						
G20						
G21						
G22						
G23						
G24						
G25						
G26						
G27						
G28						
G29						
G30						
G31						
G32	13,69					
G33	8,16	7,40				
G34	22,45	9,38	14,45			
G35	12,02	5,29	7,80	12,68		
G36	13,36	6,03	9,06	12,46	3,22	
G37	5,63	13,00	7,61	21,78	12,78	13,68
G38	10,94	5,86	5,23	12,67	7,68	8,24
G39	8,83	7,49	3,13	14,65	8,23	9,19
G40	7,73	11,53	5,86	18,90	11,91	12,26

**Apêndice 5** – Matriz de distâncias de Mahalanobis para os 40 acessos de alcachofra, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2009

	G37	G38	G38	G40
G2				
G3				
G4				
G5				
G6				
G7				
G8				
G9				
G10				
G11				
G12				
G13				
G14				
G15				
G16				
G17				
G18				
G19				
G20				
G21				
G22				
G23				
G24				
G25				
G26				
G27				
G28				
G29				
G30				
G31				
G32				
G33				
G34				
G35				
G36				
G37				
G38		10,30		
G39		8,96	3,89	
G40		6,23	7,06	5,63

**Apêndice 6** – Resumo da análise de variância entre os grupos formados pela análise de agrupamento Passo Fundo/RS, FAMV, UPF, 2009

<b>Variáveis</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>CV%</b>	<b>F</b>
<b>AP</b>	2	0,27	0,13	23,80	3,84*
<b>DP</b>	2	0,89	0,44	16,07	23,34***
<b>CPF</b>	2	0,43	0,21	32,08	4,30*
<b>DTP</b>	2	0,21	0,10	19,97	1,17ns
<b>NF</b>	2	310,03	155,01	32,75	4,09*
<b>CF</b>	2	0,11	0,05	16,63	5,55**
<b>LF</b>	2	0,13	0,06	49,20	2,94ns
<b>NBL</b>	2	5,19	2,59	60,43	0,67ns
<b>DIC</b>	2	905,69	452,84	5,45	4,16*
<b>PFC</b>	2	5106,89	2553,44	21,30	0,84ns
<b>CCP</b>	2	13,66	6,83	14,06	3,91*
<b>DCP</b>	2	2,92	1,46	17,17	0,36ns
<b>CBB</b>	2	77,66	38,83	17,52	4,10*
<b>LBB</b>	2	230,14	115,07	19,09	3,49*
<b>EBB</b>	2	6,97	3,48	23,48	2,65ns
<b>CBE</b>	2	905,99	452,99	18,08	3,54*
<b>EF</b>	2	18,97	9,48	15,32	3,20ns
<b>PF</b>	2	454,29	227,14	28,51	0,70ns
<b>DF</b>	2	274,30	137,17	11,14	2,33ns
<b>NCS</b>	2	5,28	2,64	51,67	3,74*
<b>RP</b>	2	6,93	3,46	21,30	0,13ns

\*p<0,05 \*\*p<0,01 \*\*\*p<0,001. Altura da planta (AP), diâmetro da planta (DP), comprimento do pedúnculo floral (CPF), diâmetro do talo principal (DTP), número de folhas (NF) comprimento de folhas (CF), largura de folhas (LF), número de brotações laterais (NBL), massa fresca do capítulo primário (PFC), dias de implantação a colheita (DIC) comprimento de capítulo primário (CCP), diâmetro de capítulo primário (DCP), comprimento da base das brácteas (CBB), largura da base das brácteas (LBB), espessura da base das brácteas (EBB), comprimento das brácteas externas (CBE) espessura do fundo (ER), massa fresca do fundo (PR), diâmetro do fundo (DP), número de capítulos secundários (NCS), razão massa fresca do fundo/capítulo primário (RP).

**Apêndice 7** - Resumo da análise de variância da taxa de multiplicação de propágulos de alcachofra da cv. Nobre no subcultivo 2, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2010

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Meio	4	0,453	0,113	4,47	0,0130*
Erro	16	0,405	0,025	-	-
Total	20	0,858	-		
C,V	26,77				

...continuação

**Apêndice 7** - Resumo de análise de variância da taxa de multiplicação de propágulos de alcachofra cv. Nobre no subcultivo 3, Passo Fundo/RS, FAMV – UPF, 2010

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Meio	3	0,914	0,305	75,7	0,0001**
Erro	16	0,065	0,004	-	-
Total	19	0,979	-		
C,V	10,62				