



**CAROLINA QUEIROZ SAMARTINI**

**CONTEÚDO DE DNA, NÚMERO  
CROMOSSÔMICO E ALGUNS COMPOSTOS DE  
INTERESSE NUTRICIONAL EM *Amaranthus*  
spp.**

**LAVRAS – MG**

**2015**

**CAROLINA QUEIROZ SAMARTINI**

**CONTEÚDO DE DNA, NÚMERO CROMOSSÔMICO E ALGUNS  
COMPOSTOS DE INTERESSE NUTRICIONAL EM *Amaranthus* spp.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Luciane Vilela Resende

**LAVRAS – MG**

**2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Samartini, Carolina Queiroz.

Conteúdo de DNA, número cromossômico e alguns compostos  
de interesse nutricional em *Amaranthus* spp / Carolina Queiroz  
Samartini. – Lavras : UFLA, 2015.

71 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)—Universidade Federal de  
Lavras, 2015.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Bibliografia.

1. Caruru. 2. Citogenética. 3. Potencial nutricional. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**CAROLINA QUEIROZ SAMARTINI**

**CONTEÚDO DE DNA, NÚMERO CROMOSSÔMICO E ALGUNS  
COMPOSTOS DE INTERESSE NUTRICIONAL EM *Amaranthus* spp.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 04 de agosto de 2015.

Dra. Josane Maria Resende Saggin      UFRRJ

Dra. Vânia Helena Techio              UFLA

Dra. Luciane Vilela Resende  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2015**

*Aos meus pais, Paulo Roberto e Maria do Carmo, e aos meus irmãos, Eduardo e André, exemplos de família, determinação e amor.*  
*Ao meu namorado, Guilherme Ribeiro, amigo e companheiro de todas as horas.*

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo cuidado e fidelidade em todo o tempo, pelas pessoas que colocou e coloca em meu caminho, e por nunca desistir de mim.

Aos meus pais, Paulo Roberto e Maria do Carmo, pelo exemplo de força e fé, pelo apoio incondicional, confiança e amor.

Aos meus irmãos, Eduardo e André, por existirem em minha vida, e pela amizade e cuidado.

A todos os meus familiares, que longe ou perto, torceram por mim.

Ao meu namorado, Guilherme, pelo amor, paciência, companheirismo e apoio em todos os momentos.

À Izabel, grande amiga e incentivadora. Você foi fundamental para que eu chegasse até aqui!

Aos amigos da vida toda, que trago em meu coração, e aos amigos que a UFLA me presenteou, em especial à Sylvia Vieira, Natália Trajano, Bárbara Nogueira e Jéssica Gentil.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do mestrado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À FAPEMIG e ao CNPq, pela concessão dos recursos financeiros necessários para realização da pesquisa.

À minha orientadora, professora Dra. Luciane Vilela Resende, pela confiança depositada em mim, pela orientação, acolhimento, aprendizado e participação em minha formação profissional e pessoal.

Aos colegas de pesquisa (orientados da professora Luciane), pelas conversas, risadas, amizade e troca de conhecimentos. Com vocês o trabalho ficou mais fácil e prazeroso!

Ao professor Dr. Wilson Magela Gonçalves, pela disponibilidade, atenção e auxílio.

Aos funcionários da horta experimental da UFLA.

À professora Dra. Vânia Helena Techio, pelo exemplo de dedicação e comprometimento, pela paciência, atenção, e por enriquecer a pesquisa.

Aos colegas do Laboratório de Citogenética Vegetal da Universidade Federal de Lavras, pela boa convivência e ajuda. Em especial ao doutorando Guilherme Tomaz Braz e à pós-doutoranda Kátia Ferreira Marques de Resende, pela disponibilidade em auxiliar e ensinar. Vocês foram essenciais para a realização deste trabalho. Às técnicas do laboratório, Iara Silva e Gisele Cenzi.

A todos do laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e Química de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, em especial às pós-doutorandas Rita de Cássia Mirela Resende Nassur e Rafaella Araújo Zambaldi Lima, pela dedicação e auxílio.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização e conclusão desta etapa!

**Muito obrigada!**

*“Não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez.”*

*Jean Cocteau*

*(1889 – 1963)*

## RESUMO

A família Amaranthaceae compreende cerca de 170 gêneros, dentre eles, o gênero *Amaranthus*, composto por 60 espécies. Conhecido popularmente como caruru, no Brasil, há ocorrência de pelo menos 10 destas espécies. Embora estudos apontem o potencial nutricional para algumas espécies desse gênero, estas ainda são consideradas plantas invasoras, e são pouco utilizadas na alimentação humana, fazendo parte do grupo das hortaliças não convencionais. Objetivou-se com este trabalho, determinar o número cromossômico, o conteúdo de DNA nuclear, além da caracterização pós-colheita em espécies de *Amaranthus*. Foram utilizadas cinco espécies do gênero, provenientes da coleção de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG, Brasil. Os cromossomos metafásicos foram obtidos pela técnica de secagem à chama e corados com Giemsa a 2 %. A determinação do conteúdo de DNA nuclear foi realizada por citometria de fluxo, utilizando-se o tampão LB01 e *Pisum sativum* como padrão interno de referência. As análises de pós-colheita realizadas para a caracterização nutricional foram: atividade antioxidante (DPPH e ABTS), compostos fenólicos, vitamina C, sólidos solúveis totais, pH, umidade, lipídios, proteínas e cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma, Hue). O número cromossômico variou de  $2n=32$  (*A. hybridus*) e  $2n=34$  (*A. spinosus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. retroflexus*), sugerindo a ocorrência de disploidia. O conteúdo de DNA nuclear para as espécies variou de 1,28 pg a 1,79 pg. O maior valor observado para *A. deflexus* (1,79 pg). Embora tenha se observado maior conteúdo de DNA em *A. deflexus*, esta espécie também apresentou  $2n=34$  cromossomos, evidenciando a não relação entre número de cromossomos e conteúdo de DNA nuclear. Com relação à caracterização pós-colheita, a análise dos dados revelou que as cinco espécies de *Amaranthus* possuem potencial nutricional para o consumo humano, com teor de compostos fenólicos entre  $10,98 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $763,52 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , Vitamina C de  $109,20 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  a  $174,18 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , atividade antioxidante pelo método DPPH entre 41,76 % SRL a 88,22 % SRL e pelo método ABTS de  $10,53 \text{ } \mu\text{M trolox } \text{g}^{-1}$  a  $16,48 \text{ } \mu\text{M trolox } \text{g}^{-1}$ , superiores a hortaliças comumente consumidas.

Palavras-chave: Caruru. Citogenética. Potencial nutricional.

## ABSTRACT

The *Amaranthaceae* family consists of 170 genera and, within the family there the *Amaranthus* genus that is made up of 60 species. In Brazil the species is widely known as pigweed and there are the least 10 of this species. Despite researches show the benefits of these specie for human consumption, their consumption is very little and is seen as plant weed. The objective of this study was to determine the chromosome number, nuclear DNA content, as well as post-harvest characterization of *Amaranthus* species. In this research were used five species of the genus collected from the germplasm collection of unconventional vegetables at the Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG, Brazil. The metaphase chromosomes were obtained by technique of drying on flame and dyed with 2 % Giemsa. The nuclear DNA content was estimated by the flow cytometry using LB01 and *Pisum sativum* buffer as standard. In order to accomplish the objectives were carried out the following postharvest analyses: antioxidant activity (DPPH and ABTS), phenolic compounds, vitamin C, total soluble solids, pH, moisture, colour (L \*, a \*, b \*, Chroma, °Hue), lipids and proteins. The number of chromosome varied from  $2n = 32$  (*A. hybridus*) and  $2n = 34$  (*A. spinosus*, *A. viridis*, *deflexus* and *A. retroflexus*), therefore is dispolidy. The nuclear DNA content to the species ranged from 1.28 pg to 1.79 pg. The highest value observed for *A. deflexus* (1.79 pg). Although it has been observed that the DNA content in *A. deflexus*, this species also had  $2n = 34$  chromosomes, and there are no relationship between number of chromosomes and nuclear DNA content. Regarding post-harvest characterization, data analysis revealed that the five species of *Amaranthus* have nutritional potential for human consumption, with phenolic content of 10.98 mg 100 g<sup>-1</sup> and 763.52 mg 100 g<sup>-1</sup>, Vitamin C 109.20 mg 100 g<sup>-1</sup> to 174.18 mg 100 g<sup>-1</sup>, antioxidant activity by DPPH method between 41.76 % to 88.22 % SRL SRL and the ABTS method of 10.53 μM trolox g<sup>-1</sup> to 16.48 g<sup>-1</sup> μM Trolox, over commonly consumed vegetables.

Keywords: Pigweed. Cytogenetics. Nutritional potential.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 1 Metáfases mitóticas com  $2n=2x=34$  cromossomos e histogramas do conteúdo de DNA nuclear das espécies *A. spinosus* (A e B), *A. viridis* (C e D) e *A. deflexus* (E e F). Barra: 5  $\mu\text{m}$  ..... 41
- Figura 2 Metáfases mitóticas e histogramas do conteúdo de DNA nuclear das espécies *A. retroflexus* ( $2n=2x=34$ ) (A e B) e *A. hybridus* ( $2n=2x=32$ ) (C e D). Barra: 5  $\mu\text{m}$  ..... 42

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1 Espécies de *Amaranthus* utilizadas nos experimentos de contagem cromossômica e conteúdo de DNA nuclear, Lavras, 2015..... 35
- Tabela 2 Conteúdo de DNA nuclear (pg) e número cromossômico de cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015..... 38

### CAPÍTULO 3

- Tabela 1 Espécies de *Amaranthus* utilizadas nos experimentos de avaliação nutricional das hortaliças, Lavras, 2015..... 52
- Tabela 2 Atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS e compostos fenólicos em cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015 ..... 58
- Tabela 3 Conteúdo de vitamina C em cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015..... 60
- Tabela 4 Sólidos solúveis totais, pH, umidade, lipídios e proteínas em cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015..... 63
- Tabela 5 Características de cor em cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015..... 65

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> Introdução geral.....	14
<b>1</b> INTRODUÇÃO.....	14
<b>2</b> REFERENCIAL TEÓRICO .....	20
<b>2.1</b> Hortaliças não convencionais.....	17
<b>2.2</b> Aspectos botânicos e importância das espécies de <i>Amaranthus</i> .....	20
<b>2.3</b> Caracterização citogenética e conteúdo de DNA de espécies de <i>Amaranthus</i> .....	21
<b>2.4</b> Componentes nutricionais das espécies de <i>Amaranthus</i> .....	23
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	26
<b>CAPÍTULO 2</b> Número cromossômico e conteúdo de DNA nuclear em cinco espécies de <i>Amaranthus</i> .....	31
<b>1</b> INTRODUÇÃO.....	33
<b>2</b> MATERIAL E MÉTODOS .....	35
<b>2.1</b> Material vegetal.....	35
<b>2.2</b> Contagens cromossômicas.....	35
<b>2.3</b> Preparação das suspensões nucleares para citometria de fluxo .....	36
<b>3</b> RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
<b>4</b> CONCLUSÕES.....	43
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	44
<b>CAPÍTULO 3</b> Compostos de interesse nutricional em <i>Amaranthus</i> ssp. ....	47
<b>1</b> INTRODUÇÃO.....	49
<b>2.1</b> Material vegetal.....	52
<b>2.2</b> Análises realizadas no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e Química de Alimentos .....	53

<b>2.2.1</b>	<b>Atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS.....</b>	<b>53</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Compostos fenólicos.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Vitamina C.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Sólidos solúveis totais.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2.5</b>	<b>pH.....</b>	<b>55</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Umidade.....</b>	<b>55</b>
<b>2.2.7</b>	<b>Lipídios.....</b>	<b>55</b>
<b>2.2.8</b>	<b>Proteínas.....</b>	<b>55</b>
<b>2.2.9</b>	<b>Cor.....</b>	<b>56</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## CAPÍTULO 1

### Introdução Geral

#### 1 INTRODUÇÃO

O gênero *Amaranthus*, conhecido como caruru ou amaranto, possui cerca de 60 espécies, sendo que 10 destas são consideradas como plantas invasoras nas lavouras brasileiras. Esses vegetais têm como centro de origem, a América tropical, e podem ser consumidos por humanos e animais. Os carurus estão presentes em grande parte do território brasileiro (KISSMAN; GROTH, 1999; CARVALHO et al., 2008).

As espécies deste gênero são habitualmente classificadas como “falso cereal” e são exemplos de culturas subutilizadas que evoluíram após séculos de seleção. Até a chegada dos espanhóis essas plantas representaram a base da alimentação de civilizações pré-colombianas (Maias, Astecas e Incas), e atualmente, fazem parte da lista das 36 culturas mais promissoras para alimentar a humanidade (AMAYA-FARFÁN et al., 2005; FERREIRA et al., 2007).

No Brasil, estas plantas apresentam maior importância como plantas daninhas e o uso na alimentação humana ainda é pouco conhecido, embora apresentem potencial nutricional elevado. As propriedades nutricionais desses vegetais vêm despertando o interesse de pesquisadores de países Europeus, Estados Unidos, Japão e Canadá. Dentre outros compostos, suas folhas e sementes apresentam alto teor de proteínas, e as farinhas à base desses vegetais são uma opção para pessoas celíacas, uma vez que não possuem glúten (AMAYA-FARFÁN et al., 2005; COSTA; BORGES, 2005; CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007b; FERREIRA et al., 2007).

Os carurus são plantas de fácil cultivo, com grande capacidade de aproveitar água, luz e nutrientes, além de nutritivas e apresentarem sabor

característico e agradável, portanto, uma excelente alternativa para a alimentação humana (AMAYA-FARFÁN et al., 2005; FERREIRA et al., 2007). Essas plantas se enquadram no grupo das hortaliças não convencionais, as quais apresentam consumo restrito a determinados grupos ou comunidades, não possuem cadeia produtiva consolidada (MAPA, 2010). Muitas vezes, são tidas como plantas invasoras, mato ou inço, apesar de apresentarem importância alimentícia, além de serem desconhecidas pela população em geral e até mesmo por órgãos de pesquisa, ensino e extensão (KINUPP; LORENZI, 2014).

O interesse pelas espécies de *Amaranthus* pode ser visualizado quando se analisa as bases de dados, tais como o Scopus, onde se observou um aumento significativo no número de trabalhos publicados em *Amaranthus* nos últimos 20 anos. Até o ano de 1995, a base apresentava apenas 683 artigos publicados contendo a palavra chave *Amaranthus*, em 2014, este número passou para 4827. Em 2015, até a data de 17 de junho, observou-se a publicação de 152 artigos referentes ao gênero. Embora se observe um aumento expressivo nas publicações, os estudos sobre caracterização genética e nutricional ainda são insuficientes para caracterizar a variabilidade existente.

Espécies do gênero *Amaranthus* (carurus), como *A. caudatus*, *A. cruentus* e *A. hypochondriacus* se destacam pelo elevado valor nutricional, no entanto, a característica mais marcante tem relação com as espécies que possuem potencial competitivo com diversas culturas, sendo possível encontrar os carurus em grande parte das áreas agricultáveis do Brasil, predominando o *A. viridis* (caruru-de-mancha), *A. spinosus* (caruru de espinho), *A. deflexus* (caruru rasteiro), *A. hybridus* (caruru roxo), *A. retroflexus* (caruru gigante) e *A. lividus* (caruru folha-de-cuia) (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007a; CARVALHO et al., 2008).

Assim, objetivou-se com este trabalho, determinar o número cromossômico e o conteúdo de DNA nuclear, além da caracterização

bromatológica e avaliação do potencial antioxidante em cinco espécies de *Amaranthus* (*A. spinosus*, *A. viridis*, *A. deflexus*, *A. retroflexus* e *A. hibrydus*), de ocorrência comum no Brasil.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Hortaliças não convencionais**

As hortaliças não convencionais são plantas restritas a determinados locais e regiões, com distribuição limitada. Estas plantas exercem função na alimentação e cultura de algumas comunidades, sendo que em algum momento foram largamente consumidas, porém, mudanças no padrão alimentar (proveniente do processo de globalização) levou à redução drástica do consumo. Além disso, não estão organizadas em uma cadeia produtiva como acontece com hortaliças convencionais, e devido a este fato, não despertam o interesse de empresas do setor agrícola (MAPA, 2010).

Estas hortaliças também são chamadas de hortaliças tradicionais, negligenciadas ou subutilizadas, estes nomes estão associados ao uso das mesmas, e gera confusão no meio técnico e na literatura (MAPA, 2010; KINUPP; LORENZI, 2014). Não há uma lista fixa destas plantas, sendo exemplos destas hortaliças o caruru, almeirão-de-árvore, inhame, cará-moela, capuchinha, serralha, peixinho, taioba, jacatupé, dentre outras (EPAMIG, 2011).

Muitos vegetais, por ocorrerem em meio a plantas cultivadas ou em locais indesejáveis, são chamados de daninhas, inços, matos, plantas invasoras, dentre outras denominações pejorativas, porém, na maioria dos casos, apresentam potencial alimentício (KINUPP; LORENZI, 2014), e se enquadram no grupo das hortaliças não convencionais.

O cultivo destas hortaliças está associado à agricultura familiar e visa apenas o consumo próprio, não tendo como finalidade, a comercialização. A produção se dá em pequenas áreas, geralmente nos quintais, e o conhecimento acerca do manejo é passado através das gerações, sem inovações. Com isto,

muitos exemplares foram perdidos, fato que reforça a importância de estudar, resgatar e até evitar a extinção destas plantas (MAPA, 2010).

Apesar de já terem sido largamente utilizadas, pouco se conhece sobre elas, principalmente no que tange aos aspectos toxicológico, nutricional, citogenético e fitotécnico. Porém, estas hortaliças podem ser uma opção de alimentação saudável, pois, embora estejam esquecidas, em geral, apresentam teores elevados de minerais, vitaminas, fibras, proteínas, dentre outros compostos nutricionais. Espécies como inhame e ora-pro-nóbis são reconhecidas como alimentos funcionais (MAPA, 2010). As hortaliças e frutas são sabidamente ricas nutricionalmente, como é possível observar nas tabelas de composição de alimentos (FRANCO, 2004; NEPA/UNICAMP, 2011). Além dos minerais, em geral, frutas e hortaliças não convencionais se mostram mais ricas em fibras e compostos antioxidantes (SCHMEDA-HIRSCHMANN et al., 2005; ODHAV et al., 2007), e algumas são fontes de proteínas, se sobressaindo às fontes vegetais convencionais (KINNUP; BARROS, 2008).

Por outro lado, estes vegetais podem apresentar compostos químicos com princípios tóxicos, como observado em espécies das famílias *Amarantaceae* e *Chenopodiaceae*, que acumulam concentrações elevadas de nitrato, oxalato e saponáceas (FENWICK; OAKENFULL, 1983).

## **2.2 Aspectos botânicos e importância das espécies de *Amaranthus***

O gênero *Amaranthus* pertence à família *Amarantaceae*, e esta apresenta número expressivo de gêneros, cerca de 170, com ocorrência de pelo menos 20 no Brasil. Dentro do gênero *Amaranthus* (popularmente conhecido como caruru) há cerca de 60 espécies classificadas botanicamente, sendo 10 destas espécies nativas do Brasil, porém, não endêmicas e têm importância como daninhas.

Estas plantas tem como centro de origem a América tropical (KISSMAN; GROTH, 1999; SOUZA; LORENZI, 2008; MARCHIORETTO, 2014).

Algumas espécies de *Amaranthus* eram cultivadas na América antes mesmo da chegada dos espanhóis, e atualmente são cultivadas no México, América Central e territórios andinos da América do Sul. No Brasil, o consumo é praticamente desconhecido, entretanto, há esforço técnico-científico da Embrapa Cerrados em adaptar três novas espécies graníferas aos solos e clima do cerrado brasileiro, sendo que um dos inúmeros genótipos obtidos tornou-se cultivar (BRS Alegria), com alta produtividade, e desperta o interesse dos agricultores (AMAYA-FARFÁN et al., 2005).

O amaranto (*Amaranthus* sp.) é uma planta anual, herbácea e arbustiva, dicotiledônea, possui inflorescência tipo panícula, apresenta cores que variam de verde a dourada, passando pelo roxo, é frequentemente classificada como falso cereal e tem suas folhas e sementes consumidas como alimento em diversas partes do mundo (AMAYA-FARFÁN et al., 2005; SPHEAR, 2007).

Estas plantas têm raízes pivotantes, com grande quantidade de ramificações e inúmeras radículas finas, que têm a capacidade de se estenderem rapidamente, criando condição favorável à absorção de água e nutrientes. A raiz principal confere suporte à planta, o que permite que as mesmas aguentem o peso da panícula, principalmente quando os grãos estão cheios, além disso, o sistema radicular confere a estas plantas capacidade de extrair nutrientes de camadas mais profundas, o que pode beneficiar culturas cultivadas em associação (COSTA; BORGES, 2005; SPHEAR, 2007; CARVALHO et al., 2008).

Estas hortaliças apresentam grande capacidade em aproveitar água (resistentes ao estresse hídrico), luz e nutrientes. Suas raízes profundas asseguram a sobrevivência em períodos de seca, possuem grande adaptação

climática, sendo cultivadas desde o nível do mar, até 3500 m de altitude (SUMAR-KALINOWSKI, 1986).

O amaranto apresenta características agronômicas interessantes e favoráveis ao cultivo no Brasil, uma vez que demonstra capacidade em desenvolver e frutificar em locais com alta luminosidade, temperaturas elevadas (entre 35°C e 45°C) e que apresentem restrição hídrica (AMAYA-FARFÁN et al., 2005).

### **2.3 Caracterização citogenética e conteúdo de DNA de espécies de *Amaranthus***

A citogenética ganhou força no início do século XX, com a teoria cromossômica herança. Todo estudo acerca de cromossomos, isolados ou em conjunto, no que diz respeito à morfologia, função e organização, está dentro da citogenética. A descrição das características presentes no conjunto cromossômico de determinada espécie, é conhecida como cariótipo, sendo de grande importância, quando se deseja comparar citogeneticamente espécies diferentes ou ainda observar mudanças dentro de uma mesma espécie (GUERRA, 1988).

O cariótipo evidencia algumas características como posição do centrômero, número e tamanho dos cromossomos. A caracterização dos cromossomos também pode ser feita pela quantidade de DNA. O número de cromossomos varia de acordo com a espécie, sendo que cada indivíduo possui dois números distintos, o haploide (n) e o diploide (2n). Entre espécies distintas pode haver grande variação no número cromossômico (GUERRA, 1988).

A obtenção do número cromossômico é o processo mais simples, barato e fácil, desperta a atenção dos citotaxonomistas, pois fornece dados importantes sobre o genoma de uma espécie, e assim como outras características do cariótipo, não sofre influência de condições externas, fase de desenvolvimento

ou idade da planta (GUERRA, 2008). O número de cromossomos constitui um dos parâmetros mais usados para a caracterização citológica de uma espécie (PEDROSA et al., 1999).

Estudos do cariótipo das plantas pertencentes ao gênero *Amaranthus* ainda são escassos, e alguns autores atribuem este fato ao tamanho reduzido dos cromossomos, o que dificultaria a análise morfológica dos mesmos. Sheidai e Mohammadzadeh (2008) realizaram trabalho no qual utilizaram 12 populações, de 10 espécies de *Amaranthus* (*A. blitoides*, *A. graecizans*, *A. albus*, *A. cruentus*, *A. spinosus*, *A. retrolexus*, *A. blitum*, *A. powellii*, *A. viridis* e *A. hybridus*), que crescem de maneira selvagem no Irã. Estes autores encontraram o número diploide  $2n=32$  e  $2n=34$ . Song et al. (2002) desenvolveram trabalho na China com 14 espécies de *Amaranthus*, nativas e domesticadas, sendo elas *A. retroflexus*, *A. caudatus*, *A. hybridus*, *A. spinosus*, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. paniculatus*, *A. roxburghianus*, *A. blitoides*, *A. polygonoides*, *A. albus*, *A. viridis*, *A. lividus* e *A. tricolor*. O objetivo foi determinar o número de cromossomos presentes nestas espécies, e também obtiveram os números básicos  $x=16$  e  $x=17$ .

Pal et al. (2000), em trabalho realizado na Índia, com *A. tenuifolius* obtiveram para a espécie  $x=14$ , sendo este, um novo número básico de cromossomo para o gênero *Amaranthus*. Estes autores concluíram que o gênero não é dibásico como se pensava, e sim tribásico.

Jeschke et al. (2003), utilizaram a citometria de fluxo para diferenciar duas espécies de *Amaranthus*, o *A. hybridus* e o *A. tuberculatus*. Segundo os autores, estas duas espécies são difíceis de diferenciar. Por meio da citometria de fluxo, eles observaram que a diferença intraespecífica do conteúdo de DNA, *A. hybridus* (variou de 1,02 pg a 1,06 pg) e *A. tuberculatus* (variou de 1,30 pg e 1,38 pg), apesar de significativa estatisticamente, era pequena em relação à

diferença interespecífica, o que tornou fácil a distinção das duas espécies através da análise do conteúdo de DNA.

Pratt et al. (2008) realizaram um estudo com 12 espécies de *Amaranthus*, no qual foi usada a citometria de fluxo. Objetivou-se com este trabalho, determinar o conteúdo de DNA nas espécies, bem como explorar o significado taxonômico da variação deste conteúdo entre as espécies. O conteúdo de DNA variou de 0,89 pg (*A. viridis*) a 2,73 pg (*A. tricolor*), e os autores concluíram que os padrões em conteúdo de DNA podem ser taxonomicamente informativos, tanto dentro, como entre as espécies e, além disso, notou-se a poliploidização em *A. dubis*.

A citometria de fluxo foi desenvolvida para quantificar e analisar células sanguíneas no final da década de 50. A hematologia e a imunologia celular foram as áreas que alavancaram o desenvolvimento da tecnologia da citometria de fluxo e, posteriormente, esta técnica foi empregada em outras áreas, como a vegetal e microbiana (DOLEZEL, 1997; CÔRTE-REAL et al., 2002). O uso da citometria de fluxo em células vegetais se deu a partir do início dos anos 80, e desde então, vem aumentando continuamente, sendo atualmente uma técnica rotineira, empregada em laboratórios do mundo todo (DOLEZEL et al., 1991).

Dentre outras aplicações, a técnica da citometria de fluxo determina o conteúdo de DNA nuclear de plantas, obtido de núcleos em suspensão, a partir de poucos gramas de tecido foliar, e foi considerado por Palomino et al. (2005), como sendo uma técnica rápida e precisa para mensurar níveis de ploidia, caracterizar híbridos somáticos, analisar ciclo celular e tamanho do genoma, características úteis em diversas áreas da biotecnologia vegetal.

A citometria de fluxo associada a outras técnicas citológicas é considerada uma ferramenta muito útil e importante em estudos acerca de estruturas celulares, órgãos e indivíduos (LOUREIRO; SANTOS, 2004).

## 2.4 Componentes nutricionais das espécies de *Amaranthus*

O gênero *Amaranthus* compreende grande número de espécies de plantas que têm suas folhas e grãos consumidos como alimentos em vários países, nos quais não se inclui o Brasil. Estas plantas apresentam características nutricionais nobres, sendo consideradas alimento balanceado naturalmente, além de apresentar propriedades de alimento bioativo (AMAYA-FARFÁN et al., 2005). No Brasil, o consumo ocorre em algumas comunidades rurais e se enquadram no grupo das hortaliças não convencionais.

O amaranto está presente na lista das 36 culturas mais promissoras para alimentar a humanidade, sendo suas folhas consumidas como hortaliças, e seus grãos, como cereal, ambos apresentam valor nutricional excepcional (FERREIRA et al., 2007). Segundo relato de Costa e Dantas (2009), o amaranto (*Amaranthus spp*) foi selecionado pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), para ser utilizado na alimentação de astronautas em viagens espaciais, por apresentar elevado valor nutritivo e alta digestibilidade.

Akubugwo et al. (2007) realizaram uma pesquisa com *Amaranthus hybridus* na Nigéria. Os autores tiveram como objetivo destacar os valores químicos e nutricionais presentes nas folhas desta espécie, uma vez que, embora seja muito consumida neste país, as informações são escassas. Os resultados revelam que as folhas contêm uma quantidade apreciável de nutrientes, minerais, vitaminas, aminoácidos e fitoquímicos, e baixos níveis de substâncias tóxicas. Aletor et al. (2002), também observaram elevada quantidade de proteína nas folhas de *A. hybridus*, e sugerem que as mesmas sejam utilizadas para enriquecer alimentos com baixo valor proteico, como mingau de milho, mingau de inhame, farinha de milho, dentre outros.

Ashok Kumar et al. (2012) destacaram que o *Amaranthus viridis* apresenta atividade antidiabética, anti-hiperlipidêmico e antioxidante. Os

estudos foram feitos em ratos com diabetes induzida. Já Freiburger et al. (1998), chamam atenção para os grandes teores de ferro, selênio e fósforo, presentes na espécie. Estes autores reforçam o potencial das plantas silvestres comestíveis, visto que na maioria das vezes são fontes de nutrientes essenciais, como ácidos graxos, minerais e aminoácidos.

*Amaranthus spinosus*, *A. caudatus* e *A. viridis* apresentam atividade anti-helmíntica, e sugere o uso eficaz contra infecções de parasitas em seres humanos (ASHOK KUMAR et al., 2010).

Borneo e Aguirre (2008) realizaram trabalho no qual se comparou massa feita à base de amaranto (*A. caudatus*) e de espinafre, onde se observou o potencial do material verde para produção da massa, qualidade e aceitação do consumidor. Concluiu-se que a massa à base de amaranto pode ser utilizada comercialmente, uma vez que agradou o paladar do consumidor, e do ponto de vista de qualidade no cozimento e nutricional (proteína e teor de Fe), não diferiu estatisticamente do espinafre. Enquanto Brouns et al. (2013) sugerem o uso da farinha de amaranto como alternativa para o desenvolvimento de produtos livres de glúten, uma vez que este vegetal não contém proteínas relacionadas ao glúten.

Com base em elevados teores de antocianinas, polifenóis, flavonoides e atividade antioxidante encontrados no amaranto, Gorinstein et al. (2007) sugerem que este vegetal possa ser um substituto de cereais comuns, em dietas ateroscleróticas ou em casos de alergias.

Borneo e Aguirre (2008) relatam que há algumas décadas, foi redescoberto o potencial das espécies do gênero *Amaranthus*, e desde então, muitos trabalhos foram realizados enfatizando a alta qualidade proteica, a presença de óleo insaturado e outros componentes valiosos, além de diversos usos como assados de alta qualidade, filmes comestíveis, ingredientes funcionais, dentre outros.

Apesar de haver muitos trabalhos enfatizando o potencial nutricional de espécies de *Amaranthus*, ainda existe grande número de espécies sem estudo e que apresentam importância basicamente como planta invasora, como as de ocorrência comum no Brasil.

## REFERÊNCIAS

AKUBUGWO, I.E. et al. Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 24, p. 2833-2839, Dec 2007. ISSN 1684-5315.

ALETOR, O.; OSHODI, A.A.; IPINMOROTI, K. Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. **Food Chemistry**, v. 78, n. 1, p. 63-68, 2002.

AMAYA-FARFÁN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para sua alimentação? A proposta do Amarantho (*Amaranthus* sp.). **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 12, n. 1, p. 47-56, 2005.

ASHOK KUMAR, B. S. et al. Antidiabetic, antihyperlipidemic and antioxidant activities of methanolic extract of *Amaranthus viridis* Linn in alloxan induced diabetic rats. **Experimental and Toxicologic Pathology**, v. 64, n. 1-2, p. 75-79, 2012.

ASHOK KUMAR, B. S. et al. Comparative in vitro anthelmintic activity of three plants from the Amaranthaceae family. **Archives of Biological Sciences**, v. 62, n. 1, p. 185-190, 2010.

BORNEO, R.; AGUIRRE, A. Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 10, p. 1748-1751, 2008.

BROUNS, F.J.P.H.; VAN BUUL, V.J.; SHEWRY, P.R. Does wheat make us fat and sick? **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 2, p. 209-215, 2013.

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

CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007b.

CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 317- 326, 2008.

CÔRTE-REAL, M. et al. Contributos da citologia analítica para estudos de biologia de leveduras. **Boletim de Biotecnologia**, v. 71, p. 19-33, 2002.

COSTA, D.M.A.; BORGES, A.S. Avaliação da produção agrícola do Amarantho (*Amaranthus hypochondriacus*). **Holos**, v. 21, p. 97-111, 2005.

COSTA, D.M.A.; DANTAS, J.A. Efeitos do substrato na germinação de sementes de amaranto (*Amaranthus spp*). **Revista Ciencia Agronomica**, v. 40, n. 4, p. 498-504, 2009.

DOLEZEL, J. Application of flow cytometry for the study of plant genomes. **Journal Applied Genetics**, v. 38, n. 3, p. 285-302, 1997.

DOLEZEL, J.; GREILHUBER, J.; SUDA, J. Flow cytometric analysis of nuclear DNA content in higher plants. **Phytochemical Analysis**, v. 2, p. 143-154, 1991.

EPAMIG. **Hortalças não convencionais**. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Prudente de Moraes, MG: EPAMIG Centro-Oeste, 2011.

FENWICK, D.E.; OAKENFULL, D. Saponin content of food plants and some prepared foods. **Journal Science of Food and Agriculture**, v. 34, n. 186-191, 1983.

FERREIRA, T.A.P. C.; MATIAS, A.C G.; ARÊAS, J.A.G. Características nutricionais e funcionais do Amarantho (*Amaranthus* spp.). **Nutrire**: revista da Sociedade Brasileira Alimentação e Nutrição, v. 32, n. 2, p. 91-116, 2007.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

FREIBERGER, C.E. et al. Nutrient content of the edible leaves of seven wild plants from Niger. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 53, n. 1, p. 57-69, 1998.

GORINSTEIN, S. et al. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. **European Food Research and Technology**, v. 225, n. 3-4, p. 321-328, 2007.

GUERRA, M. Chromosome numbers in plant cytotaxonomy: concepts and implications. **Cytogenet Genome Res**, v. 120, n. 3-4, p. 339-50, 2008. ISSN 1424-859X (Electronic) 1424-8581 (Linking).

GUERRA, M. S. **Introdução à citogenética geral**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 142 p.

JESCHKE, M.R.; TRANEL, P.J.; RAYBURN, A.L. DNA content analysis of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and tall waterhemp (*A. tuberculatus*): Implications for hybrid detection. **Weed Science**, v. 51, n. 1, p. 1-3, 2003.

KINNUP, V.F.; BARROS, I.B.I. Teores de proteínas e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil**: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. ISBN 9878586714467.

KISSMAN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo, SP: Basf Brasileira, 1999. 798p.

LOUREIRO, J.; SANTOS, C. Aplicação da citometria de fluxo ao estudo do genoma vegetal. **Boletim de Biotecnologia**, v. 77, p. 18-29, 2004.

MAPA. **Manual de hortaliças não-convencionais**. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo, 2010. 92 p.

MARCHIORETTO, M.S. *Amaranthus* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014.

NEPA/UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. UNICAMP. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2011. 161 p.

ODHAV, B. et al. Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 5, p. 430-435, 2007.

PAL, M.; OHRI, D.; SUBRAHMANYAM, G. V. A new basic chromosome number for *Amaranthus* (Amaranthaceae). **Cytologia**, v. 65, n. 1, p. 13-16, 2000.

PALOMINO, G.; MARTÍNEZ R., J.; MÉNDEZ, I. Citotipos en *Agave angustifolia* Haw. determinados por citometria de flujo y análisis de sus cariotipos. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 49-54, 2005.

PEDROSA, A. et al. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco - V. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, n. 1, p. 49-51, 1999.

PRATT, D. B.; JHANGIANI, S. N.; WIGGERS, R. J. 2C DNA content values in *Amaranthus* (Amaranthaceae). **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v. 2, n. 2, p. 1219-1223, 2008.

SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. et al. Proximate composition and free radical scavenging activity of edible fruits from the Argentina Yungas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 8, p. 1357-1364, 2005.

SHEIDAI, M.; MOHAMMADZADEH, Z. Cytogenetic study of *Amaranthus* L. species in Iran. **Cytologia**, v. 73, n. 1, p. 1-7, mar./2008. ISSN 0011-4545.

SONG, B. H. et al. Chromosome numbers of 14 species in *Amaranthus* from China. **Acta Phytotaxonomica Sinica**, v. 40, n. 5, p. 428-432, 2002.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. São Paulo: Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

SPHEAR, C. R. **Amaranto**: opção para diversificar a agricultura e os alimentos. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 136 p.

SUMAR-KALINOWSKI, L. *Amaranthus* sp. **El pequeño gigante**. Relatório UNICEF, p.1-24. 1986.

## CAPÍTULO 2

### Número cromossômico e conteúdo de DNA nuclear em cinco espécies de *Amaranthus*

#### RESUMO

O gênero *Amaranthus* é composto por 60 espécies, sendo 10 destas, comumente encontradas nas lavouras do Brasil. Devido à semelhança entre as espécies e à ocorrência de hibridação natural, a identificação das mesmas se torna difícil, o que gera dúvidas com relação à taxonomia. As técnicas de citogenética, aliadas à citometria de fluxo, podem contribuir para o esclarecimento de questões taxonômicas e evolutivas das espécies. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, determinar o número de cromossomos e o conteúdo de DNA nuclear de cinco espécies do gênero *Amaranthus*, de ocorrência comum no Brasil. O material vegetal utilizado foi proveniente da coleção de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG, Brasil. Os cromossomos metafásicos foram obtidos pela técnica de secagem à chama e corados com Giemsa a 2 %. A determinação do conteúdo de DNA nuclear foi realizada por citometria de fluxo, utilizando-se o tampão LB01 e *Pisum sativum*, como padrão interno de referência. Para *A. hybridus* o número de cromossomos encontrados foi  $2n=32$  e para *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. retroflexus*,  $2n=34$ , sugerindo a ocorrência de disploidia. O conteúdo de DNA nuclear variou entre as espécies de 1,28 pg a 1,79 pg, sendo que *A. deflexus* apresentou o maior valor (1,79 pg) e diferiu estatisticamente das demais, apesar de também apresentar  $2n=34$ , evidenciando que não há relação entre o conteúdo de DNA e o número de cromossomos. Com este trabalho, foi possível ampliar os conhecimentos acerca da caracterização genética destas cinco espécies.

Palavras-chave: Caruru. Citogenética. Citometria de fluxo.

## ABSTRACT

The *Amaranthus* genus is made up of 60 species and 10 of them are normally found in Brazil. Due to similarity among the species and the natural hybridization is difficult to identify them properly, therefore many doubts regarding to the taxonomy are raised. The cytogenetic techniques combined with flow cytometry may contribute to the clarification of taxonomic and evolutionary processes of species. Therefore, the objective of this study was to determine the number of chromosomes and the nuclear DNA content of five species of the genus *Amaranthus* commonly found in Brazil. The plant used was collected from the collection of germplasm of unconventional vegetables, at Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG, Brazil. The metaphase chromosomes were obtained by technique of drying on flame and dyed with 2 % Giemsa. The nuclear DNA content was estimated by the flow cytometry using LB01 and *Pisum sativum* buffer as internal reference standard. In *A. hybridus* were found the number  $2n = 32$  chromosome and the *A. spinosus*, *A. viridis*, *deflexus* and *A. retroflexus* were found  $2n = 34$ , suggesting a disploidy. The nuclear DNA content varied between species from 1.28 pg to 1.79 pg, and *A. deflexus* had the highest value (1.79 pg) and was statistically different from the others, though also present  $2n = 34$ , indicating there is no relationship between the DNA content and the number of chromosomes. From this work was possible to understand the genetic characterization of these five species.

Keywords: Pigweed. Cytogenetics. Flow cytometry.

## 1 INTRODUÇÃO

Existe em torno de 60 espécies classificadas botanicamente dentro do gênero *Amaranthus*, e 10 destas espécies são de ocorrência comum nas lavouras brasileiras como plantas invasoras. O centro de origem destas plantas é a América Tropical e elas são empregadas na alimentação humana e animal em várias partes do mundo (KISSMAN; GROTH, 1999; CARVALHO et al., 2008). No Brasil, o consumo pela população se restringe a alguns grupos étnicos e populações rurais, sendo consideradas hortaliças não convencionais, embora apresentem alto valor nutritivo, com destaque para proteínas, vitaminas e minerais presentes (AMAYA-FARFÁN et al., 2005).

As espécies de ocorrência comum no Brasil são popularmente chamadas de breo ou caruru, sendo que as mais conhecidas são o caruru-de-mancha (*A. viridis*), caruru-roxo (*A. hybridus*), caruru-de-espinho (*A. spinosus*), caruru rasteiro (*A. deflexus*), caruru gigante (*A. retroflexus*) e caruru-folha-de-cuia (*A. lividus*), as quais são encontradas em grande parte das lavouras brasileiras e apresentam maior importância como plantas invasoras (KISSMAN; GROTH, 1999; CARVALHO et al., 2008).

A identificação das espécies de *Amaranthus*, do ponto de vista taxonômico, é difícil, devido às semelhanças interespecífica e intraespecífica, uma vez que em algumas, não existem caracteres bem definidos, além disso, a ocorrência de hibridação natural e as variações cromossômicas tornam ainda mais complexo o processo de identificação (QUEIRÓS, 1989; JESCHKE et al., 2003). A identificação com base na contagem cromossômica e estimativa do conteúdo de DNA pode ser uma alternativa para auxiliar na discriminação das espécies, porém, embora haja muitos trabalhos que abordam o gênero *Amaranthus*, ainda são poucos os que analisam essas características (PRATT et al., 2008). Os trabalhos nesta linha são realizados em apenas algumas espécies.

Alguns autores atribuem a escassez de estudos nesta área, ao tamanho reduzido dos cromossomos, o que dificultaria as análises.

Em pesquisa realizada no Irã, com 10 espécies de *Amaranthus*, Sheidai e Mohammadzadeh (2008) observaram o número de cromossomos variando entre as espécies, sendo os valores  $2n=32$  e  $2n=34$ . Este trabalho confirma os dados obtidos por Song et al. (2002) em pesquisa realizada na China com 14 espécies do gênero.

A determinação do conteúdo de DNA somada à contagem cromossômica complementa as informações a respeito das variações no genoma das espécies. Dentro do gênero *Amaranthus* poucas espécies têm o conteúdo de DNA determinado. Pratt et al. (2008) determinaram o conteúdo de DNA, por meio da citometria de fluxo, em 12 espécies do gênero. Os valores observados variaram de 0,89 pg (*A. viridis*) a 2,73 pg (*A. tricolor*) e podem ser taxonomicamente informativos, tanto dentro, como entre as espécies.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, determinar o número de cromossomos e o conteúdo de DNA nuclear de cinco espécies do gênero *Amaranthus*, de ocorrência comum no Brasil, e assim, ampliar o conhecimento acerca da caracterização genética das mesmas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material vegetal

Para a realização deste estudo foram analisadas cinco espécies do gênero *Amaranthus* (Tabela 1), presentes na coleção de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada na horta experimental da instituição, município de Lavras, MG, latitude  $-21^{\circ}14'S$ , longitude  $-45^{\circ}00'W$  e altitude média de 918 metros.

Tabela 1 Espécies de *Amaranthus* utilizadas nos experimentos de contagem cromossômica e conteúdo de DNA nuclear, Lavras, 2015.

Nome comum	Nome científico
Caruru-de-espinho	<i>A. spinosus</i>
Caruru-de-mancha	<i>A. viridis</i>
Caruru rasteiro	<i>A. deflexus</i>
Caruru-gigante	<i>A. retroflexus</i>
Caruru-roxo	<i>A. hybridus</i>

### 2.2 Contagens cromossômicas

As análises referentes à contagem cromossômica foram realizadas no laboratório de Citogenética, localizado no Departamento de Biologia da UFLA.

Para obtenção das metáfases mitóticas das cinco espécies de *Amaranthus* utilizou-se pontas de raízes, obtidas de sementes germinadas em BOD a 28°C, e em seguida, foram pré-tratadas com Paradiclorobenzeno (PDB) por 3 h e 15 min a 20 °C. Após tratamento, as raízes foram fixadas em Carnoy (3

álcool etílico : 1 ácido acético) e mantidas a -20 °C para serem analisadas posteriormente.

Para o preparo das lâminas, as raízes foram digeridas em solução de Pectinase/Celulase (100/200 U pH 7,5) e Pectoliase 5 %, na proporção 3 : 1, por 30 min a 37 °C e, posteriormente, as lâminas foram preparadas pela técnica de secagem à chama e coradas com Giemsa a 2 %. O número cromossômico foi obtido pela contagem de pelo menos, 10 metáfases de cada genótipo analisado.

As imagens foram capturadas em microscópio de campo claro (Leica DMLS), equipado com microcâmera (Nikon Digital Sight DS-Fi 1), no software AxioVision from Carl Zeiss e processadas no Adobe Photoshop CS3.

### **2.3 Preparação das suspensões nucleares para citometria de fluxo**

As análises das cinco espécies de *Amaranthus* foram realizadas no laboratório de Cultura de Tecidos da UFLA.

Para determinação do conteúdo de DNA foram analisadas três amostras de cada espécie de *Amaranthus*, utilizou-se cerca de 20 mg de tecido foliar jovem e a mesma quantidade de tecido foliar jovem de ervilha *Pisum sativum* (padrão interno de referência), trituradas em placa de Petri contendo 1 mL de tampão LB01 gelado, para obtenção da suspensão nuclear. Na solução de núcleos interfásicos, obtida após filtragem, foram adicionados 25 µL de iodeto de propídeo (1 mg/mL) e 2,5 µL de RNase (50 µg/mL) (DOLEZEL, 1997).

As amostras foram analisadas após 5 min de incubação em citômetro de fluxo FacsCalibur™, sendo que analisou-se pelo menos 10.000 núcleos por amostra, o que permitiu a obtenção de histogramas pelo software Cell Quest, com posterior análise no software WinMDI 2.8.

O conteúdo de DNA nuclear, em picogramas (pg), das amostras, foi estimado por comparação com a posição do pico G1 do padrão interno de referência (*Pisum sativum*), utilizando a relação  $Q = (E/S) \times R$ , onde:

Q é a quantidade de DNA da amostra (pg/2C)

E é a posição do pico G1 da amostra

S é a posição do pico G1 do padrão de referência

R é o conteúdo de DNA do padrão de referência (9,09 pg/2C)

Para comparação dos resultados, foi feita a análise estatística por meio da análise de variância, onde se utilizou o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Após análise de variância, observou-se o nível de significância do teste F e foram realizados os testes das médias por meio do teste de Scott Knott a um nível de 5 % de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do conteúdo de DNA variaram de 1,28 pg (*A. spinosus*) a 1,79 pg (*A. deflexus*) (Tabela 2) e não foi observada diferença significativa entre as espécies *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. retroflexus* e *A. hybridus*. O maior conteúdo de DNA (1,79 pg) foi observado em *A. deflexus* e diferiu estatisticamente das demais. Os valores obtidos para o coeficiente de variação (CV) nas análises de citometria de fluxo evidenciam a confiabilidade dos dados coletados, pois, conforme Dolezel e Bartos (2005), avaliações que apresentam CVs inferiores a 5 % são consideradas confiáveis e difíceis de serem obtidos para algumas plantas.

Tabela 2 Conteúdo de DNA nuclear (pg) e número cromossômico de cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015.

Nome Científico	Conteúdo de DNA nuclear (pg)	Nº de cromossomos cr (2n)	CV (%)
<i>A. spinosus</i>	1,28b*	34	0,88
<i>A. viridis</i>	1,38b	34	1,01
<i>A. deflexus</i>	1,79a	34	0,88
<i>A. retroflexus</i>	1,44b	34	1,07
<i>A. hybridus</i>	1,50b	32	0,93

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

Os valores de conteúdo de DNA nuclear das espécies *A. viridis*, *A. retroflexus* e *A. spinosus* (Tabela 2), divergem dos valores relatados por Pratt et al. (2008). Estes autores descreveram para *A. viridis*, *A. retroflexus* e *A. spinosus* 0,89 pg, 1,70 pg e 1,90 pg, respectivamente. Para a espécie *A. hybridus* foi relatado no presente trabalho 2C=1,50 pg, valor diferente do encontrado por Jeschke et al. (2003), 2C=1,04 pg e por Tranel et al. (2002), 2C=1,12 pg. Com

relação à espécie *A. deflexus*, com  $2C=1,79$  pg, não foi encontrado relatos na literatura, sendo que valor próximo foi observado em *A. retroflexus* ( $2C=1,70$  pg) por Pratt et al. (2008). Como estes autores não relataram o número cromossômico das espécies estudadas, não é possível inferir se as diferenças observadas no conteúdo de DNA nuclear têm relação com ploidia. Variações para tamanho de genoma têm sido relatadas para várias espécies, e podem ocorrer, inclusive, em nível intraespecífico, tais como observado em soja por Graham et al., (1994) e milho (RAYBURN et al.,1989). Em alguns casos, essas variações foram correlacionadas com gradientes ambientais ou condições de crescimento (DOLEZEL; BARTOS, 2005).

O número cromossômico encontrado nas cinco espécies analisadas variou entre  $2n=32$  para *A.hybridus* e  $2n=34$  para *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. retroflexus* (Tabela 2). Essas contagens confirmam se tratar de espécies diploides, considerando que o número básico de cromossomos relatado por Song et al. (2002) é  $x=16$  e  $17$ . Entretanto, há relatos de espécies com  $2n=28$ , tais como *A. tenuifloius* como postula Pal et al., (2000) e *A. blitum* conforme Srivastava e Roy, (2014), concluindo que o gênero *Amaranthus* é tribásico ( $x=14$ ,  $x=16$  e  $x=17$ ). O número básico  $x=14$  é um número secundário derivado de  $x=16$  ou  $x=17$ .

Srivastava e Roy (2014) propuseram que esta alteração numérica deve ter ocorrido por disploidia. A disploidia se caracteriza pela variação no número de cromossomos (aumento ou redução) sem que haja alteração no conteúdo de DNA (GUERRA, 2008). Ainda segundo este autor, a disploidia é consequência da fusão, fissão ou quebra de cromossomos, e pode também ter origem na hibridação de dois diploides, dentre outras possíveis causas. Outras espécies, tais como as pertencentes ao gênero *Lapeirousia*, de acordo com Goldblatt e Takei (1993), evoluíram a partir deste mecanismo. Em *Amaranthus*, segundo Srivastava e Roy (2014) a redução por disploidia a partir do maior número

cromossômico ( $2n=34$ ), pode ser atribuída à repetidas manipulações cromossômicas durante as hibridações entre raças, ou ainda, estar associada à morfologia ou a condições ecológicas. Estes eventos estariam correlacionados com o avanço filogenético da família Amaranthaceae.

Ao se comparar as espécies com  $2n=34$  (*A. spinosus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. retroflexus*), observa-se que *A. deflexus*, possui maior quantidade de DNA nuclear e difere estatisticamente das demais (Tabela 2 e Figuras 1 e 2). Esta é uma forte evidência de que o número cromossômico não tem relação direta com o conteúdo de DNA nuclear. A variação no conteúdo de DNA pode ser em decorrência de maior acúmulo de DNA altamente repetitivo, duplicações ou deleções de segmentos cromossômicos. As sequências de DNA altamente repetitivo são fragmentos de DNA homólogos, presentes em múltiplas cópias, e são responsáveis pelo aumento do tamanho e sequência de genomas. As sequências de DNA repetitivo podem corresponder a até 90 % do tamanho do genoma e estão presentes em mecanismos evolutivos fundamentais e na diferenciação cariotípica, tais como movimento e pareamento de cromossomos, recombinação cromossômica, arranjo de cromossomos, evolução cariotípica, regulação da expressão gênica, dentre outros. Estas sequências geram diferenças entre genomas, o que podem comprovar distâncias evolutivas entre as espécies, e assim, úteis para diferenciar espécies relacionadas (MEHROTRA; GOYAL, 2014).

Nas metáfases analisadas, o número cromossômico  $2n=34$  observado nas espécies *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. retroflexus* e  $2n=32$  em *A. hybridus* (Tabela 2, Figuras 1 e 2), corroboram com os dados obtidos por Song et al. (2002). Em estudo realizado por Queirós (1989) também é possível observar  $2n=34$  para as espécies *A. retroflexus* e *A. deflexus* e  $2n=32$  em *A. hybridus*. Em pesquisa realizada por Sheidai e Mohammadzadeh (2008) houve divergência na espécie *A. hybridus*, no qual estes autores relataram  $2n=34$ .

Com o uso das técnicas de contagem cromossômica e citometria de fluxo, foi possível ampliar os conhecimentos sobre caracterização genética de cinco espécies de *Amaranthus* de ocorrência comum no território brasileiro.

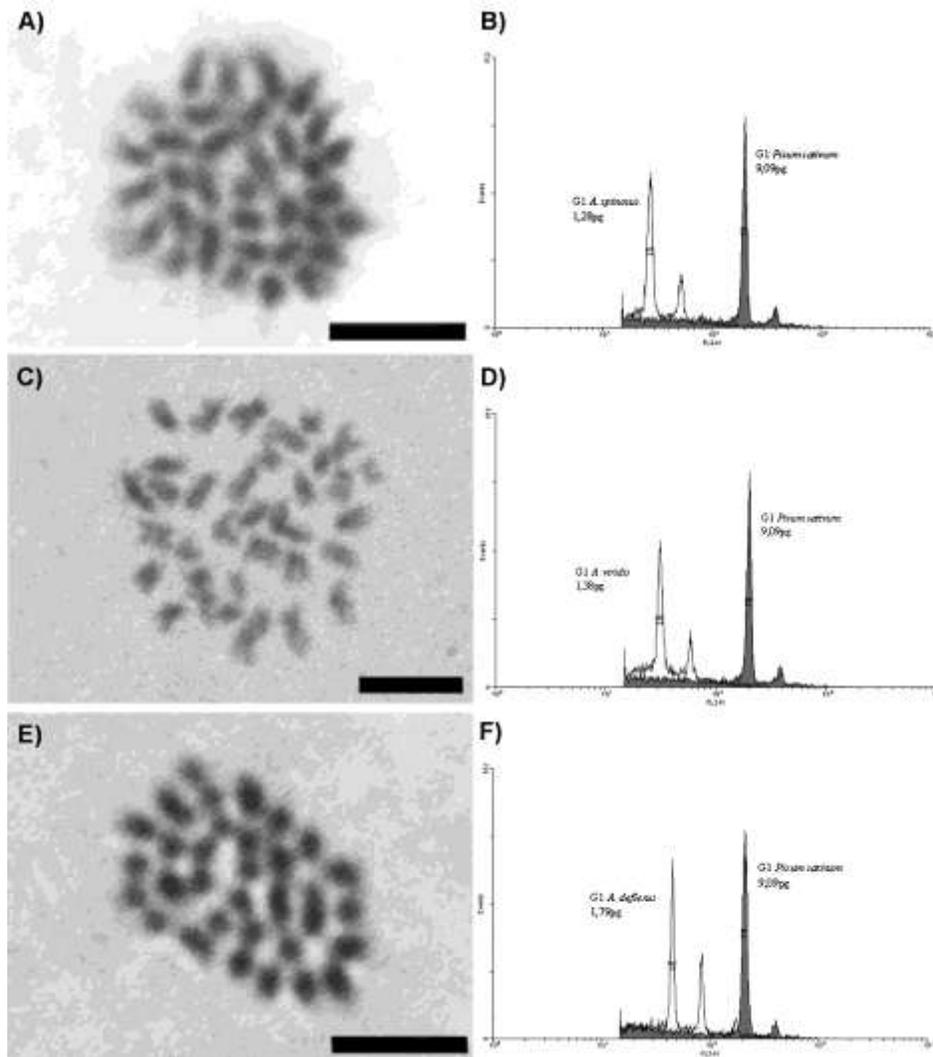


Figura 1 Metáfases mitóticas com  $2n=2x=34$  cromossomos e histogramas do conteúdo de DNA nuclear das espécies *A. spinosus* (A e B), *A. viridis* (C e D) e *A. deflexus* (E e F). Barra: 5 µm

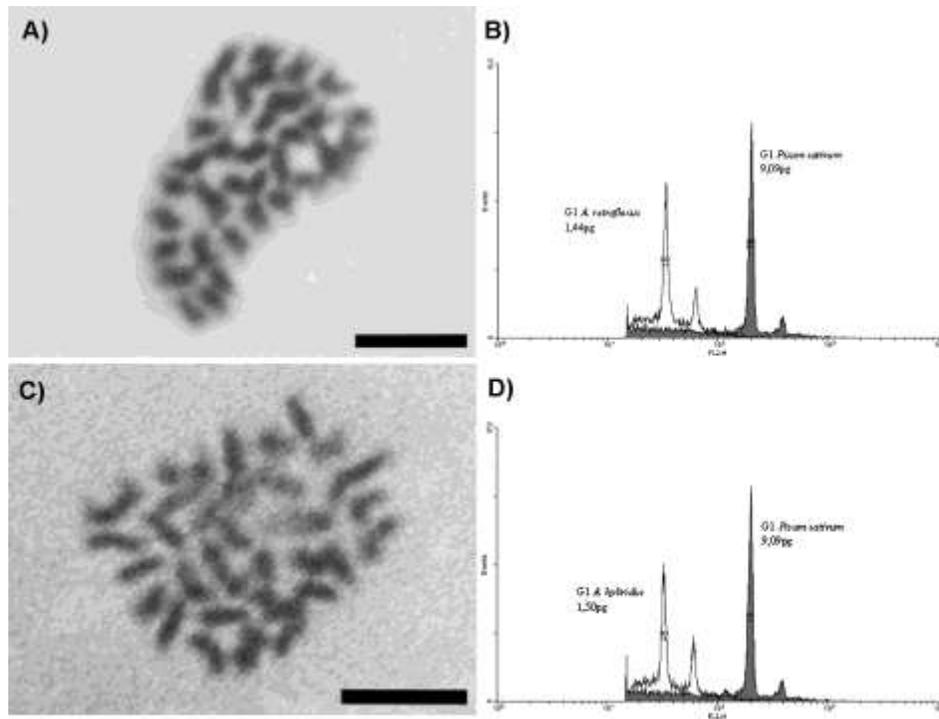


Figura 2 Metáfases mitóticas e histogramas do conteúdo de DNA nuclear das espécies *A. retroflexus* ( $2n=2x=34$ ) (A e B) e *A. hybridus* ( $2n=2x=32$ ) (C e D). Barra: 5 μm

#### 4 CONCLUSÕES

O número de cromossomos das espécies de *Amaranthus* estudadas variou de  $2n=32$  para *A. hybridus* e  $2n=34$  para *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. deflexus* e *A. retroflexus*, caracterizando-as como espécies diploides.

O número de cromossomos observado em *A. hybridus* ( $2n=2x=32$ ) indica a ocorrência de disploidia descendente na espécie.

Não há relação entre número cromossômico e o conteúdo de DNA nuclear das espécies avaliadas.

## REFERÊNCIAS

AMAYA-FARFÁN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C.R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para sua alimentação? A proposta do Amarantho (*Amaranthus* sp.). **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 12, n. 1, p. 47- 56, 2005.

CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 317-326, 2008.

DOLEZEL, J. Application of flow cytometry for the study of plant genomes. **Journal Applied Genetics**, v. 38, n. 3, p. 285-302, 1997.

DOLEZEL, J.; BARTOS, J. Plant DNA flow cytometry and estimation of nuclear genome size. **Annals of Botany**, v. 95, p. 99-110, 2005.

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

GOLDBLATT, P.; TAKEI, M. Chromosome cytology of the African genus *Lapeirousia* (Iridaceae-Ixioideae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 80, p. 961-973, 1993.

GRAHAM, M.J.; NICKELL, C.D.; RAYBURN, A.L. Relationship between genome size and maturity group in soybean. **Theoretical and Applied Genetics** v. 88, p. 429-432, 1994.

GUERRA, M. Chromosome numbers in plant cytotaxonomy: concepts and implications. **Cytogenet Genome Res**, v. 120, n. 3-4, p. 339-50, 2008. ISSN 1424-859X (Electronic) 1424-8581 (Linking).

JESCHKE, M.R.; TRANEL, P. J.; RAYBURN, A. L. DNA content analysis of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and tall waterhemp (*A. tuberculatus*): Implications for hybrid detection. **Weed Science**, v. 51, n. 1, p. 1-3, 2003.

KISSMAN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo, SP: Basf Brasileira, 1999. 798.

MEHROTRA, S.; GOYAL, V. Repetitive Sequences in Plant Nuclear DNA: Types, Distribution, Evolution and Function. **Genomics, Proteomics & Bioinformatics**, v. 12, n. 4, p. 164-171, 8// 2014. ISSN 1672-0229.

PAL, M.; OHRI, D.; SUBRAHMANYAM, G. V. A new basic chromosome number for *Amaranthus* (Amaranthaceae). **Cytologia**, v. 65, n. 1, p. 13-16, 2000.

PRATT, D.B.; JHANGIANI, S.N.; WIGGERS, R.J. 2C DNA content values in *Amaranthus* (Amaranthaceae). **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v. 2, n. 2, p. 1219-1223, 2008.

QUEIRÓS, M. Estudos citotaxonómicos em *Amaranthus* de Portugal. **Lazaroa**, v. 11, p. 9-17, 1989.

RAYBURN, A. L. et al. Detection of intraspecific DNA content variation in *Zea mays* L. by flow cytometry. **Journal of Experimental Botany**, v. 40, p. 1179-1783, 1989.

SHEIDAI, M.; MOHAMMADZADEH, Z. Cytogenetic study of *Amaranthus* L. species in Iran. **Cytologia**, v. 73, n. 1, p. 1-7, mar./2008. ISSN 0011-4545.

SONG, B. H. et al. Chromosome numbers of 14 species in *Amaranthus* from China. **Acta Phytotaxonomica Sinica**, v. 40, n. 5, p. 428-432, 2002.

SRIVASTAVA, R.; ROY, B. K. A new chromosome number for *Amaranthus blitum*. **Journal on New Biological Reports** v. 3, n. 2, p. 111-114, 2014.

TRANEL, P. J. et al. Transmission of herbicide resistance from a monoecious to a dioecious weedy *Amaranthus* species. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 105, n. 5, p. 674-679, oct./2002. ISSN 0040-5752.

## CAPÍTULO 3

### Compostos de interesse nutricional em *Amaranthus* spp.

#### RESUMO

Cerca de 60 espécies compõem o gênero *Amaranthus*, e 10 destas são comumente encontradas nas áreas agricultáveis do Brasil, onde são consideradas como plantas invasoras, embora estudos mostrem o potencial nutricional dessas hortaliças. Objetivou-se com este trabalho, avaliar o potencial antioxidante e caracterizar a composição bromatológica de cinco espécies de *Amaranthus*, de ocorrência comum no Brasil. Foram utilizadas folhas frescas de *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. deflexus*, *A. retroflexus* e *A. hybridus*, oriundas da coleção de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG, Brasil. Foram coletadas folhas na porção mediana das plantas, formando amostras compostas, com 100 g de folha fresca cada. No laboratório, as amostras foram sanitizadas e avaliadas em relação às seguintes variáveis: atividade antioxidante (pelos métodos do DPPH e ABTS), compostos fenólicos totais, vitamina C, sólidos solúveis totais, pH, umidade, lipídios, proteínas e cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma,  $^{\circ}$ Hue). O delineamento experimental utilizado no laboratório foi o inteiramente casualizado (DIC) e as análises foram realizadas em triplicata. De acordo com os resultados pode-se observar que as cinco espécies de *Amaranthus* avaliadas, possuem capacidade de sequestro de radicais livres entre 41,76 % SRL e 88,22 % SRL, quando avaliadas pelo método DPPH, e 10,53  $\mu\text{M}$  trolox  $\text{g}^{-1}$  a 16,48  $\mu\text{M}$  trolox  $\text{g}^{-1}$  quando avaliadas pelo método ABTS. Os teores de compostos fenólicos variaram entre 10,98 mg  $100 \text{ g}^{-1}$  e 763,52 mg  $100 \text{ g}^{-1}$ , a vitamina C, que também apresenta potencial antioxidante, variou entre 109,20 mg  $100 \text{ g}^{-1}$  a 174,18 mg  $100 \text{ g}^{-1}$ . O conteúdo de sólidos solúveis totais (açúcares) variou de 0,67 % a 9,00 %, pH entre 6,49 e 7,23, indicando ser hortaliças de baixa acidez. Os teores de umidade permaneceram entre 74,25 % e 82,74 %, o baixo conteúdo de umidade resulta em perda de turgência das folhas, e assim, compromete a aparência e qualidade do produto. Os lipídios variaram de 0,80 % a 1,19 %, valores dentro do observado em hortaliças em geral. Os teores de proteína tiveram seus valores entre 4,05 % e 4,84 %, acima do observado em hortaliças. Com base nos dados obtidos, as espécies de *Amaranthus* apresentaram potencial nutricional e se mostraram superiores a hortaliças convencionais comumente consumidas.

Palavras-chave: Caruru. Potencial nutricional. Pós-colheita

## ABSTRACT

The *Amaranthus* genus is made up of 60 species and 10 of them are normally found in Brazil and where are seen as weeds although studies show the benefits of these vegetables. The objective of this study was to assess the antioxidant potential and characterize the chemical composition of five species of *Amaranthus* usually found in Brazil. Fresh leaves of *A. spinosus*, *A. viridis*, *A. deflexus*, *A. retroflexus* e *A. hybridus* were collected from the germplasm of collection of unconventional vegetables at Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG, Brazil. Samples of 100 g of fresh leaves were collected from the middle part of plants. In the laboratory the samples were disinfected and evaluated on the following variables: antioxidant activity (by the methods of DPPH and ABTS), total phenolic compounds, vitamin C, total soluble solids, pH, moisture, lipids, proteins and color (L \*, a \*, b \*, Chroma, °Hue). The experimental design in the lab was completely randomized and the analyses were performed in triplicate. The results indicate that the five *Amaranthus* species have the sequestration capacity of free radicals between 41.76 % and 88.22 % SRL when assessed by the DPPH, and between 10.53  $\mu\text{M}$  trolox  $\text{g}^{-1}$  to 16.48  $\mu\text{M}$  trolox  $\text{g}^{-1}$  when evaluated by ABTS method. The content of phenolic compounds ranged from 10.98  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  to 763.52  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  vitamin C, which also has antioxidant potential ranged from 109.20  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  to 174.18  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ . The total soluble solids (sugars) ranged from 0,67 % to 9,00 %, pH between 6.49 and 7.23, thus the vegetable can be seen as a low-acid vegetable. Humidity levels have remained between 74.25 % and 82.74 %, low moisture content results in loss of turgor of leaves therefore affect the appearance and quality of the product. The lipids ranged from 0.80 % to 1.19 %, this values are within the generally observed in vegetables. Protein levels had their values between 4.05 % and 4.84 %, they are above that of vegetables. Based on these data, the species of *Amaranthus* show nutritional potential and proved superior to conventional vegetables commonly consumed

Keywords: Pigweed. Nutritional potential. Postharvest.

## 1 INTRODUÇÃO

O gênero *Amaranthus* pertence à família Amaranthaceae, e compreende cerca de 60 espécies, sendo que aproximadamente 10 destas são de ocorrência comum no território brasileiro, e são facilmente encontradas nas lavouras do país. Estudos indicam que o centro de origem destas plantas é a América Tropical e o consumo das folhas e sementes é observado na alimentação humana e animal em vários países (KISSMAN; GROTH, 1999; FERREIRA et al., 2007; CARVALHO et al., 2008).

No Brasil, o uso de plantas do gênero *Amaranthus* na alimentação humana ainda é pouco conhecido, apesar do elevado potencial nutricional das mesmas (AMAYA-FARFÁN et al., 2005). Ferreira et al. (2007) destacam a presença do amaranto na lista dos 36 alimentos mais promissores para alimentar a humanidade nos próximos 50 anos. Apesar disso, a maior importância no território nacional é como planta invasora de difícil controle, sendo as mais comumente observadas: *A. viridis* (caruru-de-mancha), *A. hybridus* (caruru-roxo), *A. spinosus* (caruru-de-espimho), *A. deflexus* (caruru-rasteiro), *A. retroflexus* (caruru-gigante) e *A. lividus* (caruru-folha-de-cuia) (KISSMAN; GROTH, 1999; CARVALHO et al., 2008).

No passado, essas espécies foram utilizadas na alimentação, como hortaliças, e hoje, o consumo está restrito a determinadas populações locais rurais, e são consideradas hortaliças não convencionais ou tradicionais.

Nas regiões onde *Amaranthus* sp. é consumido como hortaliça, utiliza-se as folhas e grãos na forma de saladas, sopas, pães e recheios, e os resíduos (talos) em rações animais. Há relatos sobre o potencial nutricional das espécies de *Amaranthus* como fonte de nutrientes, sendo os grãos ricos em proteínas, carboidratos, gorduras e minerais (AMAYA-FARFÁN et al., 2005).

Além do uso *in natura* destes vegetais, Ferreira et al. (2007) descreve o uso das folhas e grãos dos mesmos em diversas preparações culinárias e industriais, visando o melhor aproveitamento das nobres características nutricionais dessas espécies. Este autor relata a incorporação da farinha e dos grãos de amaranto na fabricação de pães, bolos e cookies, com o intuito de aumentar o teor de lisina e, em alguns casos, a substituição completa da farinha de trigo, produzindo alimentos livres de glúten. Marciniak-Lukasiak e Skrzypacz (2008) elaboraram diferentes formulações de pães e bolos, nas quais se utilizou diferentes tipos de farinha de amaranto. Estes autores relataram que as massas agradaram o paladar dos consumidores e são comprovadamente livres de glúten. Ainda segundo Ferreira et al. (2007), na indústria, extratos das folhas foram utilizados para aumentar a vida útil de leites fermentados, e a farinha, na produção de filmes comestíveis.

Devido ao elevado potencial nutricional dessas hortaliças, o uso de multimisturas, enriquecidas com a farinha de amaranto, vem sendo estudado e utilizado em creches, escolas e populações menos favorecidas, onde atua como um aliado no combate à desnutrição (KAMINSKI et al., 2006; FERREIRA et al., 2007). Comercialmente, é possível encontrar os grãos, flocos e farinha em supermercados, empórios e casa de produtos naturais.

Achigan-Dako et al. (2014) relataram o resgate de espécies de *Amaranthus* na África, com o intuito de reduzir a insegurança alimentar e combater a desnutrição infantil. Segundo estes autores, essas plantas são muito promissoras, uma vez que além do elevado valor nutricional das folhas e das sementes (ambas ricas em proteínas e micronutrientes), são resistentes à seca, pragas e doenças.

Em estudo realizado por Ashok Kumar et al. (2012), concluiu-se que *Amaranthus viridis* apresenta atividade antidiabética, anti-hiperlipidêmicos e antioxidante, logo podem auxiliar no controle de doenças cardiovasculares.

Segundo Costa e Borges (2005) a alimentação com grãos de *Amaranthus hypochondriacus* é mais energética e equilibrada que a alimentação à base de milho, trigo ou arroz, além de aconselhada para crianças em desenvolvimento, pessoas alérgicas a glúten, e com taxas de colesterol acima do considerado normal.

Considerando o potencial nutricional do amaranto relatado por alguns autores, é de fundamental importância avaliar componentes nutricionais, assim como a atividade antioxidante das diferentes espécies de ocorrência no Brasil.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar o potencial antioxidante e caracterizar a composição bromatológica de cinco espécies de *Amaranthus* de ocorrência comum no Brasil.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material vegetal

Para a realização deste trabalho utilizou-se cinco espécies do gênero *Amaranthus* (Tabela 1), provenientes da coleção de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada na horta experimental da instituição, município de Lavras, MG, latitude  $-21^{\circ}14'S$ , longitude  $-45^{\circ}00'W$  e altitude média de 918 metros. Em cada espécie, foram coletadas folhas frescas, na porção mediana (ponto considerado ideal para colheita de folhas para consumo) de mais de uma planta, formando assim uma amostra composta. O conteúdo de cada amostra foi 100 g de folha fresca. Posteriormente, as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e Química de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, onde foram sanitizadas e avaliadas. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) e as análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 1 Espécies de *Amaranthus* utilizadas nos experimentos de avaliação nutricional das hortaliças, Lavras, 2015.

Nome comum	Nome científico
Caruru-de-espinho	<i>A. spinosus</i>
Caruru-de-mancha	<i>A. viridis</i>
Caruru rasteiro	<i>A. deflexus</i>
Caruru-gigante	<i>A. retroflexus</i>
Caruru-roxo	<i>A. hybridus</i>

## **2.2 Análises realizadas no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e Química de Alimentos**

Foram realizadas análises para obtenção da atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS, compostos fenólicos, vitamina C, sólidos solúveis totais, pH, umidade, lipídios, proteínas e cor.

### **2.2.1 Atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS**

A grande diversidade química, principalmente em compostos fenólicos, aliada ao fato de não existir um procedimento universal para a determinação da atividade antioxidante, exige o uso de metodologias com diferentes mecanismos de ação (MELO et al., 2006).

Uma das metodologias utilizadas na determinação da atividade antioxidante foi o método de sequestro do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), por antioxidantes, segundo Brand-Williams et al. (1995), adaptado por Rufino et al. (2007 a). A porcentagem de sequestro de radicais livres (% SRL) foi calculada conforme a fórmula sugerida por Duarte-Almeida et al. (2006):  $\% \text{ SRL} = (Ac - Am) \times 100 / Ac$ , onde % SRL (Porcentagem de sequestro de radicais livres), Ac (Absorbância do controle) e Am (Absorbância da amostra). Nessa variável, valores elevados de sequestro dos radicais livres (SRL), indicam maior capacidade antioxidante da amostra.

O outro método se baseia na habilidade dos antioxidantes em capturar o radical  $\text{ABTS}^+$  (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico)), segundo (Rufino et al., 2007b). Neste caso, a capacidade antioxidativa é medida em trolox equivalentes (TEAC) e os resultados são expressos em  $\mu\text{M trolox g}^{-1}$  de folha, quanto maior o valor observado, maior o potencial antioxidante da amostra.

### **2.2.2 Compostos fenólicos**

Para determinação dos compostos fenólicos totais, foram obtidos extratos, e sua quantificação foi realizada conforme o método colorimétrico desenvolvido por Singleton e Rossi (1965), com a utilização do reagente de Folin-Ciocalteu, em solução com concentração de 10% (v/v). O procedimento de extração envolveu etapas consecutivas de centrifugação, repouso e filtração, visando obter uma melhor extração dos compostos fenólicos, conforme descrito por Larrauri et al. (1997). Os resultados foram expressos em mg de compostos fenólicos por 100 g de amostra ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ).

### **2.2.3 Vitamina C**

A quantificação dos teores de vitamina C foi realizada pelo método colorimétrico, empregando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker et al. (1967). A leitura foi realizada a 520 nm em espectrofotômetro Beckman 640B, com sistema computadorizado. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ).

### **2.2.4 Sólidos solúveis totais**

Os sólidos solúveis totais foram determinados utilizando-se refratômetro digital ATAGO PR-100, com compensação de temperatura, sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

### **2.2.5 pH**

A medição do pH foi feita empregando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3M) com eletrodo de vidro, conforme recomendações da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007).

### **2.2.6 Umidade**

A umidade foi determinada pelo peso constante em estufa de 65 °C de acordo com Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

### **2.2.7 Lipídios**

Foi utilizado o método de extração contínua em aparelho Soxhlet, utilizando-se como solvente o éter etílico (AOAC, 2005). Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem (%).

### **2.2.8 Proteínas**

A proteína bruta foi determinada pelo método micro-Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (2005). Após digestão da amostra com a solução digestora (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e ácido sulfúrico, e posterior destilação, procedeu-se a titulação com a solução de ácido clorídrico (0,02N). Os resultados foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup> de matéria integral, empregando-se 6,25 como fator de conversão de nitrogênio em proteína.

### **2.2.9 Cor**

Para avaliar a coloração da folha foi empregado o colorímetro Minolta, modelo CR-400, no sistema da *Commission Internationale de Eclairage* (CIE, 1978), pesquisando-se as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A coordenada  $L^*$  mede a claridade ou luminosidade da amostra, variando entre o preto (0) e o branco (100). As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  definem a cromaticidade da amostra, sendo que o  $a^*$  corresponde à variação de cor do vermelho ao verde e o  $b^*$  indica a variação de cor da amostra do azul ao amarelo. Os valores de  $a^*$  e  $b^*$  obtidos pela leitura das amostras foram empregados no cálculo da cromaticidade e da tonalidade, conforme recomendações de Mcguire (1992).

### **2.3 Análise estatística**

Para comparação dos resultados, foi realizada análise estatística por meio da análise de variância, onde se utilizou o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Após a análise de variância dos resultados obtidos, observou-se o nível de significância do teste de F, e foram realizados os testes das médias por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade metabólica normal, no organismo humano, produz radicais livres. Essas moléculas, ao reagirem com DNA, RNA, Proteínas e outras substâncias oxidáveis promovem danos que contribuem para o envelhecimento e para o surgimento de doenças degenerativas (MELO et al., 2006). Os antioxidantes são substâncias que têm a capacidade de inibir a oxidação, reduzindo os radicais livres no organismo (PIENIZ et al., 2009). Sabe-se que substâncias antioxidantes como a vitamina C e E, os compostos fenólicos e os carotenoides, estão presentes nas hortaliças (CAMPOS et al., 2008). O consumo de espécies de *Amaranthus* poderá ser uma fonte alternativa, e de baixo custo, dessas substâncias antioxidantes.

De acordo com os resultados, pôde-se observar que as espécies de *Amaranthus* estudadas no presente trabalho apresentaram diferenças na atividade antioxidante obtidas pelo método DPPH. As espécies *A. spinosus*, *A. deflexus* e *A. retroflexus* se destacaram por apresentarem maior eficiência no sequestro de radicais livres (SRL), 88,22 %, 88,77 % e 86,19 % respectivamente (Tabela 2) e não diferiram estatisticamente entre si. Estes valores podem ser comparados com a ação antioxidante presente na batata (85,68 %), couve folha (91,63 %) e tomate (92,81 %) (MELO et al., 2006), hortaliças ricas em antioxidantes. Essas três espécies de *Amaranthus* se mostram mais eficientes para a característica estudada do que algumas hortaliças comumente consumidas pela população em geral, tais como alface crespa (69,57 %), alface lisa (60,85 %) e repolho verde (57,96 %) (MELO et al., 2006). A espécie mais tradicionalmente utilizada como hortaliça no Brasil (*A. viridis*), apresentou a menor eficiência no sequestro de radicais livres (41,76%), ou seja, com a simples substituição das espécies poderia haver ganhos nutricionais no consumo dessas hortaliças.

Com o objetivo de uma avaliação mais completa da atividade antioxidante, foi realizado um método complementar (ABTS), e observa-se (Tabela 2) que os teores para esta atividade encontram-se entre 10,53  $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$  (*A. viridis*) e 16,48  $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$  (*A. spinosus*)

Valores superiores aos observados por Vieira et al. (2011) em pesquisa realizada com polpa de frutos tropicais. Neste trabalho, os autores observaram que a atividade antioxidante em acerola era de 3,690  $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$  de polpa, 0,401  $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$  de polpa em goiaba e 0,561  $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$  de polpa em caju, frutos largamente consumidos no Brasil.

A capacidade antioxidativa medida por trolox equivalentes (TEAC) é uma medida da força antioxidante da amostra, baseada no trolox, análogo hidrossolúvel da vitamina E (ALAM et al., 2013). Sendo o trolox um antioxidante, quanto maior o valor observado, maior a capacidade da hortaliça de sequestrar os radicais livres, logo, maior poder antioxidante.

Tabela 2 Atividade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS e compostos fenólicos em cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015.

Espécies	Atividade Antioxidante DPPH (% SRL)	Atividade Antioxidante ABTS ( $\mu\text{M trolox g}^{-1}$ )	Compostos Fenólicos (mg 100 $\text{g}^{-1}$ )
<i>A. spinosus</i>	88,22 <sup>a*</sup>	16,48a	763,52a
<i>A. viridis</i>	41,76c	10,53a	10,98e
<i>A. deflexus</i>	88,77a	10,86a	694,88b
<i>A. retroflexus</i>	86,19a	13,29a	396,83c
<i>A. hybridus</i>	58,93b	13,85a	115,03d
CV (%)	1,74	25,07	4,83

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Os compostos fenólicos são antioxidantes muito conhecidos e particularmente potentes, além de contribuírem com o “flavor”, coloração, vida

útil e ação do produto como alimento funcional (CHITARRA; CHITARRA, 2005; GIADA; FILHO, 2006).

Na Tabela 2 encontram-se os resultados para compostos fenólicos, e observa-se que a espécie *A. spinosus* apresentou os maiores teores em relação às demais espécies avaliadas (763,52 mg 100 g<sup>-1</sup>), valor quase 70 vezes maior do que os teores observados em *A. viridis* (10,98 mg 100 g<sup>-1</sup>). Observa-se ainda, que os teores de compostos fenólicos totais variaram significativamente entre as espécies avaliadas.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) há correlação entre compostos fenólicos e atividade antioxidante. Estes autores destacam o uso destes compostos para acompanhar a perda de qualidade do produto na fase pós-colheita. O conteúdo final de compostos fenólicos pode ser influenciado pela maturação, espécie, práticas de cultivo, origem, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento (KIM et al., 2003).

Em estudo realizado por Arbos et al. (2010), no qual se comparou hortaliças orgânicas e convencionais, os valores encontrados para teores fenólicos estão abaixo dos observados em *A. spinosus*, *A. deflexus* e *A. retroflexus*. Estes autores destacaram almeirão orgânico, alface orgânica e rúcula orgânica com teores fenólicos entre 108,72 mg 100 g<sup>-1</sup> e 126,84 mg 100 g<sup>-1</sup>. Os teores encontrados para almeirão convencional, rúcula convencional e alface convencional foram ainda menores e permaneceram entre 81,04 mg 100 g<sup>-1</sup> e 92,15 mg 100 g<sup>-1</sup>.

A vitamina C ou ácido ascórbico, como é conhecida, também apresenta potencial antioxidante, além de participar na síntese de alguns aminoácidos e compostos hormonais do sistema nervoso e aumentar a biodisponibilidade de cálcio e ferro, uma vez que o mantém em sua forma reduzida (Fe<sup>2+</sup>). A deficiência de vitamina C pode levar a doenças específicas, sendo o escorbuto, a principal. A necessidade de vitamina C é de 25 mg a 30 mg por 1000 kcal e deve

ser obtida por meio da ingestão de hortaliças, frutas e legumes frescos, visto que seres humanos não têm a capacidade de sintetizá-la (VANNUCCHI; ROCHA, 2012). Estes autores ainda ressaltam que o conteúdo de vitamina C nos alimentos pode variar de acordo com a estação do ano, maturação, transporte, modo de cocção e tempo de armazenamento.

Os teores de vitamina C observados nas cinco espécies de *Amaranthus* variaram entre 109,20 mg 100 g<sup>-1</sup> e 174,18 mg 100 g<sup>-1</sup> (Tabela 3). As espécies *A. spinosus* e *A. hybridus* não diferiram estatisticamente e apresentaram os valores mais elevados (174,18 mg 100 g<sup>-1</sup> e 172,05 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Na espécie *A. deflexus* observou-se o menor teor desta vitamina (109,20 mg 100 g<sup>-1</sup>).

Os teores de vitamina C encontrados nas espécies de *Amaranthus* são, em geral, superiores aos observados por Moraes et al. (2010) em hortaliças convencionais, com destaque para *A. spinosus* e *A. hybridus*. Estes autores observaram em alface 16,52 mg 100 g<sup>-1</sup>, chicória 11,60 mg 100 g<sup>-1</sup>, repolho 34,50 mg 100 g<sup>-1</sup>, tomate 19,07 mg 100 g<sup>-1</sup>, cenoura 12,21 mg 100 g<sup>-1</sup> e couve 152,00 mg 100 g<sup>-1</sup>. Esta última hortaliça, superior ao *A. deflexus* e *A. viridis* (Tabela 3). Com estas informações é possível afirmar que as cinco espécies de *Amaranthus* são fontes alternativas de vitamina C.

Tabela 3 Conteúdo de vitamina C em cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015.

Espécies	Vitamina C (mg 100 g <sup>-1</sup> )
<i>A. spinosus</i>	174,18 <sup>a</sup> *
<i>A. viridis</i>	136,55ab
<i>A. deflexus</i>	109,20b
<i>A. retroflexus</i>	156,92ab
<i>A. hybridus</i>	172,05a
CV (%)	12,92

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os sólidos solúveis totais são todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um solvente, no caso dos alimentos, o solvente é a água. Estas substâncias são principalmente açúcares, e variam de acordo com a espécie, cultivar, estágio de maturação e o clima (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os teores de sólidos solúveis totais, nas cinco espécies de *Amaranthus*, variaram de 0,67 % a 9,00 % (Tabela 4), em *A. retroflexus* foi observado o teor mais elevado (9,00 %), *A. spinosus* e *A. deflexus* não diferiram estatisticamente, e ocuparam a posição mediana para esta característica (6,67 % e 6,00 %, respectivamente), enquanto *A. viridis* e *A. hibrydus* apresentaram os teores mais baixos (ambas com 0,67 %). Segundo Chitarra e Chitarra (2005) a faixa de variação de sólidos solúveis é de 2 a 25 %, com valores médios de 8 a 14 %.

Desta forma, é possível inferir que *A. viridis*, *A. hibrydus*, *A. spinosus* e *A. deflexus* apresentam baixos teores de açúcares em suas folhas, sendo observados nas duas primeiras espécies teores extremamente reduzidos. Segundo trabalho realizado por Carnelossi et al. (2002) a couve (*Brassica oleracea* cv *acephala*), hortaliça largamente consumida pela população, apresenta teor de sólidos solúveis totais de 7,00 %.

As informações sobre acidez têm importância na caracterização dos alimentos e na realização de estudos pós-colheita, uma vez que há relação com a proliferação de microrganismos, e assim contribui para a qualidade final dos produtos (CECCHI, 2003).

Para esta característica, observou-se nas cinco espécies de *Amaranthus*, valores de pH entre 6,49 e 7,23, onde *A. spinosus* apresentou o maior valor (7,23) diferindo das demais, como pode ser observado na Tabela 4. Embora tenha diferença significativa entre espécies, pode-se afirmar que as folhas destas hortaliças são de baixa acidez. De acordo com Dos Santos et al. (2008), os alimentos são classificados com base no pH, em baixa acidez (pH > 4,50),

ácidos (pH de 4,00 a 4,50) e muito ácidos (pH < 4,00). Rinaldi et al. (2009) encontraram em seu trabalho com repolho pH 5,44, classificando esta hortaliça como não ácida. Segundo Souza et al. (2010), o pH encontrado em couve-flor foi em torno de 6,55.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) a umidade está diretamente relacionada à qualidade do alimento, sendo que plantas com teor de umidade abaixo dos valores considerados “ótimos” estão sujeitas a estresse hídrico, o que poderá ocasionar perdas na qualidade externa e interna das hortaliças. Estes autores relatam que ao serem colhidas, as hortaliças tem o suprimento de água por parte da planta cortado, e este fato possibilita o surgimento de danos por perda de umidade, tornando os produtos inadequados à comercialização.

O conteúdo de umidade presente nas cinco espécies de *Amaranthus* variou de 74,25 % a 82,75 % (tabela 4). O *A. deflexus* apresentou o maior teor de umidade, 82,75 %. Valor próximo a esse foi observado por Pinto et al. (2001) em folhas de taioba sem nervura, 87,13 %. Em estudo realizado por Melo e Faria (2014), foi constatado que as folhas de cenoura, parte comestível não convencional, apresentam em média 86,33 % de umidade.

Os teores de lipídios observados nas cinco espécies de *Amaranthus* não apresentaram diferença significativa. Os valores quantificados foram *A. spinosus* (0,96 %), *A. viridis* (0,80 %), *A. deflexus* (1,19 %), *A. retroflexus* (0,95 %) e *A. hybridus* (0,97 %) (Tabela 4). Segundo relato de Chitarra e Chitarra (2005), frutas e hortaliças apresentam baixos teores de lipídios, em torno de 1 %, com exceção do abacate e azeitona, que contêm teores mais elevados (20 % e 15 %, respectivamente). Os teores observados nas espécies de *Amaranthus* foram superiores aos encontrados em algumas hortaliças, segundo tabela da Unicamp (2011), tais como alface crespa (0,2 %), almeirão (0,2 %), brócolis (0,3 %), espinafre (0,2 %), couve manteiga (0,5 %), serralha (0,7 %) e se equipararam a taioba e a batata inglesa, ambas com 0,9 %. Embora os valores tenham sido

superiores aos observados em alguns vegetais, são valores baixos e estão dentro do que é comumente verificado em frutas e hortaliças.

Com relação ao teor proteico, as cinco espécies de *Amaranthus* não diferiram estatisticamente. Os valores variaram de 4,05 % em *A. retroflexus* a 4,84 % em *A. spinosus* e *A. deflexus* (Tabela 4).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) frutas e hortaliças apresentam baixos teores de proteína, em torno de 1 % a 2 %, e esta possui papel funcional com atuação, por exemplo, como enzimas em mecanismos metabólicos.

As cinco espécies de *Amaranthus*, no que diz respeito ao teor proteico, se mostraram superiores a praticamente todas as hortaliças presentes na Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos – TACO da Unicamp (2011), ficando atrás apenas das folhas desidratadas de coentro (20,9 %). Segundo a TACO da Unicamp (2011) o agrião possui 2,7 % de proteína, a alface lisa 1,7 %, a chicória 1,1 %, couve manteiga 2,9 %, taioba 2,9 %, a salsa 3,3 %.

Tabela 4 Sólidos solúveis totais, pH, umidade, lipídios e proteínas em cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015.

Espécies	Sólidos Solúveis Totais (%)	pH	Umidade (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)
<i>A. spinosus</i>	6,67b*	7,23a	81,06ab	0,96a	4,84a
<i>A. viridis</i>	0,67c	6,88bc	77,79c	0,80a	4,09a
<i>A. deflexus</i>	6,00b	6,71cd	82,74a	1,19a	4,84a
<i>A. retroflexus</i>	9,00a	6,95b	80,45b	0,95a	4,05a
<i>A. hybridus</i>	0,67c	6,49d	74,25d	0,97a	4,42a
CV (%)	5,79	1,18	0,82	26,91	9,26

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em relação a cor, poucas diferenças foram observadas entre as espécies. A coordenada L\* mede a claridade ou luminosidade das amostras e varia do

preto (0) ao branco (100). A espécie *A. deflexus* apresentou o maior valor (47,56, Tabela 5), o que sugere folhas mais claras e o *A. hybridus* o menor (33,84) (Tabela 5) indicativo de menor luminosidade, as demais espécies ocuparam posição mediana para esta característica. As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  são componentes cromáticos e possuem valores que variam de -120 a +120, sendo que o  $a^*$  vai do verde (-a) ao vermelho (+a) e o  $b^*$  do azul (-b) ao amarelo (+b) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Com relação aos valores de  $a^*$  o *A. hybridus* diferiu das demais espécies e apresentou o valor 19,72 (Tabela 5). Este valor indica a presença da coloração vermelho claro nas folhas, as outras espécies não diferiram estatisticamente entre si, e apresentaram valores que permaneceram entre -9,27 (*A. retroflexus*) e -5,19 (*A. viridis*) (Tabela 5), isto mostra que estas quatro espécies tem suas folhas predominantemente verdes. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o aumento no valor de  $a^*$  pode ser consequência do decréscimo na clorofila e aumento nas antocianinas. Na coordenada  $b^*$  não houve diferença significativa entre as espécies e os valores foram de 11,03 em *A. spinosus* a 14,33 em *A. deflexus* (Tabela 5), com predominância da cor amarela.

Os valores de Chroma estão relacionados à intensidade da cor, se a hortaliça apresenta coloração mais ou menos vibrante. Para esta característica o *A. hybridus* se destacou com o valor de 21,14 (Tabela 5) e as demais espécies não diferiram estatisticamente e os valores variaram de 11,90 (*A. spinosus*) a 16,61 (*A. deflexus*) (Tabela 5). Estes resultados indicam que o *A. hybridus* apresenta cor mais vibrante que as demais espécies.

Para os valores do ângulo Hue, que indica a tonalidade das folhas, *A. hybridus* apresentou o menor valor 33,66 e diferiu estatisticamente das demais espécies. Entre *A. spinosus* (123,16), *A. viridis* (109,11), *A. deflexus* (119,26) e *A. retroflexus* (121,59) não houve diferença significativa, logo, estas quatro espécies apresentam tonalidade próxima nas folhas.

A coloração e o brilho presente nos alimentos são atributos importantes da aparência dos mesmos. Além de atrair o consumidor, estas características são utilizadas para selecionar os produtos em categorias comerciais de acordo com a uniformidade, e também são indicadores de qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 5 Características de cor em cinco espécies de *Amaranthus*, Lavras, 2015.

Espécies	L*	a*	b*	Chroma	Hue
<i>A. spinosus</i>	44,34abc*	-6,25b	11,03a	11,90b	123,16a
<i>A. viridis</i>	35,27bc	-5,19b	14,13a	14,75b	109,11a
<i>A. deflexus</i>	47,56a	-8,38b	14,33a	16,61ab	119,26a
<i>A. retroflexus</i>	44,96ab	-9,27b	14,01a	16,08ab	121,59a
<i>A. hybridus</i>	33,84c	18,72a	12,42a	21,14a	33,66b
CV(%)	9,43	11,47	12,27	12,23	5,05

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As espécies de *Amaranthus* apresentaram potencial nutricional e se mostraram superiores a frutas e hortaliças consumidas pela população brasileira. Diante das informações obtidas neste trabalho, as espécies de *Amaranthus* podem ser utilizadas como rica fonte de alimentos, sobretudo, para populações de menor poder aquisitivo. Porém, ainda há necessidade de mais pesquisas acerca destes vegetais, principalmente em relação a compostos antinutricionais.

#### 4 CONCLUSÕES

*Amaranthus spinosus* se destacou quanto ao potencial antioxidante, teor de vitamina C, compostos fenólicos, pH e umidade.

O teor de proteína presente nas cinco espécies de *Amaranthus* foi superior ao observado em frutas e hortaliças comumente consumidas pela população brasileira.

Observou-se potencial nutricional nas cinco espécies de *Amaranthus* avaliadas.

## REFERÊNCIAS

ACHIGAN-DAKO, E.G.; SOGBOHOSSOU, O.E.D.; MAUNDU, P. Current knowledge on *Amaranthus* spp.: research avenues for improved nutritional value and yield in leafy amaranths in sub-Saharan Africa. **Euphytica**, v. 197, n. 3, p. 303-317, jun./ 2014. ISSN 0014-2336.

ALAM, M.N.; BRISTI, N.J.; RAFIQUZZAMAN, M. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. **Saudi Pharm J**, v. 21, n. 2, p. 143-52, apr./2013. ISSN 1319-0164 (Print) 1319-0164 (Linking).

AMAYA-FARFÁN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C.R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para sua alimentação? A proposta do Amarantho (*Amaranthus* sp.). **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 12, n. 1, p. 47- 56, 2005.

AOAC. **Official methods of analysis of Association of Official Agricultural Chemists**. 17<sup>th</sup>. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 2005. 1410 p.

AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 18th. Arlington, VA: 2007.

ARBOS, K.A. et al. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 501-506, 2010.

ASHOK KUMAR, B. S. et al. Antidiabetic, antihyperlipidemic and antioxidant activities of methanolic extract of *Amaranthus viridis* Linn in alloxan induced diabetic rats. **Experimental and Toxicologic Pathology**, v. 64, n. 1-2, p. 75-79, 2012.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology Lebensmittel-Wissenschaft&Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

CAMPOS, F. M. et al. Estabilidade de Compostos Antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimento e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 481-490, 2008.

CARNELOSSI, M. A. G. et al. Conservação de folhas de couve minimamente processadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 2, p. 149-155, 2002.

CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 317 - 326, 2008.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. Ed. Campinas: Unicamp, 2003.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COSTA, D.M.A.; BORGES, A.S. Avaliação da produção agrícola do Amarantho (*Amaranthus hypochondriacus*). **Holos**, v. 21, p. 97-111, 2005.

DOS SANTOS, G. M. et al. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos De Nutricion**, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

DUARTE-ALMEIDA, J.M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

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

FERREIRA, T.A.P.C.; MATIAS, A.C.G.; ARÊAS, J.A.G. Características nutricionais e funcionais do Amarantho (*Amaranthus* spp.). **Nutrire**: revista da Sociedade Brasileira Alimentação e Nutrição, v. 32, n. 2, p. 91-116, 2007.

GIADA, M.L.R.; FILHO, J.M. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 12, n. 4, p. 7-15, 2006.

KAMINSKI, T. A. et al. Avaliação dos elementos tóxicos, antinutricioanis e patógenos em multimisturas. **Alimento e Nutrição**, v. 17, n. 2, p. 171-179, 2006. ISSN 0103-4235.

KIM, D.; JEONG, S.W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003. ISSN 03088146.

KISSMAN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo, SP: Basf Brasileira, 1999. 798p.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F.D. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

MARCINIAK-LUKASIAK, K.; SKRZYPACZ, M. GLUTEN-FREE BREAD CONCENTRATE WITH ADDITION OF AMARANTHUS FLOUR. **Zywnosc-Nauka Technologia Jakosc**, v. 15, n. 4, p. 131-140, 2008. ISSN 1425-6959.

MCGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **Hortscience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MELO, C.M.T.; FARIA, J.V. Composição centesimal, compostos fenólicos e atividade antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 93-100, 2014.

MELO, E.A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 639-644, 2006.

MORAES, F.A. et al. Perdas de vitamina C em hortaliças durante o armazenamento, preparo e distribuição em restaurantes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n. 1, p. 51-62, 2010.

PIENIZ, S. et al. Avaliação in vitro do potencial antioxidantes de frutas e hortaliças. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 552-559, 2009.

PINTO, N.A.V.D. et al. Variabilidade da composição centesimal, vitamina C, ferro e cálcio de partes da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 3, p. 205-208, 2001.

RINALDI, M.M. et al. Estabilidade de repolho minimamente processado sob diferentes sistemas de embalagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 310-315, 2009.

RUFINO, M.D.S.M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. TROPICAL, E. A. Fortaleza, CE: Comunicado Técnico online 2007a.

RUFINO, M.D.S.M. et al. **Metodologia Científica**: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS<sup>+</sup>. TROPICAL, E. A. Fortaleza, CE: Comunicado Técnico online 2007 b.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

SOUZA, A.M. et al. Caracterização pós-colheita de dois híbridos de couve-flor. **Revista Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 45-49, 2010.

STROHECKER, R.; MAYOR ZARAGOZA, F.; HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas**: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO)**. Campinas, SP: Núcleo de Estudos e pesquisas em alimentação – NEPA, 2011. 161 p.

VANNUCCHI, H.; ROCHA, M.M. **Ácido Ascórbico (Vitamina C). Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes**. São Paulo: International Life Sciences Institute do Brasil. v. 21. p.11, 2012.

VIEIRA, L.M. et al. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.